

## 4 Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser

I detta kapitel behandlas sårbarhetsanalyser av ett stort antal sektorer och områden. Varje underavsnitt följer i princip strukturen:

- beskrivning av system och bakgrund,
- sårbarheter i dag och inträffade svåra händelser,
- konsekvenser och kostnader av klimatförändringar och extrema väderhändelser,
- anpassningsåtgärder och överväganden,
- forsknings- och utvecklingsbehov samt
- förslag.

I avsnitt 4.8 sammanfattas konsekvenser och åtgärder i ekonomiska termer. Underlagen till sårbarhetsanalyserna finns i bifogade B-bilagor (DVD-skiva).

### 4.1 Kommunikationer

#### 4.1.1 Vägar

*Konsekvenserna för vägnäten av klimatförändringar kommer att bli betydande. Den ökande nederbörden och ökade flöden innebär översvämningar, bortspolning av vägar och vägbankar, skadade broar samt ökade risker för ras, skred och erosion. En ökad temperatur innebär att skador förskjuts från tjälerelaterade till värme- och vattenbelastningsrelaterade samt minskade underhållskostnader för betongbroar.*

## Ansvarsförhållanden

Transportpolitikens övergripande mål är att säkerställa en samhälls-ekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet, vilket ställer krav på tillgänglighet, framkomlighet och säkerhet. Vägverket är ansvarig sektorsmyndighet. Väghållaren har det juridiska ansvaret för vägen, även för att vägen är farbar för främmande/genomgående trafik. Statsbidrag ges till enskilda väghållare för att sköta cirka en fjärdedel av de enskilda vägarna. Vid allvarliga skador kan ansvariga för enskilda vägar söka ekonomisk kompensation hos Vägverket, exempelvis för körskador.

## Vägnätet i dag

Sveriges vägar kan delas in efter ansvar, betydelse eller efter vikt för riket som helhet. En indelning efter ansvarsförhållanden ger att vägnätet består av 9 800 mil statliga vägar, 3 700 mil kommunala och 28 000 mil enskilda, varav 15 000 mil är skogsbilvägar. Det statliga vägnätet är indelat efter betydelse i europa-, riks- och länsvägar. Dessutom finns ett av regeringen utpekad stamvägnät som utgör ett riksintresse enligt Miljöbalken, vilket till stor del består av europa- och riksvägar. De svenska europavägarna ingår i det trans-europeiska transportnätverket.

Vägnätet har delats in i fem anläggningstyper vid beaktande av klimatpåverkan:

- väg (beläggning, överbyggnad, undergrund och trummor),
- bro,
- tunnel,
- färjeläge samt
- drift och underhåll.

Livslängden varierar kraftigt, från vägbelägningars cirka 20 års tekniska livslängd, till broars och tunnlar på över 100 år. Sårbarhetsanalysen utgår från befintligt vägsystem samt från en geografisk fördelning som i stort sammanfaller med Vägverkets organisation och de naturliga gränser som kan uttolkas av klimatförändringar, framförallt mellan sydöstra och sydvästra delen av landet, samt mellan södra delen och Mälardalen.

Figur 4.1 Geografisk indelning av landet som grund för sårbarhetsanalyser samt Vägverkets regionindelning.



Källa: Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen – gruppen transporter, bilaga B 1.

Stora delar av det glesa statliga vägnätet saknar goda omledningsalternativ. I tätbefolkade delar där större topografiska barriärer saknas finns i regel goda möjligheter att leda om trafiken vid vägavbrott. På landsbygd finns möjligheter att leda om trafiken från nya vägavsnitt om den äldre vägen finns kvar. Vid långvariga avbrott kan provisoriska broar och vägar byggas för att minska samhällsförlusterna.

I den analys som redovisas i *Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen – gruppen transporter, bilaga B 1*, ingår det statliga vägnätet, däremot inte gator och vägar med kommunalt och enskilt ansvar. Skogsbilvägar har översiktligt studerats inom analysen för skogssektorn, avsnitt 4.4.1. Sårbarhetsanalysen utgår främst från den globala modellen Echam4, utsläppsscenario A2 och tidsperspektivet 2071-2100. Hänsyn tas till övriga scenarier om kraftiga skillnader finns. De anläggningstyper som bedöms påverkas mest av klimatförändringar är i fokus.

## Känsliga klimatfaktorer och inträffade extremhändelser

De klimatfaktorer som i första hand påverkar vägnäten är nederbörd, höga flöden, isbeläggning, temperatur, havsnivå och vind.

Nederbörd påverkar väganläggningar i första hand genom grundvattenbildning och avrinning i vattendrag direkt efter regn eller genom snösmältning. Långvarigt regn höjer grundvattennivån och ger förhöjda portryck i jorden, vilket försämrar den naturliga släntstabiliteten. Höga flöden i stora och medelstora vattendrag innebär erosionsrisk med påverkan på slänter vid vattendrag och med åtföljande risk för skred samt även påverkan på brostöd och broöverbyggnader. Höga flöden inträffar i södra Sverige framförallt under senhöst, förvinter och tidig vår, i norra Sverige under snösmältningen. Intensiva regn ger höga flöden i små vattendrag, framförallt under sommar och höst, med risk för erosion, översvämning, bortspolning av väg samt påverkan på bl.a. trummor. Intensiva regn innebär också risk för översvämning vid exempelvis vägunderfarter.

Snö eller underkyllt regn på vägbanan påverkar framkomlighet och trafiksäkerhet. Tjälörekomst, medel- och höga temperaturer har betydelse för vägens bärighet och beständighet. Temperaturväxlingar påverkar också brokonstruktioner, liksom vind och isförhållanden. Havsnivåer har betydelse för färjetrafik och lågt liggande tunnlar.

Flertalet av åren 1994 till 2001 var nederbördsrika. Under den perioden inträffade cirka 200 större skador orsakade av höga flöden. Skadorna fördelade sig enligt följande: översvämning 25 procent, bortspolad väg 50 procent, skred och ras 20 procent och underspolade brostöd 5 procent. Störst antal skador inträffade i västra Götaland och Värmland upp till mellersta Norrland. Orsaken till skadorna utgjordes av en kombination av extrema väderhändelser samt geologiska och topografiska förhållanden.

Efter 2001 har några stora skador inträffat. Flera höga vägbankar spolades bort vid Hagfors 2004 efter intensivt regn. Totalkostnaderna översteg 20 miljoner kronor. Sommaren 2006 spolades en vägbank vid Ånn bort efter intensivt regn med åtföljande högt flöde. Vägen var återställd efter två veckor till en kostnad av 6 miljoner kronor. I december 2006 inträffade ett stort skred söder om Munkedal. Skredet omfattade en sträcka på 550 meters längd och 250 meters bredd i en dalsänka där E6 har sin dragning. Återställandet tog närmare två månader. De direkta kostnaderna för

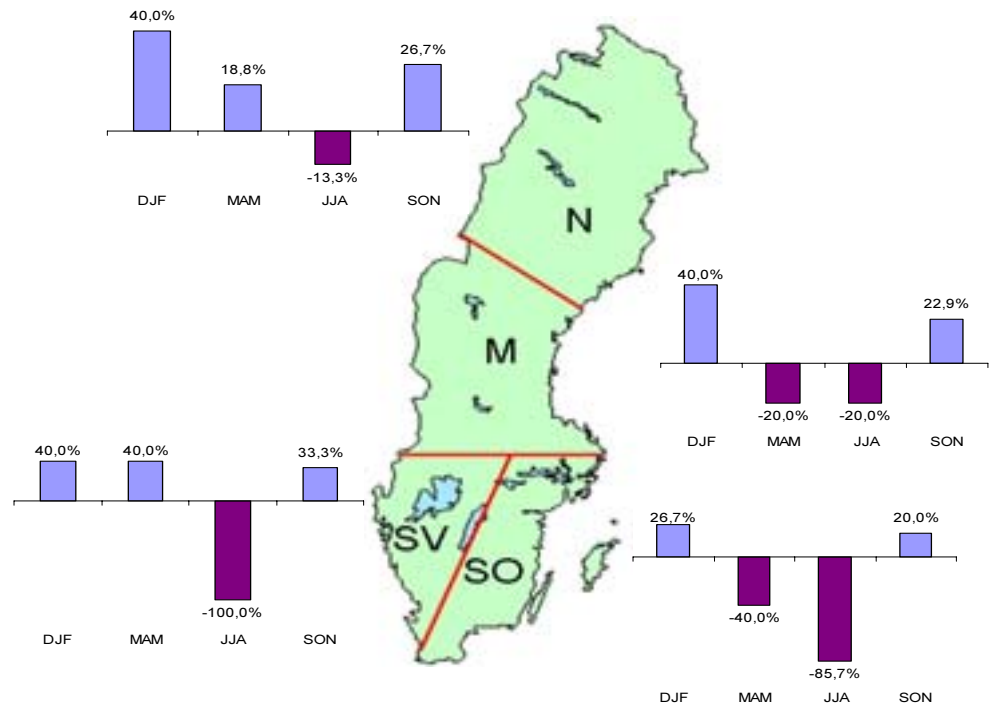
återuppbyggnad av vägnätet inklusive återställande av förbiledningsvägar samt färjförbindelse under avbrottstiden uppgick till cirka 120 miljoner kronor, återställningskostnader för Taske å oräknade. Omledningskostnader m.m. utgjorde mer än 50 procent av de direkta kostnaderna. De indirekta konsekvenserna blev omfattande. De två anvisade omledningsvägarna för fjärrtrafik medförde 40 respektive 55 km vägförlängning. De indirekta kostnaderna har uppskattats vara av samma storleksordning som de direkta. Kostnaderna för samtliga stora skador på grund av höga flöden och skred de senaste 12 åren är uppskattad till 1 200 miljoner kronor.

Arbete pågår på Vägverket med att ta fram nya dimensioneringsbestämmelser för nybyggnad och förbättring. Dessa kommer att innehålla riskbaserade funktionskrav med avseende på höga flöden och beaktar konsekvenser av skada. För det befintliga vägnätet har en riskinventering och riskanalys påbörjats. Tyngdpunkten ligger på erosions-, ras- och skredrisker samt sårbara avsnitt för avstängning. Utveckling av metoder för att finna vägtrummor med höga risknivåer vid intensivt regn har påbörjats. En modernisering av metoder för bestämning av dimensionerande vattenflöde och vattennivåer pågår. En översyn av reglerna för erosionsskydd är också planerad.

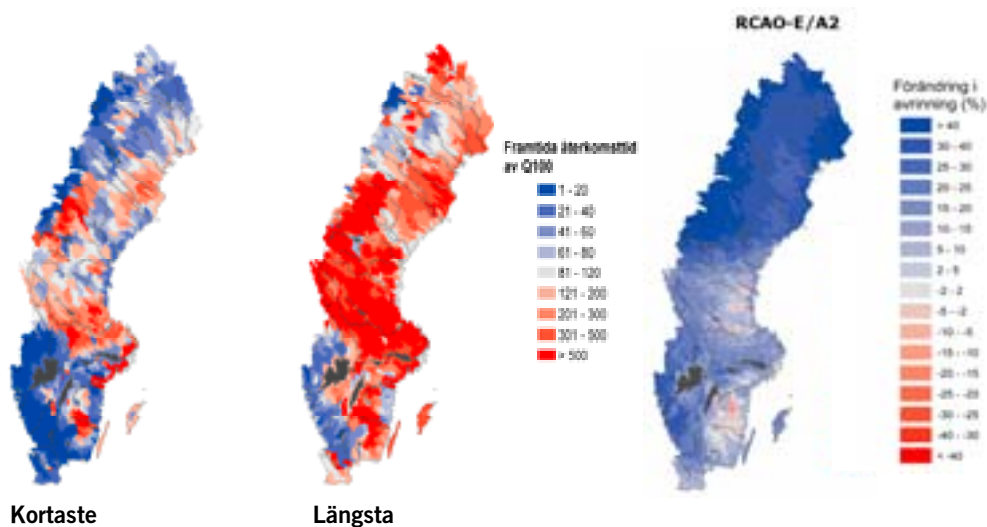
### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser samt skadekostnader - nederbörd, flöden och havsnivå**

Enligt scenarierna ökar nederbörden i stort över hela landet under vinter, vår och höst. Snötäckets varaktighet och snöns totala vatteninnehåll minskar över hela landet. Mängden snönederbörd minskar i de södra delarna, medan den ökar något i de norra delarna på kort sikt för att därefter successivt minska. Totalt ger detta en ökning av den effektiva nederbörden (nederbörd minus avdunstning), synonymt med avrinning. En minskad tjälförekomst på grund av högre temperatur kommer då att leda till ökad grundvattenbildning under vinterperioden, vilket har betydelse för förutsättningar för ras och skred. Figur 4.2 visar förändringen i effektiv nederbörd under årets olika säsonger och figur 4.3 förändringen i maximal återkomsttid av dagens 100-årsflöde samt den förändrade medelavrinningen.

**Figur 4.2** Förändring i effektiv nederbörd, mm/säsong (nederbörd minus avdunstning), 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2). Staplarna anger från vänster till höger: vinter, vår, sommar, höst (bilaga B 1).



**Figur 4.3** Förändrad maximal återkomsttid 2071–2100 av dagens lokala 100-årsflöden (RCAO-EA2, RCAO-EB2, RCAO-HA2, RCAO-HB2) samt förändrad lokal medelavrinning 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCAO-EA2)



Källa: Andréasson et al, 2007b och bilaga B 14; Bergström et al, 2006b.

Skredfrekvensen väntas öka i de områden som redan i dag har höga risker, västra Götaland och västra Svealand, samt längs större delen av ostkusten. Särskilt allvarligt bedöms läget vara i Göta älvdalen, Bohuslän och längs en del av Vänerns tillflöden, men läget kan bli allvarligt även i andra delar av landet. Bedömningen av ras- och skredriskerna grundar sig på en analys från SGI om förändrad jordstabilitet vid klimatförändringar, se vidare avsnitt 4.3.2 (Fallsvik et al, 2007).

Detta samt nästa avsnitt med konsekvensbedömningar bygger på *Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen – gruppen transporter*, bilaga B 1.

Ett flertal olika konsekvenser bedöms inträffa i vägnätets olika anläggningstyper/delar. Det äldre vägnätet bedöms vara särskilt utsatt beroende på att höga portryck inte beaktats fullt ut vid dimensioneringen. Till stor del är det okänt vilka vägvsnitt som har för låga säkerhetsmarginaler.

Lokala intensiva kortvariga regn ökar i stort sett i hela landet. Antal dagar med kraftigt regn ökar under höst, vinter och vår. Detta kan medföra bortspolning av vägar eller del av väg beroende på erosion. Skador på grund av dämning inträffar ofta vid korsande trummor och mindre rörbroar, vilka i dag dimensioneras för 50-årsflöde. Området från västra Götaland och Värmland till mellersta Norrland bedöms vara mest drabbat. För större broar och vägar intill vattendrag bedöms skador på grund av intensiva regn och extrem lokal tillrinning kunna öka väsentligt inom västra Götaland och västra Vänerområdet. Risken för personskador går inte att bortse från.

Ökad frekvens av översvämning av vägar och vägunderfarter förväntas i hela landet vid små vattendrag och för lågt belägna vägar vid medelstora/stora vattendrag i södra och västra Götaland. Utöver konsekvenserna för trafiken innebär översvämningar risk för personskador samt ett ökat underhållsbehov på grund av bärighetsskador.

I bilaga B 1 har en uppskattning gjorts av framtida större årliga skador och skador med några års mellanrum på vägnätet. Kostnaden för skador är svårbedömd på grund av skillnader mellan scenarier. Likaså är frekvensen av stora allvarliga händelser svårbedömd. Stora skred med skadekostnader över 100 miljoner kronor bedöms komma att öka i framtiden. Dessa ingår inte i sammanställningen. I avsnitt 4.3.2 behandlas förändrade risker för ras, skred och erosion.

**Tabell 4.1 Skadekostnader på vägnätet för större skador av översvämning, erosion, ras och skred (dagens penningvärde). Skadekostnaderna på lång sikt utgör ett påslag på dagens skadekostnader på grund av klimatförändringar. Stora framtida skred ingår ej (bilaga B 1).**

	Skadekostnad 1994–2006 (miljoner kronor)	Indirekta kostnader 1994–2006 (procent av skadekostnader)	Ökning av skadekostnader lång sikt (miljoner kronor)
Översvämning, erosion	65	5–15	50–150
Ras, skred (ej Munkedal)	15	5–25	20–50



Förändringen i snömängder bedöms inte medföra några extra kostnader. Det kommer i stort att innebära en omfördelning av pengar från landets södra delar till de norra, på lång sikt.

I vilken mån lågt liggande broar påverkas av höga flöden beror på bronns nivå över högsta högvatten (HHW), vilket för moderna broar är räknat på 50-årsflöde. Mest utsatta är de som byggts de senaste tjugo åren och de äldre broar som är kortare än 8 meter. Vid byggandet av dessa broar har kravet på fri höjd varit 0,3 meter. Om vattnet stiger upp över bronns underkant kan konsekvensen bli att vägbanken spolats bort eller att broöverbyggnaden förskjuts i sidled. För broar över små vattendrag gäller liknande förhållanden. Broar grundlagda på grundplattor som vilar direkt på underliggande jord är känsliga för erosion. Broar där brospann är fritt upplagda, dvs. inte är fast förbundna med brostöden eller med angränsande spann, är extra känsliga för erosion.

En höjning av havsnivån i kombination med vind bedöms ge problem för lågt liggande vägtunnlar och vägar i södra Sverige, t.ex. Tingstadstunneln och Götatunneln i Göteborg samt väg E6 vid Ljungskile. Utöver översvämningsrisken finns risk för att konstruktionen kan lyftas. Anpassningsåtgärder förutsätts för att förhindra skador. Det är dock svårt att bedöma omfattning på eventuella skador och åtgärder. Färjelägen, främst på västkusten, kan också behöva anpassas. Några direkta skador bedöms enligt bilaga B 1 inte uppstå, däremot samhällsekonomiska konsekvenser om trafiken inte kan upprätthållas.

I analysen ingår som nämnts ovan endast det statliga vägnätet. Vår mycket övergripande bedömning är att de kommunala och enskilda vägnäten drabbas av konsekvenser av liknande typ som de statliga vägarna avseende ökad nederbörd, flöden och havsnivåer, som översvämning, bortspolning, ras, skred och erosion.

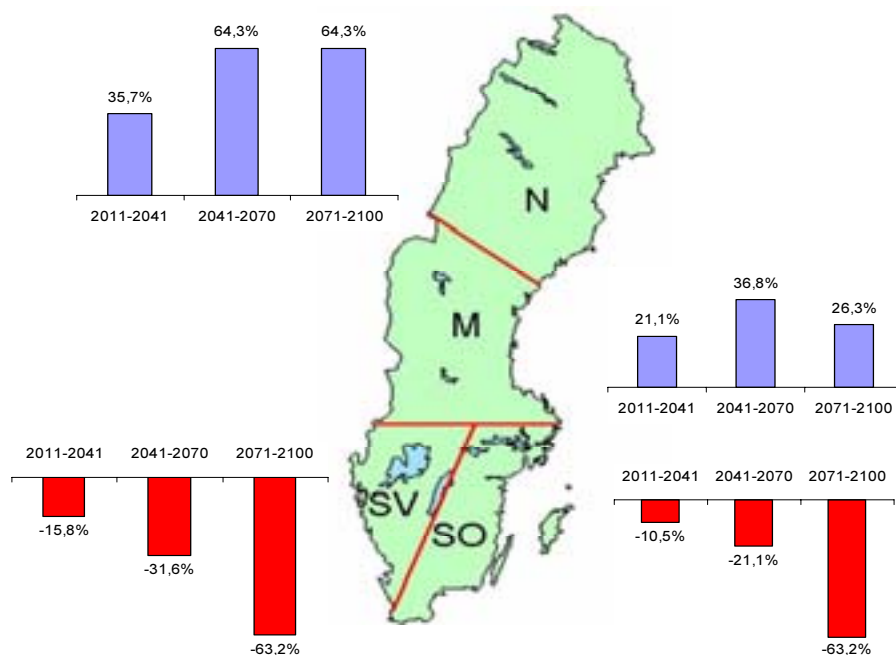
### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser samt skadekostnader – temperatur och vind**

Enligt bilaga B 1 bedöms en ökad temperatur och minskat tjäldjup leda till olika konsekvenser för vägöverbyggnad och vägbeläggning. En kortare tjälad period ger minskade deformationer i över- och underbyggnad, men kan kräva större underhåll om tjälen används som en resurs. Slitaget kan även komma att minska på beläggningen. Högre temperaturer och grundvattennivåer ger ökande

spårbildning genom deformation. Underhåll för spårbildning bedöms öka med fem procent utom i norr vid låga trafikflöden, där underhållet minskar med fem procent. Ojämnheter bedöms minska med tio procent. I stort förskjuts åtgärderna från tjälrelaterade till värme- och vattenbelastningsrelaterade.

Betongkonstruktioner är känsliga för salt och upprepade frys-cykler. Antal nollgenomgångar – antalet dagar då temperaturen passerar noll grader – har betydelse för vägnät, broar och vinterväghållning, se figur 4.4.

**Figur 4.4** Förändring i antal nollgenomgångar 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 under vintersäsongen (RCA3-EA2), (bilaga B 1).



Antalet nollgenomgångar ökar i Norrland och norra Svealand under vintern, men minskar i övrigt. Bedömningen är att kostnaden för betongreparationer på grund av förändring i antalet nollgenomgångar minskar med 50–100 miljoner kronor per år. En eventuell tösaltning i Norrlands inland kan dock innebära en ökning.

Temperaturintervallet mellan högsta och lägsta temperatur ökar inte i klimatscenerierna och någon ytterligare säsongsmässig förändring påverkar inte broar. Kunskap saknas i dag om daglig temperaturförändring och dess klimatpåverkan på betongbroar. I de delar av landet som får ett fuktigare klimat kan träbroars livslängd kortas. Ett fåtal stora häng- och snedkabelbroar på västkusten och vid höga kusten drabbas ibland av nedisning, vilket utgör en trafikfara. Nedisning antas i analysen vara beroende av nollgenomgångar. På västkusten minskar dessa, vilket ger ett minskat behov av omledning av trafik. Konsekvenserna vid Höga kusten är svårbedömda.

Stora häng- och snedkabelbroar är känsliga även för kraftiga vindar som kan åstadkomma svängningsproblem. Totalt uppskattas 10–20 höga broar kunna bli påverkade av högre vindlaster och vindhastigheter än i dag. En ökad frekvens av de vindstyrkor som i dag betraktas som kraftiga innebär däremot inte någon ökad risk.

Vår övergripande bedömning är att de kommunala vägnäten drabbas av konsekvenser på liknande sätt som statliga vägar avseende förändrade temperaturer, som slitage, spårbildning, deformationer och betongreparationer samt de enskilda vägnäten till del.

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Analysen enligt bilaga B 1 visar att väghållningen kommer att påverkas påtagligt. De naturolyckor som skett under 2006 illustrerar det vi kan förvänta oss i framtiden.

Vi anser det mycket viktigt att föreslagna åtgärder, enligt bilaga B 1, vidtas för att öka säkerheten i vägnäten. Åtgärder bör i första hand prioriteras som minskar riskerna för ras, skred och bortspolning av vägar och vägbankar, med hänsyn till de allvarliga konsekvenser detta kan medföra. Klimatförändringar bör ingå som en förutsättning. Områden med befarade ökade flöden bör ges högst prioritet. Detta innebär:

- fortsatt utveckling och användning av modellen för riskbaserade funktionskrav,
- riskinventering av känsliga vägavsnitt i befintligt vägnät,
- tydligare hänsynstagande till risker för ras och skred vid dimensionering och utförande av vägkonstruktioner,
- fördjupning och tidigareläggning av studie avseende åtgärder kring igensättning av trummor och mindre rörbroar,

- krav på vägars höjdsättning i förhållande till vattennivåer vid nyprojektering,
- översyn av dimensioneringskrav för vägar avseende återkomsttider och nivåer för flöden, förslagsvis utifrån en återkomsttid på 100 år i stället för 50 år,
- ökad tillsynsverksamhet och uppföljning efter nybyggnation.

Åtgärder avseende broar och deras sårbarhet för ökade flöden i ett förändrat klimat har likaså hög prioritet. Detta innebär:

- inventering av broar med en fri höjd <0,3 meter över HHW över hela landet,
- inventering av broar med en fri höjd <0,5 meter över HHW i de områden där ökade flöden väntas,
- översyn av krav avseende fri höjd över vatten vid ombyggnation och nyprojektering, förslagsvis utifrån en återkomsttid på 100 år i stället för 50 år,
- översyn av regler för erosionsskydd,
- kartläggning av skador på erosionsskydd samt åtföljande åtgärdsprogram avseende sårbarhet mot höga flöden,
- komplettering av databasen i broförvaltningssystemet med relevanta uppgifter avseende vatten.

Vägverket och Banverket bör samverka vid översyn och utveckling av krav för höjdsättning avseende fri höjd över vatten vid ombyggnation eller nyprojektering.

Vid kartläggningen av risker för översvämning, ras, skred och erosion bör de översiktliga karteringar som Räddningsverket tar fram utgöra ett underlag.

Exploatering av markområden kan bl.a. markant förändra avrinningsförhållanden, med konsekvenser för exempelvis infrastruktur. Vi anser att samverkan och informationsutbyte mellan olika verksamhetsutövare måste öka för att minska risker som påverkar sårbara konstruktioner.

Övriga aktörer inom vägsektorn, kommuner och enskilda väghållare, bör genomföra en motsvarande översyn av vägnätens sårbarhet för klimatförändringar inom eget ansvarsområde.

Ämnet klimatförändringar bör inkluderas i den grundläggande tekniska högskoleutbildningen så att kunskapen höjs om hur klimatförändringar kan påverka konstruktioner inom väg- och

brobyggnad. Kunskap om hur de geotekniska förhållandena påverkas av ett förändrat klimat är likaså viktigt i utbildningen.

#### Kostnader för anpassningsåtgärder

I bilaga B 1 redovisas mer utförligt Vägverkets kostnadsbedömningar för förebyggande åtgärder. Kostnaderna för att förebygga större erosions- och översvämningsskador har uppskattats till 150–500 miljoner kronor på kort sikt. Motsvarande kostnader för att förebygga skred uppgår till minst 200 miljoner kronor. För det långa tidsperspektivet är kostnaderna mer osäkra, beroende på om åtgärderna kan vidtas i samband med ordinarie ombyggnad eller ej. En bedömning är att åtgärder för att förebygga erosions-, översvämningsskador, ras- och skredskador på lång sikt totalt rör sig om 1 000–2 000 miljoner kronor.

Anpassning av vinterväghållningen innebär att beredskapen i de norra delarna av landet bör höjas. Den totala kostnaden bedöms i stort bli oförändrad med en förskjutning norrut.

Broar över små vattendrag samt längre broar med fri höjd över HHW på mindre än 0,5 meter i områden med risk för ökade flöden kan behöva bytas ut tidigare. Merkostnaden för utbyte av 20 procent av dessa är uppskattad till 720 miljoner kronor fördelat över perioden 2011–2100. I landet i övrigt finns ytterligare ett antal små rörbroar med fri höjd mindre än 0,3 meter över HHW. Med samma antagande fås en ökad kostnad på 20 miljoner kronor för dessa. Åtgärder mot ökade vindlaster är kostsamt. Ett fåtal stora broar kan behöva åtgärdas. Ingen anpassningskostnad har kunnat beräknas.

En ombyggnation kan krävas av ett antal färjelägen, främst på västkusten. Någon total kostnad har inte angetts, men en genomsnittlig åtgärds kostnad på ett färjeläge bedöms vara cirka 10 miljoner kronor.

## Forskning och utveckling

Vi anser att den pågående forskningen kring prognosmetoder för att bedöma grundvattentryck och portryck i ett förändrat klimat bör breddas till att även omfatta metoder vid förändrad markanvändning, då detta har betydelse för släntstabiliteten.

Forskning om utveckling av sensorer för mätning av tillstånd i bl.a. vägbankar för att ge förvarning om sättningar eller skred bör vara prioriterat.

## Förslag

- I instruktionen till Vägverket ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Vägverket bör få i uppdrag att kartlägga och vid behov åtgärda risker för skred, ras, bortspolning, översvämning och erosion på grund av förändrad nederbörd och ökade flöden som kan drabba vägnätet. I uppdraget bör ingå att se över dimensionerande normer för flöden och höjdsättning samt utveckla modeller till stöd för riskarbetet. En plan bör redovisas som underlag för nästa transportpolitiska beslut.

### 4.1.2 Järnvägar

*Klimatförändringarna kan allvarligt påverka järnvägsnätet. Större nederbördsmängder och intensivare nederbörd innebär översvämningar, genomspolning av bankkonstruktioner med risk för åtföljande ras och skred. Ökade flöden ger ökad risk för erosion vid brostöd och anslutande bankar. Den ökade temperaturen under vintern minskar risken för rälsbrott, medan den under sommaren innebär ökat underhåll. Kraftigare vindar och ökade risker för stormfällning av skog ger konsekvenser för kraftmatningen.*

### Ansvarsförhållanden

Banverket är ansvarig myndighet med ett samlat ansvar för att järnvägssektorn utvecklas enligt transportpolitiska mål. Ansvaret innebär drift och förvaltning av statens spåranläggningar, samordning av lokal, regional och interregional järnvägstrafik samt stöd till forskning. Planering av järnvägsbyggande regleras i Lagen om byggande av järnväg. Planeringsprocessen syftar till att ge byggandet av järnvägar anknytning till övrig samhällsplanering och miljölagstiftning. Tillkomsten av vissa järnvägar ska enligt Miljöbalken tillåtlighetsprövas.

## Järnvägsnätet i dag

Det svenska järnvägsnätet består av närmare 12 000 spårkilometer. Banverket förvaltar cirka 90 procent av dessa. Övriga förvaltare är bl.a. Inlandsbanan AB, Arlandabanan och Öresundskonsortiet. Det kapillära nätet ägs av kommuner eller privata intressen. Järnvägsnätet är uppbyggt av spår, ballast, banunderbyggnad, undergrund, växlar, avvattningsanläggningar, broar, stödmurar och tunnlar. Kontaktledningar, kraftmatning, signalsystem, kablar med gravar, trummor m.m. krävs för drift av järnvägsnätet. Vissa kontaktledningar har dimensionerats för särskilt hög vindlast. Ett mindre antal skred- och lavinvarningsanläggningar finns. Banverket förvaltar också fastigheter där förorenad mark kan förekomma.

Anläggningarnas livslängd påverkas av trafikintensiteten, underhållsfrekvensen och anläggningsår. Signalsystemen har kort livslängd på grund av snabb teknikutveckling. Växlar har en livslängd på 20 år, trummor och broar på uppemot 100 år. Banverket underhåller och utvecklar järnvägen för att möta omgivningens krav, som främst är inriktat på ökade hastigheter, tyngre tåg, ökad hänsyn till miljön, buller, vibrationer m.m.

Sårbarhetsanalysen utgår från befintligt system – anläggningar på stambanor med högsta tillåtna hastighet på 200 km/h, största tillåtna axellast på 25 ton och med aktuell livslängd, kontinuerligt underhåll samt byte av materiel. Rullande material och utrustning inomhus ingår inte i analysen.

Systemets redundans består av omledning på andra linjer, dubbelspår och täthet mellan stationer där trafikreglering kan ske. Cirka 70 procent av nätet är enkelspårigt och då främst i norra Sverige. Från Västerbotten finns inte tillräcklig omledningsmöjlighet för trafiken på övre Norrland.

Järnvägsdriften är kraftigt elberoende. I stort sett all trafik sker med eldrivna fordon. Störningstoleransen bedöms redan utan extrema väderhändelser som relativt låg, bl.a. beroende på att cirka en tredjedel av nätet har trafikmängder som ligger nära kapacitetstaket.

Figur 4.5 Det svenska järnvägsnätet



Källa: Banverket, 2007.

### Känsliga klimatfaktorer och inträffade extremhändelser

Järnvägsnätet är känsligt mot klimatfaktorer med kraftig intensitet kopplat till nederbörd och höga flöden, långvarig nederbörd och större snömängder. Högre temperaturer, också i kombination med ökad luftfuktighet, ökat antal nollgenomgångar liksom ökad vindhastighet och förändringar i åskfrekvens har också stor betydelse.

Södra och västra banregionerna drabbades kraftigt vid stormen Gudrun 2005 på grund av nedfallna träd, förstörda kontaktledningar och utebliven elförsörjning. Bristen på fungerande telekommunikationer och elförsörjning försenade återuppbyggnaden.



Stormen Per 2007 orsakade också stora skador, men inte i samma omfattning som Gudrun. Skadekostnaderna uppgick till 132 respektive 50 miljoner kronor. Ett program för trädsäkring har tagits fram som innebär att träd utmed banor avverkas eller hålls låga. Tilläggsanslag med totalt 50 miljoner kronor har begärts för åren 2008–2009. När denna första insats är genomförd bedöms kostnaden för vidmakthållande bli 5 miljoner kronor per år.

Sommaren 2006 rasade en järnvägsbank i Ånn på grund av intensivt regn uppströms och därav högt flöde med åtföljande erosion och ras. Ett tåg passerade olycksplatsen strax innan raset. En olycka med risk för liv eller personskador var med andra ord inte långt borta. Återuppbyggnaden innebär en kostnad på 7 miljoner kronor. I december samma år inträffade ett stort skred vid Munkedal. Skredet omfattade en sträcka på 550 meters längd och 250 meters bredd i en dalsänka där bl.a. Bohusbanan var dragen och medförde stora skador. Återuppbyggnaden kostade 23,5 miljoner kronor. Järnvägsnätet drabbas också av översvämningar, exempelvis i Mölndal december 2007 till en kostnad av 5 miljoner kronor.

Följande generella uppskattning kan göras av avbrottstider med anledning av skador. En reparation av en bortspolad järnvägsbank kan normalt utföras inom några dagar till några veckor. Byte av en mindre bro som allvarligt skadats tar cirka 6–12 månader. Allvarlig skada av en stor bro innebär två à tre år för byte. Tillfälliga förbindelser kan oftast upprättas genom reservbromateriel.

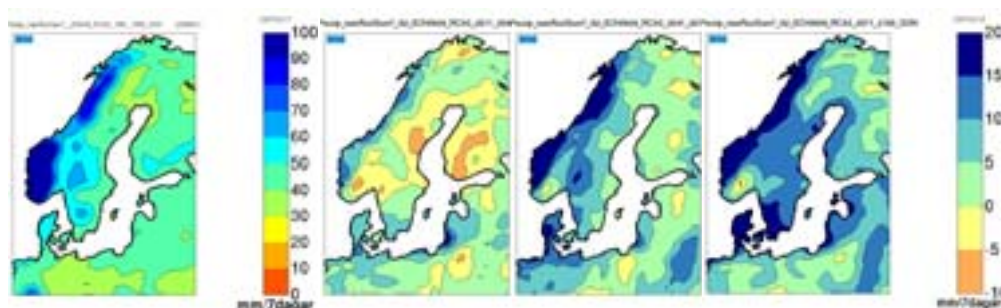
Efter raset i Ånn fick Banverket i uppdrag av regeringen att redovisa bl.a. vilka åtgärder som vidtagits eller planeras att vidtas för att bedöma och förebygga risker mot ras, skred och erosion. Förslag på åtgärder på kort sikt som lämnats är utökad tillsyn, underhåll och upprustning, komplettering av anläggningsregistret, kompetensutveckling samt utveckling av ett system för riskbaserad tillståndsbedömning av anläggningar liknande det system Vägverket använder. På medellång och lång sikt har förslag lämnats om utökad kunskap och forskning, anpassning av regelverk och metoder till nya förhållanden samt förändrade dimensioneringsgrunder. (Banverket, 2006)

## Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser

Både positiva och negativa konsekvenser förväntas utifrån de olika klimatscenerierna. Konsekvenserna enligt *Klimat och sårbarhetsutredningen – Påverkan på järnvägssystemet*, bilaga B 2, är en genomsnittlig bedömning utifrån de olika klimatscenerierna och tidsperspektiven samt gäller i huvudsak för landet generellt.

Nederbörds mängderna ökar enligt scenarierna i större delen av landet, i synnerhet under höst och vinter, intensiteten likaså. De större mängderna nederbörd medför ökad risk för infiltration och erosion av ballast och banunderbyggnad och därmed minskad bärighet. Figur 4.6 visar maximal nederbörd under sju dygn i följd, vilket främst påverkar mindre och medelstora vattendrag.

**Figur 4.6** Förändrad maximal nederbörd under sju dygn i följd för tidsperioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)



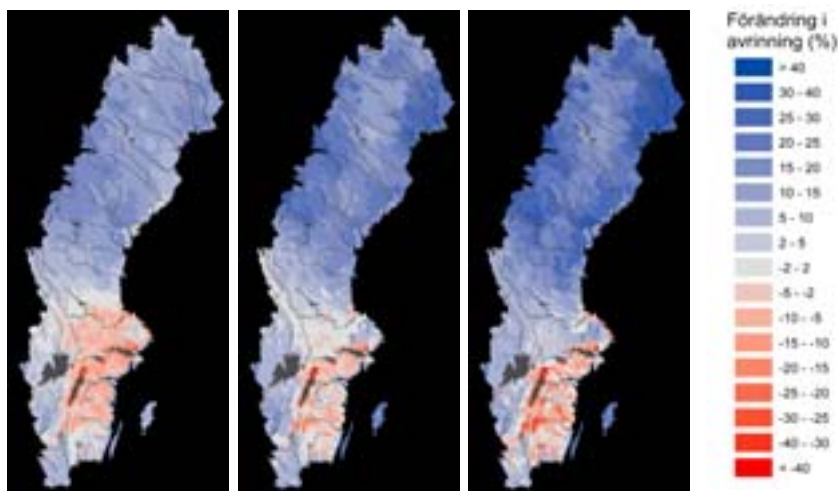
Källa: SMHI, 2007.

Plötsliga stora flöden innebär risk för genomspolning av bankroppen och undergrunden med åtföljande ras och skred. Vid fjällnära sluttningar ökar risken för slamströmmar. Ökade flöden medför också starkt ökad risk för erosion vid brostöd, landfästen och anslutande bankar. Förutsättningarna för erosion, ras, skred och slamströmmar bedöms öka i flera delar av landet, se vidare avsnitt 4.3.2.

Lågt liggande tunnlar, som är relativt okänsliga för andra klimatfaktorer, kan drabbas av översvämning. Även elektroniska anläggningar är känsliga. Vid översvämning av förorenade områden finns

en ökad risk för urlakning av farliga ämnen. Figur 4.7 visar förändringar av medelflödet, lokal avrinning, vid ett förändrat klimat.

**Figur 4.7** Flödesförändringar lokalt för de tre framtidsperioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EB2)



Källa: Bergström et al, 2007.

Snötäckets utbredning samt snöns totala vatteninnehåll minskar generellt sett över hela landet. För Norrland kan man däremot se att snömängden ökar under december, januari och februari till 2020-talet för att därefter minska, vilket kan medföra större röjningsbehov och avsmältningsvolymmer.

De högre sommartemperaturerna ger ökad risk för solkurvor. Ett varmt klimat skulle kunna leda till mer lövinslag i skogen med mer lövhalka och åtföljande trafikstörningar samt höjd humusinblandning i ballast och i avrinningsanläggningar, vilket ställer krav på ökat underhåll. Ökade vintertemperaturer, närmare noll grader, kan påverka växlarnas rörlighet, då is från fordon lättare lossnar och blockerar växlarna. En positiv konsekvens med högre vintertemperaturer är minskad risk för rälsbrott. Nedisning av kontaktledningar bedöms inte öka. Nedisning kan annars innebära ökad risk för trafikstörningar, då främst i övre Norrland, och i kombination med ökade vindar.

Olika klimatmodeller ger olika resultat avseende vind. De pekar dock generellt på en liten ökning av medelvinden. I Echam4-modellen ökar den maximala byvinden i större delen av landet, störst i kustnära trakter, i södra Sverige och i norra Norrland. Frekvensen av byvind ökar också något, främst längs de södra och sydvästra kusterna. Detta kan medföra ökade krav på kraftigare konstruktioner av kontaktledningar. Dessutom ökar risken för fallande träd, se avsnitt 4.4.1, och därmed behovet av att fälla träd på annans mark för att minska skadorna.

Klimatunderlag saknas avseende åska. Ingen konsekvensbedömning har därför kunnat göras. Åska är en faktor som kan påverka både elleveranser och icke EMP-skyddade elektronisksystem (elektromagnetisk puls).

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Järnvägsnätet är känsligt för ett flertal klimatfaktorer. Störningar i driften ger omfattande konsekvenser för samhället och allmänheten. Analyserna över ändrade förutsättningar för olika jordrörelser i ett förändrat klimat påverkar olika tekniska system däribland järnvägsnäten. De ras och skred som inträffat under förra året understryker vikten av förebyggande åtgärder.

I bilaga B 2 föreslås olika åtgärder. Behovet av systemförändringar anges främst omfatta den tekniska utvecklingen av järnvägssystemet med inriktning på robusthet och säkerhetshänsyn i planeringen, att systemet utformas för att tåla störningar i högre grad än idag. Ett slimmat system anges inte garantera framkomlighet i ett framtida klimat.

Vi anser det angeläget att föreslagna åtgärder, enligt bilaga B 2 och enligt Banverkets förslag i sin redovisning av tidigare nämnda regeringsuppdrag, vidtas för att öka säkerheten i järnvägssystemet. Vi anser att åtgärder i första hand bör prioriteras som beaktar risken för skador på grund av ökad nederbörd och ökade flöden och med beaktande av klimatförändringar, med tanke på de allvarliga konsekvenser detta kan medföra avseende ras, skred och erosion och risk för människoliv. Detta innebär:

- kartering av riskområden,
- utökning av resurser för besiktning, underhåll och banupprustning av befintliga anläggningar, t.ex. avvattningsanläggningar,

- förbättrat erosionsskydd vid broar, trummor och andra platser med stora flöden,
- upprättande av en modell för riskbaserad bedömning och identifiering av riskobjekt, t.ex. objekt som belastas högre än vad de dimensionerats för och objekt utsatta för höga flöden,
- översyn av dimensioneringskrav avseende återkomsttider och nivåer för flöden med beaktande av förändringar i klimatet,
- kompetenshöjning.

Vägverket och Banverket bör samverka vid översyn och utveckling av krav för höjdsättning avseende fri höjd över vatten vid ombyggnation och nyprojektering.

Vid kartläggningen av risker för översvämning, ras, skred och erosion bör de översiktliga karteringar som Räddningsverket tar fram utgöra ett underlag.

Vi anser också att övriga åtgärder bör vidtas som nämns i bilagan. Det gäller översyn av standarden för dimensionering av kontaktledningsanläggningar, översyn av trädgator intill elektrifierad bana samt en fortsatt strävan att göra planeringen mer inriktad på att skapa robusta och säkra system enligt Banverkets handbok (BVH). Åtgärderna har betydelse för att minska skador till följd av ökade vindhastigheter.

Exploatering av markområden kan förändra bl.a. avrinningsförhållanden markant, med konsekvenser för exempelvis infrastruktur. Vi anser att samverkan och informationsutbyte mellan olika verksamhetsutövare måste öka, exempelvis mellan markägare och drift- och underhållsansvariga av järnvägsnät, så att risker som påverkar sårbara konstruktioner minskar.

I den grundläggande tekniska högskoleutbildningen bör ämnet klimatförändringar och dess effekter inkluderas så att kunskapen höjs om hur klimatförändringar kan påverka konstruktioner inom järnvägsbyggandet. Viktigt område med betydelse för ban-konstruktioner är hur ett förändrat klimat påverkar de geotekniska förhållandena.

Banverkets bedömning av kostnaden för förebyggande åtgärder inledningsvis framgår av tabell 4.2.

**Tabell 4.2 Kostnad för anpassningsåtgärder, miljoner kronor per år, 2007 (bilaga B 2)**

Åtgärder	Kostnad
Avvattningsanläggning, erosionsskydd	10
Underhållskostnad (besiktning, utökade åtgärder)	15
Trädsäkring	50 (åren 2008-2009) 5 (från år 2009)
Utbildning	1

### Forskning och utveckling

Banverket bedriver i dag egen sektorsforskning avseende material och utformning av laster och hastigheter. Denna forskning anser vi bör beakta dimensionering vid förändrade flöden.

Banverket deltar i dag i forskning om övervakning av infrastruktur med hjälp av sensorer som mäter tillstånd i bankar, spår och broar för att ge förvarning om sättningar eller skred. Denna forskning är viktig med avseende på ökad nederbörd och ökade flöden.

Vi anser det viktigt att ytterligare klimatindex beräknas som är av vikt för järnvägssystemet. I nuläget saknas index för åska avseende frekvens och intensitet. Behov finns också av fler och säkrare scenarier avseende vind.

### Förslag

- I instruktionen till Banverket ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Banverket bör få i uppdrag att kartlägga och vid behov åtgärda risker för skred, ras, bortspolning, översvämning och erosion av förändrad nederbörd och ökade flöden som kan drabba järnvägsnätet. I uppdraget bör ingå att se över dimensionerande normer för flöden och höjdsättning samt utveckla modeller till stöd för riskarbetet. En plan bör redovisas som underlag för nästa transportpolitiska beslut.
- Banverket bör få i uppdrag att göra en översyn av standarden för dimensionering av kontaktledningsanläggningar samt de ytter-

ligare åtgärder som kan krävas för att öka robustheten avseende framförallt kraftig vind.

#### 4.1.3 Sjöfart

*Sjöfarten påverkas inte i någon större utsträckning av klimatförändringarna. En minskad förekomst av havsis, både vad gäller säsong och utbredning, är positivt för sjöfarten. Ett högre vattenstånd kan påverka hamnverksamheten negativt längs Sveriges sydligaste kuster. En eventuell ökning av extrema vindar skulle kunna medföra problem för sjöfarten.*

#### Systembeskrivning av sjöfarten

Sjöfarten består i huvudsak av följande delsystem:

- hamnar (allmänna i huvudsak kommunägda hamnar, industriägda lastageplatser samt fritidsbåtshamnar och marinor),
- Sjöfartsverkets ansvarsområde i form av farleder, kanaler isbrytning, sjögeografisk information, sjötrafikinformation, lotsning, sjöräddning och sjöfartsinspektion (kanalerna i Mälaren och Hjälmarén har behandlats i SOU 2006:94),
- rederinäring (svensk och utländsk) samt underleverantörer och serviceföretag.

Det finns ett 50-tal allmänna hamnar längs Sveriges kust. Till dessa ska läggas ett betydande antal industriägda hamnar av vilka åtminstone ett 10-tal är av stor betydelse för svensk industri och näringsliv. Hamnar som i dag har omfattande färje- och/eller kryssningstrafik är på västkusten Göteborg, Halmstad och Varberg, på sydkusten Helsingborg, Malmö, Trelleborg, Ystad, Karlshamn och Karlskrona, på östkusten Oskarshamn, Nynäshamn, Stockholm och Kapellskär. Kombinationsfärjetrafiken svarar för cirka 30 procent av utrikeshandeln mätt i ton och cirka 60 procent i värde. Av dessa hamnar svarar Göteborg, Trelleborg och Stockholm för två tredjedelar av godsvolymen.

Det svenska farledsnätet i form av kustleder och skärgårdsleder omfattar cirka 6 000 nautiska mil, vilket motsvarar ungefär 1 100 mil. Till detta kommer cirka 300 nautiska mil (55 mil) insjöleder. Säkerhetsanordningarna i dessa farleder utgörs av 1 100 fyrar och

5 000 bojar och prickar. Hamnarna ansvarar normalt för verksamheten inom ett fastställt hamnområde. Det finns även ett stort antal säkerhetsanstalter i anslutning till hamnarna vilka sköts av Sjöfartsverket, de allmänna hamnarna eller annan huvudman, t.ex. kommuner.

Sjöfarten svarar för cirka 90 procent av den svenska utrikeshandeln. För importen av råolja, oljeprodukter och annan energiråvara finns knappast något annat alternativ. Samma förhållande gäller export av malm, stål- och skogsprodukter. Logistik- och transportsystemens utveckling och integrering i s.k. intermodala transportlösningar, med krav på säkra, regelbundna och tidsanpassade flöden, bl.a. för att undvika lageruppbyggnad, har medfört att hela transportkedjan generellt blivit mer känslig för störningar. Under dagens förhållande kan transport-, energi- och kommunikationssystemen lokalt tillfälligt kan slås ut av oförutsedda oväder.

### Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser samt kostnader

De klimatafaktorer som har störst betydelse för sjöfartssektorn är förändrat vattenstånd samt förändrade vind- och isförhållanden, se *Underlag för Klimat- och sårbarhetsutredningen om sjöfartssektorn*, bilaga B 3.

Allmänt kan sägas att högt vattenstånd från sjösäkerhetssynpunkt är bättre än lågt. Ett högre vattenstånd ökar säkerhetsmarginalerna i farleder och hamnbassänger. Landhöjningen i norra Sverige skapar på sikt problem då säkerhetsmarginalerna mellan fartygens lägsta punkt och farledsbotten blir allt mindre. För särskilt känsliga farledsavsnitt finns därför kontrollprogram utarbetade för att tillgodose säkerhetsmarginalerna. I några fall, t.ex. på avsnitt i farlederna i Mälaren, har tillåtet leddjupgående fått minskas.

Högscenariot med en global havsnivåhöjning på 88 cm och 100-årsvattenstånd år 2071–2100 ger med hänsyn tagen till landhöjning/sänkning en högvattennivå i södra Sverige på uppemot 2 meter över dagens medelvattenstånd, se avsnitt 3.5.4. Hamnarna kan inte fungera om vattennivån når över kajkrönen, som i genomsnitt ligger cirka 2,0–2,5 meter över medelvattennivån, i vissa fall lägre. Då ligger inte bara kajer, utan också tillfartsvägar under



vatten. Konsekvensen blir att hamnverksamheten upphör. Av säkerhetsskäl bör fartyg inte ligga kvar vid förtöjningsanordningar som ligger under vattenytan. Vid det framtida 100-årsvattenståndet skulle konsekvenser kunna uppstå för hamnar i de sydligaste delarna av landet. I andra områden längs kusten samt vid lägre havsnivåhöjningar bedöms konsekvenserna bli ringa enligt bilaga B 3. Fasta utmärkningar är placerade så att de inte ligger under vattenytan ens vid mycket höga vattenstånd. Farleder förblir fullt brukliga även vid mycket höga vattenstånd.

Klimatförändringar ökar på många håll risken för höga vattennivåer i insjöar och andra vattendrag. Vid en vattennivå motsvarande en 100-årsnivå skulle t.ex. sjöfarten på Vänern allvarligt störas och vid än högre nivåer accentueras problemen, se SOU 2006:94.

Vid enstaka störningar blir konsekvenserna utebliven produktion under en period. Vid återkommande störningar kan det däremot orsaka allvarliga problem och påverka förtroendet för sjöfarten. Vår region av världen kommer dock i relation till andra delar av världen inte att drabbas särskilt hårt av klimatrelaterade störningar. En djupare analys av kostnader till följd av störningar är svår att genomföra på grund av osäkerhet om vilka industrier som kommer att drabbas.

Det finns i dagsläget restriktioner som anger högsta tillåtna vindstyrka och våghöjd för när olika typer av fartyg får anlöpa eller avgå från hamn och passera känsliga farledsavsnitt. Sådana restriktioner, som är beroende av farledens utformning och utsatthet för väder och vind, tillämpas vid lotsning av fartyg. Särskilda restriktioner gäller för passagerarsjöfart som färje- och kryssnings trafik samt för så kallade bilfartyg, som genom sin stora överbyggnad är mer vindkänsliga än andra fartyg.

Med ökade vindar skulle trafiken på vissa hamnar tvingas till mer eller mindre långa avbrott med en ökad oregelbundenhet i trafiken som följd. För kombinationsfärjetrafiken skulle detta leda till stora effekter för den svenska utrikeshandeln med risk för konsekvenser för hela transportkedjan, från producent till konsument.

Havsisen väntas minska kraftigt både vad gäller utbredning och issäsong. Endast i Bottenviken kommer havsis i slutet på seklet att förekomma i någon större omfattning och då endast under någon/några månader beroende på klimatscenario, se avsnitt 3.5.4. Detta innebär att vintersjöfarten på svenska hamnar underlättas,

särskilt på hamnarna från Gävle och norrut. Behovet av isbrytarassistans, och därmed såväl Sjöfartsverkets som hamnarnas kostnader för isbrytning, minskar. I dag kan kostnaderna för Sjöfartsverkets isbrytning variera från cirka 150 miljoner kronor en mild vinter, 200 miljoner kronor en normal vinter till cirka 250 miljoner kronor en svår vinter. Kostnadseffekterna till följd av en minskad isutbredning är avhängigt när beredskapen kan sänkas, vilket i dagsläget är svårt att bedöma utifrån klimatscenerierna. En annan positiv effekt är att de tidsfördröjningar som vintersjöfart normalt innebär, till följd av ökade väntetider och reducerad fart, minskar, vilket i sin tur minskar behovet av exempelvis lageruppbyggnad.

Med ökande vindar kan enligt bilaga B 3 den sjöräddning som Sjöfartsverket ansvarar för komma att bli utsatt för hårdare påfrestningar. Detta gäller även den sjötrafikinformation som syftar till att öka sjösäkerheten.

### **Anpassningsåtgärder och överväganden**

Klimatförändringarna medför sannolikt inte några större konsekvenser för sjöfarten. Höga vattenstånd kan påverka hamnverksamheten längs Sveriges sydligaste kuster. En eventuell ökning av vindstyrkorna kan ge ökad frekvens av stängning av vissa hamnar med konsekvenser för transportsektorn. Sjöfartsverket bör ges i uppdrag att närmare studera hur ökade vindstyrkor samt ett högre vattenstånd kan påverka hamnverksamheten i Sverige.

### **Forskning och utveckling**

En viktig klimatfaktor för sjöfarten är vind. Klimatunderlaget från Rossby Center är begränsat vad gäller denna faktor. Vi anser det angeläget att forskningen kring förändringar i vindklimatet fortsätter.

### **Förslag**

- I instruktionen till Sjöfartsverket ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.

- Sjöfartsverket bör få i uppdrag att studera risken för avstängning av hamnar till följd av högre vattenstånd och eventuellt ökade vindar samt vid behov ge förslag till åtgärder.

Förslag lämnas också rörande batymetriskt underlag, vilket beskrivs vidare i:

- avsnitt 5.2.7: Databaser inom olika sektorer och geografiska ansvarsområden.

#### 4.1.4 Flyg

*Luftfarten påverkas inte i någon allvarligare grad av klimatförändringarna. Ett varmare klimat kan påverka tjäldjupet med konsekvenser för flygfältens bärighet. Ökade nederbörds mängder belastar flygplatsernas dagvattensystem och kan föranleda en tidigareläggning av planerade ombyggnader. Behovet av avsnings- och halkebekämpningsmedel minskar i de södra delarna av landet, men ökar i stället i norr.*

#### Ansvarsförhållanden

LFV är ett affärsdrivande statligt verk som ska bidra till att de transportpolitiska målen uppnås. Verkets huvuduppgifter är att ansvara för drift och utveckling av statens flygplatser, flygtrafiktjänst i fredstid, civil och militär luftfart samt utbildning av flygledare.

Den 1 januari 2005 avskiljdes LFV:s myndighetsrelaterade avdelningar Luftfartinspektionen samt Luftfart och Samhälle. Dessa avdelningar bildade den nya myndigheten Luftfartstyrelsen. Luftfartstyrelsen har ett samlat ansvar för den civila luftfarten, vilket också inkluderar ett övergripande ansvar för flygtransport-systemets miljöanpassning.

#### Systembeskrivning och sårbarhet idag

Det finns i dag 42 svenska flygplatser för civil luftfart. Reguljärt trafik bedrivs även vid flygplatser i annan ägo än LFV:s. De flesta av LFV:s flygplatser är byggda mellan 1930–1960.

Tabell 4.3 Sammanställning av flygplatsägare (bilaga B 4)

Flygplatsägare/operatör	Antal	Miljoner passagerare 2005	%
LFV, helägda	14	27,6	86,3
LFV, på militär flygplats	2	1,1	3,4
Kommunal/privatägda flygplatser	26	3,3	10,3
Totalt	42	32,0	100

Flygplatserna har omfattande försörjningssystem. Hanteringen av dagvatten är viktig för vattenavrinningen på flygfältsytorna. Andra försörjningssystem som krävs är t.ex. vatten- och spillvattensystem, elkraft-, data- och telesystem samt tekniska försörjningssystem för flygplan inklusive bränsleförsörjning.

Dagvattensystemen på LFV:s flygplatser är i dagsläget till viss del åldersstigna och underdimensionerade. De är i behov av successiv renovering och kapacitetsutbyggnad. Systemet är inte helt redundant vad gäller elförsörjning.

Cirka 60 procent av Sveriges flygplatser där civil flygtrafik bedrivs ligger i närheten av vattendrag och kan drabbas av översvämning. De mest utsatta är:

- Sundsvall-Härnösand flygplats belägen i Indalsälvens delta,
- Kalmar flygplats,
- Göteborg-Säve flygplats med hög grundvattennivå och belägen vid Osbäcken, vilken är översvämningssensibel,
- Västerås flygplats utsätts för vattennivåer nära en kritisk gräns vid en 100-årsnivå. Vid en dimensionerande nivå skulle flygtrafiken begränsas, då delar av landningsbanan och trafikledningssystemet berörs (SOU 2006:94).

De stora flygplatserna Arlanda, Landvetter och Luleå har reservlandningsplatser men dessa utgör inga transportalternativ vid längre stopp.

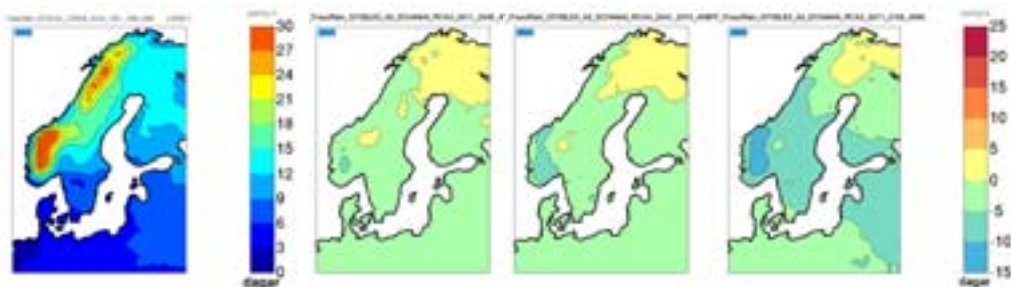
De senaste 10–12 åren har flera extrema väderhändelser verkat störande på flygtrafiken (t.ex. stormen Gudrun 2005, översvämningarna i Mellannorrland juli 2000). Flygtrafiken har dock endast påverkats under en kortare tid vid dessa händelser. För gods är det lättare att hitta alternativa transportvägar än för persontrafiken.

## Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser samt kostnader

Sårbarhetsanalysen utgår främst från den globala modellen Echam4, utsläppsscenario A2 och tidsperspektivet 2071–2100, se *Redovisning av sårbarhetsanalys inom flygsektorn*, bilaga B 4. Den fokuserar på de anläggningstyper som bedöms påverkas mest av klimatförändringar. Hänsyn har tagits till kraftiga skillnader mellan scenarierna.

Känsliga klimat- och väderfaktorer för flygsektorn är: häftiga snöfall, kraftig nederbörd, höga flöden, höjd havsnivå, isbeläggning, mycket kraftig sidvind, dimma, tjäle samt åska. I figur 4.8 visas risk för isbeläggning, uttryckt som antal dagar då maxtemperaturen är under noll grader och nederbörden är större än 0,5 mm.

**Figur 4.8** Förändring av isbeläggning, antal dagar per år, för tidsperioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)

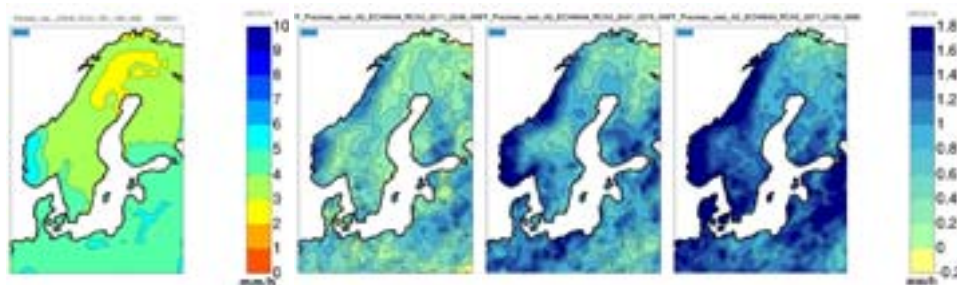


Källa: SMHI, 2007.

Behovet av avisnings- och halkbekämpningsmedel bedöms minska i södra Sverige vid ett varmare klimat, däremot kan det öka längst i norr. De stora flygplatserna är belägna i de södra delarna, varför det totala behovet av avisnings- och halkbekämpningsmedel bör minska. Minskningen av avisningsbehovet bedöms vid 2050-talet kunna uppgå till 50–75 procent, vilket motsvarar en kostnadsminskning med cirka 35–40 miljoner kronor per år. Halkbekämpning bedöms kunna minska med cirka 70–90 procent, vilket motsvarar en kostnadsminskning med 18–20 miljoner kronor per år.

Till de negativa konsekvenserna räknas en ökad frekvens av intensiva regn, med följdverkningar för lågt liggande flygplatser samt för flygplatsernas dagvattensystem, se figur 4.9. Dagvattenanläggningarnas kapacitet är ansträngd redan i dagsläget och kommer att belastas ytterligare i ett framtida klimat.

**Figur 4.9** Förändring i intensiv nederbörd, mm/h och år, för tidsperioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3- EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Kalmars flygplats reningsanläggning påverkas av en höjd vattennivå och ökad frekvens av kraftiga regn. Sundsvall-Härnösands flygplats landningsbana kan påverkas negativt till följd av högre vattenföring med ökad erosion.

Ökad nederbörd, högre grundvattennivåer och ökade vattenflöden kan påverka flygfältsytornas bärighet negativt, varför effektiva dagvattensystem kommer att bli än mer betydelsefulla i framtiden.

Vid dimensionering av flygfältets överbyggnad, dvs. den del av vägkonstruktionen som bl.a. har funktionen att utbreda trafikbelastning, är det ofta tjäldjupet som är den styrande faktorn för hur tjock den totala överbyggnaden måste vara och inte lastpåverkan. Ett varmare klimat kan medföra ett minskat tjäldjup vilket i sin tur påverkar dimensionering av flygfälts överbyggnad.

Ökar åskfrekvensen innebära det problemen för flygtrafiken. Framtiden flygtrafik förväntas vara mer beroende av elektronik och därmed mer sårbar för åska. Någon bedömning av konsekvenser av åska har dock inte kunnat göras då underlag om förändringar i åskfrekvens saknas.

Dimma kan påverka flygplatser lokalt. Klimatförändringarna förväntas dock inte påverka förekomsten av dimma i någon högre grad.

### Anpassningsåtgärder, kostnader och överväganden

I bilaga B 4 framgår att flygplatserna bedöms vara i bruk verk-samma även i utredningens långa tidsperspektiv, 2080-talet. Till 2050-talet är inga särskilda åtgärder planerade ur klimatsynpunkt utan normalt underhåll bedöms komma att vidtas, liksom en löpande anpassning till rådande klimat. Flygplan, vilka har en normal livslängd på 30 år, byts ut efterhand. Underhållsåtgärder som diskuterats är tjockare överbyggnad för att öka flygfältsytornas bärlighet och ombyggnader av dagvattensystem på grund av förändrat tjäldjup och ökad nederbörd.

Förändrade tjälförhållanden kan påverka bärligheten hos flygfältsytorna. Rent teoretiskt skulle behov av tjockare överbyggnad på de befintliga asfaltsytorna till följd av minskad tjäle innebära en merkostnad på cirka 300 miljoner kronor fram till år 2080. En stor del av dessa åtgärder bedöms komma att vidtas inom ramen för det kontinuerliga underhållet eller andra förbättringsåtgärder.

Ökad nederbörd kommer att belasta de redan i dag underdimensionerade dagvattensystemen hårdare. Tidigareläggning av redan planerade ombyggnader kan bli nödvändiga. Renoveringen av Kirunas flygplats, en genomsnittsflygplats, dagvattensystem 2002–2003 kostade cirka 5,5 miljoner kronor. Med utgångspunkt i vad det kostade att bygga om Kiruna flygplats kan man anta att en ombyggnad av samtliga flygplatsers dagvattensystem i södra Sverige innebär en kostnad i storleksordningen många hundra miljoner kronor. Då dagvattensystemen redan är underdimensionerade i dagsläget är inte hela denna kostnad klimatrelaterad.

Kalmar, Västerås och Sundsvall-Härnösand flygplatser kan behöva vidta åtgärder för att minska risken för översvämningar. Anpassningsåtgärder, i form av utökat erosionsskydd, vid Sundsvall-Härnösands flygplats flygplats bedöms kosta några tiotal miljoner kronor. En ny reningsanläggning i Kalmar Dämme bedöms kosta cirka 15-20 miljoner kronor.

Vi anser att Luftfartsstyrelsen bör få i uppdrag att tillsammans med LFV göra en sårbarhetsanalys av banors förändrade bärlighet på grund av förändrade förhållanden avseende tjäle och grund-

vatten. Underlaget avseende förändringar av tjäle med avseende på klimatförändringar bedöms ha varit otillräckligt för att kunna göra en relevant analys. Vi bedömer också att en kartläggning bör göras av behovet av en eventuell tidigareläggning av renovering av flygplatsers dagvattensystem utifrån ökad nederbörd i ett förändrat klimat.

Indirekta kostnader för samhället vid stängning av en flygplats är svåra att kvantifiera. Många gånger är flygplatser öppna, trots svåra väderförhållanden. Däremot kan passagerare ha svårt att transportera sig till flygplatsen. En grov uppskattning av hur stora indirekta kostnader som uppstår ifall Arlanda stängs under ett dygn har gjorts baserat på att kostnaden för endast passagerarnas tidsförluster uppskattas. En försening på fyra timmar per passagerare har uppskattats innebära en kostnad på 50 miljoner kronor per dygn. Om även intäktsförluster medräknas för flygplatsen torde det röra sig om ytterligare cirka 50 miljoner kronor och lika mycket till för flygbolag m.fl., alltså totalt 150 miljoner kronor. För en medelstor flygplats blir siffrorna cirka femtio gånger mindre, cirka 3 miljoner per dygn, se bilaga B 4.

Flygtransportsektorn är kraftigt elberoende. Ett förändrat klimat kan innebära ökad risk för störningar i elförsörjningen. Vi förordar att respektive verksamhetsansvarig för lufttrafiken ges ett uttalat ansvar för att nödvändig reservkraft finns för att upprätthålla driften vid anläggningarna.

## Forskning och utveckling

Viktiga klimatfaktorer för flyget är vind, åska och tjäle. Klimatunderlaget från Rossby Center är begränsat vad gäller dessa faktorer. Vi anser det angeläget att forskningen kring dessa klimatfaktorer fortskrider.

## Förslag

- I instruktionen till Luftfartsstyrelsen och LFV ska framgå att myndigheterna får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom respektive ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Luftfartsstyrelsen bör få i uppdrag att göra en sårbarhetsanalys av banors förändrade bärighet på grund av förändrade förhållan-



den avseende tjäle och grundvatten samt att kartlägga behovet av en tidigareläggning av renovering av flygplatsers dagvatten-system utifrån framtida ökad nederbörd.

#### 4.1.5 Telekommunikationer

*Ökade risker för stormfällning påverkar system med luftledning och även master. Luftledningar kommer att finnas kvar under ett antal år även om utvecklingen går mot radiolösningar och nedgrävning av kablar. De elektroniska kommunikationerna är även kraftigt elberoende. Med hänsyn tagen till både förändringar av klimatet och skogstillståndet samt den pågående ombyggnaden av elsystemet kommer störningar sannolikt fortsatt att drabba de elektroniska kommunikationerna.*

#### Ansvarsförhållanden

Elektroniska kommunikationer utgör en allt viktigare del av vår samhällsinfrastruktur. En avreglering inleddes i början på 1990-talet. Post- och telestyrelsen (PTS) är central förvaltningsmyndighet med sektorsansvar inom området, vilket bl.a. innebär att främja tillgången till säkra och effektiva kommunikationer, utöva tillsyn, besluta om skyldigheter och stärka samhällets beredskap mot allvarliga störningar av elektronisk kommunikation. I dag finns omkring 500 teleoperatörer registrerade hos PTS, varav ett mindre antal av dessa äger egen infrastruktur. Den som tillhandahåller allmänna nät eller tjänster ska enligt lagen om elektronisk kommunikation tillse att verksamheten uppfyller rimliga krav på god funktion och teknisk säkerhet samt på uthållighet och tillgänglighet vid extraordinära händelser i fredstid.

#### Telenäten i dag

Elektroniska kommunikationsnät är system och utrustning för överföring, koppling eller dirigering av signaler via tråd, radiovågor eller på optisk väg. I princip består systemen av terminaler hos användaren, accessnät, transportnät och centrala stödsystem. Accessnät kopplar terminaler till transportnät och består i det fasta telenätet ofta av koppartråd. Radioförbindelse mellan mobiltele-

foner och basstationer utgör en annan form av accessnät. Transportnät överbryggas avstånd och förbindelserna utgörs oftast av optisk fiber eller radiolänk. Transportnäten är i stort gemensamma för olika tjänster för elektronisk kommunikation som tele- och datatrafik.

Mängden accessmetoder ger redundans. Utbyggnaden är bättre inom tätbebyggda områden, men i mer glesbebyggda områden finns oftast i dag mer än ett mobilnät och utbyggnaden fortsätter.

Telekommunikationerna är kraftigt elberoende. Stora noder har stationär reservkraft med uthållighet för cirka en veckas drift. Mindre stationer, exempelvis koncentratorer i det fasta telenätet och basstationer i mobilnäten, har batteridrift med varierande uthållighet från tre, fyra timmar och uppåt.

Det gemensamma nödradiosystemet Rakel är under uppbyggnad. Användare av systemet är bland annat verksamheter inom allmän ordning, säkerhet och hälsa. Systemet består av egna mobilstationer, basstationer, växlar och centraler, men kommer till övervägande delen att använda master i befintliga kommunikationsnät. Radiosystemet är likt andra nät elberoende, men har reservkraft med längre uthållighet än övriga nät.

Utöver tillsynsarbetet genomför PTS, i samverkan med operatörer, bl.a. olika typer av robusthetsprojekt i syfte att stärka infrastrukturen för att klara extraordinära situationer där kommersiella grunder saknas. Reservkraftverk, mobila basstationer, redundanta förbindelsevägar och en utveckling av samarbetet mellan el- och telekomoperatörerna är exempel på sådana åtgärder. Åtgärder har vidtagits med beaktande av exempelvis kraftig vind. Andra åtgärder har indirekt haft effekt mot konsekvenser av kraftig vind. Nuvarande strategi är förlängd och gäller till år 2008 (PTS, 2003). PTS budget för robusthetshöjande åtgärder är cirka 200 miljoner kronor per år.

PTS anser inte att det är möjligt att bedöma utvecklingen i de tidsperspektiv som utredningen behandlar på grund av den snabba omsättningstakten och utvecklingen inom sektorn under senare år. Till 2020-talet, som är utredningens korta tidsperspektiv, bedömer PTS dock att mängden luftledning har minskat. Trenden går mot optisk fiber och trådlös access, som inte är lika väderkänsliga.

## Känsliga klimatkategorier och inträffade extrema händelser

Det fasta nätets luftledningar och de mobila nätens master och antenner är känsliga främst för kraftiga vindar, nedisning, åska, kraftig nederbörd och höga flöden med åtföljande översvämning. Även stationsbyggnader i näten kan vara utsatta. Många av de större stationerna ligger i skyddade utrymmen som inte är väderkänsliga.

Stormarna Gudrun och Per drabbade telekommunikationerna hårt och flera hundratusen abonnenter var utan kommunikationer. Det fasta nätet drabbades hårdast, på vissa håll med veckolånga avbrott eller längre. De mobila näten slogs ut framför allt på grund av elberoendet. En stor del av mobilnäten var igång efter några timmar, andra efter några dagar. Ersättningssystem från operatörer finns för privata kunder beroende på avbrottets längd, medan ingångna avtal med operatören gäller för företagskunder. Systemens tillgänglighet har starka kopplingar till priset på tjänsterna.

Merparten av de fasta accessnäten byggdes upp efter stormen Gudrun, däremot inte efter stormen Per. Dessa ersattes då av trådlös access, som inte är lika väderkänslig som luftledningar. Operatörerna prioriterar återuppbyggnaden av mobila system, inte det fasta nätet. Bedömningen från telekomsektorn är att konsekvenserna på grund av väderstörningar får allt mindre omfattning, då övergången mot radiolösningar och nedgrävning av kablar ökar, medan mängden luftledningar minskar. En avsaknad av fast access bör dock till del innebära att redundansen minskar. Gudrun beräknas ha kostat Telia omkring 500 miljoner kronor i direkta kostnader samt återuppbyggnad. Indirekta kostnader har inte beräknats.

## Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser

Enligt *Elektronisk kommunikation – Tele- och datakommunikations-system. Möjlig påverkan av förändrade klimat- och väderbetingelser i ett längre tidsperspektiv*, bilaga B 5, är PTS bedömning för utredningens korta tidsperspektiv, att även om enskilda delar av systemen går ner på grund av vädret, så kommer de olika systemens robusthet och redundans tillsammans göra att det blir alltmer sällsynt med avbrott. Utrustningen i systemen byts ut så pass

frekvent att ingen utrustning uppskattas bli äldre än 10–12 år. Således skulle inte ens stora förändringar i klimatet ge allvarliga konsekvenser, då en successiv anpassning bedöms ske, enligt PTS.

Vår bedömning enligt klimatscenarierna är att riskerna för stormfällning kan komma att öka till följd av förändrat skogstillstånd, minskad tjälförekomst och ökade extrema vindhastigheter, vilket framförallt påverkar system med luftledningar, men även master, se avsnitt 4.4.1. Utredningens korta tidsperspektiv omfattar 2011–2040. Även om utvecklingen går mot radiolösningar och nedgrävning av kablar kommer sannolikt luftledningar att finnas kvar under åtminstone delar av denna tidsperiod. Detta anser vi kan innebära fortsatta störningar i de elektroniska kommunikationerna med allvarliga konsekvenser för viktiga samhällsfunktioner och allmänhet.

De elektroniska kommunikationerna, fast liksom mobil telefoni, är mycket elberoende. Även om en kraftig markförläggning pågår av elkablar under ytterligare ett antal år, så är elbranschens bedömning att luftledningar inom elnäten kommer att finnas kvar i de södra och mellersta delarna av landet i cirka 20–25 år till. Elnäten i landets norra delar kommer även i framtiden i huvudsak att utgöras av luftledningar, även om dessa i större utsträckning kommer att vara isolerade. (Gode et al, 2007) Med hänsyn tagen till både förändringar av klimatet och den pågående ombyggnaden av elsystemet bedömer vi att störningar sannolikt fortsatt kommer att drabba eldistributionen. I vilken omfattning är dock svårbedömt. Detta innebär följdkonsekvenser för andra system, som tele-systemen.

Höga flöden i vattendrag och sjöar anses enligt bilaga B 5 utgöra en osäker faktor som skulle kunna ge konsekvenser för anläggningar nära vatten. Vi bedömer att översvämningar kan vara ett allvarligt problem, särskilt längs vissa vattendrag i sydvästra och västra Sverige. Ingen konsekvensanalys har dock gjorts av vad som skulle kunna drabbas eller vid vilka nivåer störningar kan ske. Av utredningens delbetänkande framgick att det finns stationer och ledningsnät nära vatten som är utsatta (SOU 2006:94).

Ledningar och master är särskilt känsliga för kombinationen hård vind, kraftig nederbörd samt pendling kring noll grader. Förändringar av denna kombination av väderparametrar har vi inte kunnat analysera, varför ingen bedömning av konsekvenser av en förändring av sådana väderleksförhållanden har kunnat göras.

## Anpassningsåtgärder och överväganden

Delar av näten för överföring av elektroniska kommunikationer är väderkänsliga. Överföringen är också mycket elberoende. Elsystemet är likaså väderkänsligt. Enligt *Förordning (1997:401) med instruktion för PTS* framgår av § 3 att PTS ska främja tillgången till säkra och effektiva elektroniska kommunikationer enligt de mål som anges i lagen (2003:389) om elektronisk kommunikation. PTS är enligt denna lag tillsynsmyndighet, vilket bland annat innebär att tillse att operatörernas elektroniska kommunikationstjänster håller god funktion och teknisk säkerhet. Erfarenheter från de senaste årens stormar visar att telenäten inte varit säkra. Ökad redundans och större säkerhet med egen elförsörjning minskar risken för avbrott i de elektroniska kommunikationerna. Vi bedömer det angeläget att PTS får ett förtydligt ansvar för att genom avtalen med operatörerna, eller på annat sätt, säkerställa att telenäten blir mer robusta.

Vår bedömning enligt klimatscenarierna är att riskerna för stormfällning kan komma att öka med åtföljande risk för elavbrott. Vi förordar att respektive verksamhetsansvarig ges ett uttalat ansvar för att nödvändig reservkraft finns för att upprätthålla de egna anläggningarnas funktion.

PTS bör också få ett uppdrag att ytterligare analysera telekommunikationssektorns sårbarhet för extrema väderhändelser inklusive förslag till åtgärder, bl.a. konsekvenser av framtida höjda flöden och vattennivåer. Den av PTS föreslagna studien avseende effekter av störningar för tredje man beroende på klimatfaktorer, se bilaga B 5, bör särskilt beaktas.

Många anläggningar är enligt belägna. Vi anser att ägare av nät bör tillse att det finns nödvändiga avtal mellan markägare och ägare av tillfartsvägar som säkerställer framkomligheten till anläggningar.

## Forskning och utveckling

Känsliga klimatfaktorer för överföring av elektroniska kommunikationer är vind och åska samt kombinationen av hård vind, kraftig nederbörd och pendling kring noll grader. Vi anser det viktigt att klimatforskningen utvecklas kring dessa faktorer.

## Förslag

- PTS bör få ett förtydligt ansvar för att genom avtalen med operatörerna, eller på annat sätt, säkerställa att telenäten är robusta mot klimatförändringar och extrema väderhändelser.
- I instruktionen till PTS ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- PTS bör få i uppdrag att analysera telekomsektors sårbarhet för framtida extrema väderhändelser som stormar, översvämningar, ras, skred och föreslå åtgärder. Särskilt bör störningar för tredje man beaktas.

### 4.1.6 Radio- och TV-distribution

*Radio- och tv-distributionen bedöms inte påverkas i någon väsentlig grad, men det är angeläget att klimatfrågan och dess påverkan på systemet fortsättningsvis beaktas. Utsändningar av radio och tv är beroende av el. Ett förändrat klimat kan komma att innebära mer stormfälld skog med konsekvenser för eldistributionen och indirekt för radio- och tv-distributionen.*

### Ansvarsförhållanden

Teracom AB är ett statligt bolag med ansvar att förmedla marksänd radio och tv från public service bolagen. Bolaget har ett rikstäckande länknät som 2007 täcker 99.8 procent av alla svenska hushåll. Teracom har ansvar för att förmedla *viktigt meddelande till allmänheten* (VMA) och kärnkraftslarm. Post- och telestyrelsen reglerar de frekvenser som Teracom kan utnyttja.

### Systembeskrivning och sårbarheter idag

Programutsändningen för radio och tv initieras från Kaknästornet i Stockholm och sprids via det nationella länknätet till 54 storstationer, mellanstationer och slavstationer, varifrån sändningar sker. Storstationerna har master som är 320 meter höga, medan

mellanstationernas är 100 meter. Anläggningarna ligger på höjder för att uppnå maximal täckning.

Livslängden beräknas till 60 år för större stationer. På grund av den snabba globala utvecklingen inom området uppger Teracom att det är svåröversägbart att uppskatta infrastrukturens utveckling i framtiden. En bedömning är att behoven av placering av sändningsutrustning i master kommer att öka, liksom att sändning med fiber eller satellit kan utgöra framtida alternativ.

Länknätet är byggt med krav på redundans. Teracom har en reservplats samt reservvägar för delar av Kaknästornets funktioner. Vid ett bortfall från en storstation kan lokala master i viss mån riktas om samt förstärkas med mobila master. Hela täckningsområdet kan normalt dock ej behållas. För mellanstationer är möjligheten till täckning större. Teracoms stationer har reservsändare att koppla in vid elavbrott. Större stationer kan kompenseras med reservkraft, medan mindre anläggningar som regel inte har någon reservkraft.

Vid stormen Gudrun fungerade nätet i stort. Vissa lokala radio/tv-länkar tappade riktning varvid länkningen stördes. Utsändningen i vissa små områden tystnade på den för området tilldelade frekvensen, men närliggande stationer täckte genom sändning på andra frekvenser. Utsändningarna är beroende av elförsörjning och de slavstationer som saknade reservkraft stoppade. Många stationer är ensligt belägna och behov fanns av transporter för reparation av stationer, mobil reservkraft, service och drivmedel. Den dåliga framkomligheten på vägarna efter stormen utgjorde ett problem. Kommunikation försvårades också utan fungerande telekommunikationer.

### **Känsliga klimatfaktorer**

Länknätet är känsligt för kraftig vind och nedisning samt givetvis också dessa i kombination, vilket kan innebära hög last med risk för haveri. Kraftiga stormar med kringflygande objekt, som t.ex. träd, kan slå av masters staglinor. Vindar som genererar egensvängningar i staglinorna, s.k. högfrekventa svängningar, minskar livslängden på linorna på kort tid, vilket också ökar risken för haveri. Vid ogynnsamma väderbetingelser såsom skiktningar i atmosfären kan så kallad fading uppträda, som hindrar utsändningar. Stationer-

na är även känsliga för åska. Surt regn och salt påverkar masterna genom korrosion, vilket förkortar livslängden.

Den geografiska aspekten har stor betydelse. Utsatta områden är västkusten med saltpåverkan från havsvindar samt Höga kusten och fjälltrakterna med nedisning i hög terräng.

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser**

Vindunderlaget är svårbedömt och olika klimatmodeller ger olika resultat, men de pekar i stort på en liten ökning av medelvinden. Den maximala byvinden ökar också något i Echam4, främst längs kusterna samt i de södra delarna och i norra Norrland. Enligt *Rapport för Klimat och sårbarhetsutredningen från Teracom AB*, bilaga B 6, bedöms inte några konsekvenser uppstå som skiljer sig från normala variationer av byvind. Bedömningen anses kunna komma att förändras framöver om ytterligare underlag framkommer. Samma bedömning gäller för nedisning.

Scenarier över åska, högfrekventa vindar och salt saknas och någon kvantitativ bedömning av konsekvenser av dessa faktorer har därför enligt bilaga B 6 inte kunnat göras. En ökning av byvinden längs de södra kusterna skulle dock kunna tänkas ge ökad risk för saltbeläggningar. Kraftig nederbörd bedöms kunna försvaga vägar och försvåra tillträdet till anläggningarna.

Den sammanfattande bedömningen, enligt bilaga B 6, är att radio- och tv-distributionen inte påverkas i någon väsentlig grad utifrån det scenariounderlag som finns framtaget.

### **Anpassningsåtgärder och överväganden**

Vi bedömer att det i nuläget bara finns begränsade behov av anpassningsåtgärder inom radio- och tv-distributionen avseende klimatförändringar utifrån nu befintligt klimatunderlag. Vi anser att Teracom fortsättningsvis bör beakta klimatförändringars och extrema väderhändelsers påverkan på distributionen av radio och tv.

Utsändningar av radio och tv är kraftigt beroende av el och telekommunikationer. Ett förändrat klimat kan komma att innebära kraftigare och mer frekventa starka vindar med ökad storm-



fällning och med åtföljande risk för elavbrott. Vi anser därför att Teracom bör inneha nödvändig reservkraft vid sina anläggningar för att kunna upprätthålla radio- och tv-sändningar vid elavbrott.

Radio- och tv-distributionen är beroende av framkomlighet på vägar till ensligt belägna anläggningar samt av vägunderhåll. Vi anser att Teracom bör tillse att det finns nödvändiga avtal som reglerar framkomligheten på vägar till Teracoms anläggningar.

Skadekostnader vid t.ex. masthaveri varierar stort ifrån låga kostnader upp till 10-tals miljoner kronor. Eventuella kostnader för åtgärder för utökning av redundans, mobila reservutrustningar, alternativ distributionsteknik mellan Kaknäs och master samt utbyte av svaga länkar i systemen ligger i storleksordningen mellan 10 och 100 miljoner kronor.

### Forskning och utveckling

Det är viktigt att klimatforskningen fortsätter kring extrema väderhändelser i ett förändrat klimat, så att byggnormer och andra underlag för dimensionering av t.ex. master i fortsättningen kan beakta eventuella sådana förändringar. Viktiga klimatfaktorer för utsändning av radio och tv är vind och is, åska samt förändrad koncentration av salt och sur miljö. Upprättande av en strategisk åtgärdsplan för radio- och tv-distributionen för att möta framtida klimatförändringar kräver tillförlitligt underlag om dessa faktorer.

## 4.2 Tekniska försörjningssystem

### 4.2.1 Elsystem och kraftpotentialer

*Klimatförändringarna innebär ökad nederbörd vilket skapar mycket goda förutsättningar för en successivt ökad vattenkraftproduktion. Detta kommer dock att kräva vissa investeringar i kraftverken. Även vindkraftproduktionen bedöms kunna öka något. En ökad stormfällning på grund av förändrat skogtillstånd, minskad tjäle och kraftigare vindar kommer säkerligen fortsatt att påverka elnäten negativt, trots den omfattande markförläggning av kablar som nu pågår.*

### Ansvarsförhållanden

Den 1 januari 1996 reformerades elmarknaden i Sverige och nya regler infördes. Dessa innebar att konkurrens infördes för handel och produktion av el. Nätverksamhet förblev ett reglerat monopol.

Energimyndigheten är central förvaltningsmyndighet angående användning och tillförsel av energi. Myndigheten ska verka för att på kort och lång sikt trygga tillgången på el och annan energi på med omvärlden konkurrenskraftiga villkor. Inom Energimyndigheten finns Energimarknadsinspektionen som övervakar och utövar tillsyn på el-, naturgas- och fjärrvärmemarknaderna. Energimarknadsinspektionen är även expertmyndighet vad gäller elhandelsfrågor. Inspektionen utfärdar föreskrifter, granskar tariffer samt beviljar koncessioner för drivande av nätverksamhet. Elnätsföretag lyder under koncessionsplikt.

Svenska Kraftnät förvaltar och driver det svenska stamnätet, inklusive tillhörande anläggningar samt utlandsförbindelser. Svenska Kraftnät har systemansvaret med övervakning och ansvar för den kortsiktiga balansen mellan tillförd och uttagen el i det svenska elsystemet samt motsvarande ansvar för naturgas. Svenska Kraftnät är elberedskapsmyndighet, med ansvar att tillgodose samhällets behov av el i kriser och krig. Svenska Kraftnät har föreskriftsrätt om förhållanden som säkerställer att elförsörjningen fungerar så långt möjligt vid ansträngda situationer.

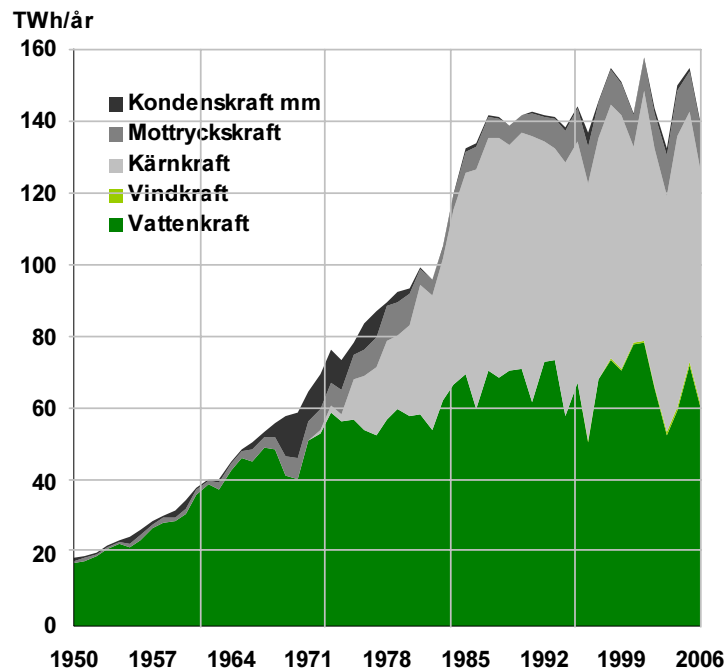
Elproduktion grundar sig på miljötillstånd enligt Miljöbalken. Länsstyrelser har tillsynsansvar enligt Miljöbalken, i vissa fall även SMHI vad gäller vattenkraft. Statens kärnkraftsinspektion är tillsynsmyndighet för kärnkraftsproduktion enligt kärnenergilagen.

Följande sårbarhetsanalys fokuserar främst på vattenkraftproduktion och elnät.

### **Kraftproduktionen i dag**

Elproduktionen i Sverige domineras av vattenkraft och kärnkraft, se figur 4.10. Utbyggnaden av vindkraft har ökat under senare år, men produktionen är ännu så länge låg. Värmekraft eldad med fossil- och bibränslen (kondenskraft, mottryckskraft m.m.) utgör cirka 5–10 procent, varav den förnybara andelen har ökat de senaste åren. Den nordiska elmarknaden och elutbytet med grannländerna har blivit en förutsättning för Sveriges elförsörjning. Stora sammanbyggda system ger fördelar genom användning av varandras produktionsapparat, men samtidigt minskar reservkapaciteten vilket kan innebära problem vid effekt- och energibrist. Elproduktionen är både effekt- och energimässigt jämt fördelad över landet. Vattenkraften dominerar i norr och kärnkraften i söder. Elanvändningen från Dalarna och söderut utgör 80 procent av den totala användningen. En betydande överföring av elkraft sker därför från norr till söder.

Figur 4.10 Elproduktion i Sverige fördelad på kraftslag, TWh/år



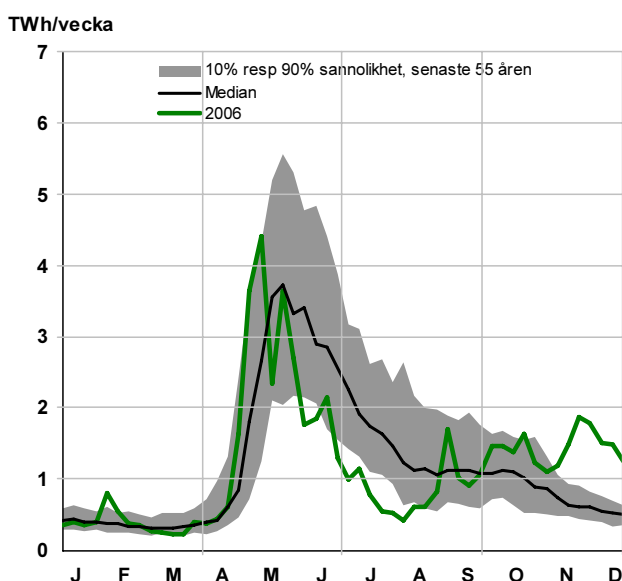
Källa: Bilaga B 8.

Kärnkraftverken bedöms ha en maximal livslängd på cirka 60 år, alltså som längst till cirka 2030. Kraftvärmen körs mest under vintern beroende på produktion av både kraft och värme. Livslängden för kraftvärmeverk är cirka 20–30 år. Anläggningar för kondenskraft har lång livslängd, främst beroende på att de inte ingår i baskraften och därmed har kort drifttid. Vindkraften ger mest kraft under vintern. Vindkraftens variationer behöver regleras med annan kraft, främst vattenkraft. Vindkraftverkens livslängd är 20–30 år. Solfångare används i Sverige i begränsad utsträckning för att producera värme, medan solceller används för produktion av el. En förhållandevis snabb teknisk utveckling pågår av solceller, men fortfarande har dessa svårt att konkurrera med andra elproduktionstekniker.

Vattenkraften körs året runt och används även som reglerkraft. Om det nationella kraftnätet drabbas av avbrott är avsikten att vattenkraften ska återstarta nätet. Den mer storskaliga vatten-

kraften byggdes ut under 1950- och 1960-talen. Anläggningarna rustas kontinuerligt. Vattenkraftverk har en mycket lång teknisk livslängd, men delar av anläggningar behöver rustas med olika tidsintervall. I dag finns cirka 1 800 vattenkraftstationer, flest i södra Sverige, men med den största installerade effekten i norr. Variationen är stor i antalet drifttimmar beroende på hur utbyggt kraftverket är i förhållande till tillrinningen. Produktionen av vattenkraft varierar betydligt mellan olika år beroende på nederbörd och tillrinning. Magasinsvolymerna är i dag i Sverige 35 TWh. Variationerna kan till dels utjämnas av flerårsmagasin, främst i Norge. Figur 4.11 visar tillrinningsvariationen över året.

**Figur 4.11 Tillrinningsvariation i de kraftproducerande älvorna år 2006. Svart kurva – medianvärde; grön kurva – 2006; gråmarkerat fält – tillrinning med bedömd sannolikhet 10–90-percentilen senaste 55 åren.**



Källa: Bilaga B 8.

Enligt senaste energiproposition ska användningen av förnybara energislag öka och energianvändningen effektiviseras. Biobaserad och naturgasbaserad kraftvärme bedöms enligt Energimyndigheten komma att öka. Användningen av fossila bränslen ska minska.

Vindkraften ska sträva mot en ökning upp till 10 TWh till 2015 från dagens 1 TWh, främst till havs och i fjälltrakterna.

### System för överföring och distribution av el

Det svenska elnätet kan delas in i tre nivåer, lokala och regionala elnät samt stamnätet. Till de lokala lågspänningsnäten är 5,2 miljoner elanvändare anslutna och till de lokala högspänningsnäten cirka 6 500. De lokala näten är anslutna till de regionala som i sin tur är anslutna till stamnätet. Totalt omfattar det svenska elnätet 528 000 km ledningar, se tabell 4.4.

**Tabell 4.4 Den svenska elnätsstrukturen, 2007 (km; bilaga B 8)**

Elsystemet	Lokala nät		Regionala nät 40-130 kV	Stamnätet	
	Lågspänning (400/230 V)	Högspänning (10-20 kV)		220 kV	400 kV
Luftledning	95 000	114 000	36 000	4 400	10 600
Jordkabel	200 000	68 000	-	-	-

Stamnätet sträcker sig över hela landet mellan de olika produktions- och överföringsanläggningarna, se figur 4.12. Till stamnätet hör 135 stationer för främst koppling och transformering. Stamnätet är anslutet via luftledningar med Norge, Finland och via sjökabel med Själland, Jylland, Polen och Tyskland. Till stamnätet hör ett landsomfattande telekommunikationsnät baserat på optisk fiber och som utgör stommen för drift, styrning och övervakning av det nationella kraftnätet.

Figur 4.12 Kraftnätet i nordvästeuropa



Källa: Bilaga B 7.

Den största utbyggnaden av stamnätet skedde under 1960–1980-talen. Livslängden för ledningarna bedöms variera från 80 till över 100 år och för stationerna 15–50 år. Två stationer förnyas per år. Svenska Kraftnät bedömer enligt *Konsekvenser för Svenska Kraftnäts anläggningar på grund av klimatförändringar*, bilaga B 7, att stamnätet under de närmaste 25–30 åren, fram till 2030–2040, kommer att se ut ungefär som i dag med majoriteten av ledningsnätet som luftledningar. En viss utbyggnad kommer att behövas för att klara efterfrågan och redundans.

Stamnätet var tidigare enbart dimensionerat för *samtidig vind- och islast*. Belastningsfallet *vind utan islast* infördes med högre vindtryck/hastighet 1993. Kraftledningar i fjällen och på västkusten dimensioneras för högre vindtryck/hastighet samt i vissa fall också för större islast. Vid nybyggnation av kraftledningar utförs i dag analys av maximal byvind för 30 år framåt. Stamnätet och de regionala näten på 130 kV utförs med trädsäkra ledningsgator, vilket innebär bredder över 24 meter. Vid dimensionering av stamnätets stationer tas hänsyn till is- och vindlast.

Det finns 168 lokala elnätsföretag i Sverige. Storleken på dessa företags elnät varierar kraftigt, från 3 till 115 000 km. Svensk Energi bedömer enligt *Klimat- och sårbarhetsutredningen, elförsörjning i Sverige*, bilaga B 8, den ekonomiska livslängden på lokala och regionala elnät till cirka 25–40 år. Den tekniska livslängden är längre. Huvudproblemet bakom de oväderrelaterade avbrotten är de ursprungligen cirka 57 000 km isolerade ledningar på 10–20 kV som löpte genom skogsmark. Om 20–25 år bedöms det lokala högspänningsnätet (10–20 kV) bestå av isolerade luftledningar norr om Dalälven, söder därom till största delen av markkablar och regionnätet till övervägande delen av luftledningar i hela landet (Gode et al, 2007). Större delen av lågspänningsnätet antas då bestå av markkablar.

### Sårbarheter i dag och inträffade extremhändelser

I tabell 4.5 visas de mest utsatta geografiska områdena i Sverige på grund av besvärliga väderförhållanden idag. Bedömningar har gjorts avseende storm, snö, saltbeläggning och åska. En sammanvägd bedömning av de olika riskerna har också gjorts av Svensk Energi. (Bilaga B 8)



Tabell 4.5 Risker i förhållande till meteorologiska omständigheter (bilaga B 8)

Regioner	Fjälltrakterna	Norrlands inland, Dalarna och norra Värmland	Södra Norrlands kustland och norra Uppland	Mälardalen och Götalands inland	Norra Kalmar län	Jönköpingsområdet och Dalsland	Västkusten	Västra Götaland, östra Halland, östra Skåne och Gotland
Åska	låg	medel	medel	medel	låg	<b>hög</b>	medel	<b>hög</b>
Snö	<b>hög</b>	<b>hög</b>	<b>hög</b>	medel	<b>hög</b>	<b>hög</b>	låg	medel
Storm	<b>hög</b>	låg	låg	medel	medel	medel	<b>hög</b>	<b>hög</b>
Salt	medel	medel	låg	låg	låg	medel	<b>hög</b>	medel
<b>Total risk</b>	<b>hög</b>	medel	medel	medel	medel	<b>hög</b>	<b>hög</b>	<b>hög</b>

Stolphaverier har inträffat inom stamnätet. I fyra fall har dessa berott på extremt hög vind och har inträffat i Norrbotten, Jämtland, Västmanland och längs Skånes ostkust. I ytterligare fyra fall har de berott på extrem islast och inträffat i Norrbotten och Dalarna samt i två fall på grund av is och vind, också i Dalarna. Som mest har åtta stolpar raserats. Haverierna på grund av extrem islast har varit lokala och skett i höglänt terräng. En anledning till dessa ras har varit att man utnyttjat maximala belastningsspännlängder vid passage av de höglänta områdena. Inga av nämnda haverier har orsakat avbrott i elförsörjningen. Bildandet av islaster har visat sig till del bero på nytillkomna kalhyggen. (Bilaga B 7)

Främst lokalnäten är känsliga för kraftiga vindar. Den storm som gett de svåraste konsekvenserna är Gudrun. Många län i södra och mellersta Sverige drabbades. Det milda vädret med brist på tjäle i marken gjorde skogen mer känslig för de hårda vindarna, varför stormfällningen blev kraftig. De två största nätbolagen fick tillsammans 30 000 km ledningar förstörda varav nio procent krävde total nybyggnation. Även regionnät slogs ut. Skadornas omfattning skilde sig inte mycket mellan isolerade och oisolerade ledningar. Totalt berördes 730 000 abonnenter. Fortfarande efter en vecka saknade många abonnenter el. På landsbygden varade avbrottet som längst i upp till 45 dagar. Skadekostnaderna uppgick till 1 950 miljoner kronor och avbrottsersättningarna 650 miljoner kronor.

Genom dem så kallade Elsamverkansorganisationen samarbetar nätbolag och Svenska Kraftnät vid stora störningar. Svenska Kraftnät har också avtal med Försvarmakten om bistånd vid stora störningar, som vid stormarna Gudrun och Per.

Efter stormen Gudrun fattade riksdagen beslut om skärpt lagstiftning, bl.a. om att:

- funktionskrav införs fr.o.m. 2011, vilket innebär att elavbrott inte får överstiga 24 timmar,
- elnätskunden fr.o.m. 2006 har rätt till ersättning för elavbrott efter 12 timmar,
- elnätsföretagen ska lämna information om leveranssäkerhet och genomföra risk- och sårbarhetsanalyser m.m.,
- regionnät ska trädsäkras fr.o.m. 2006.

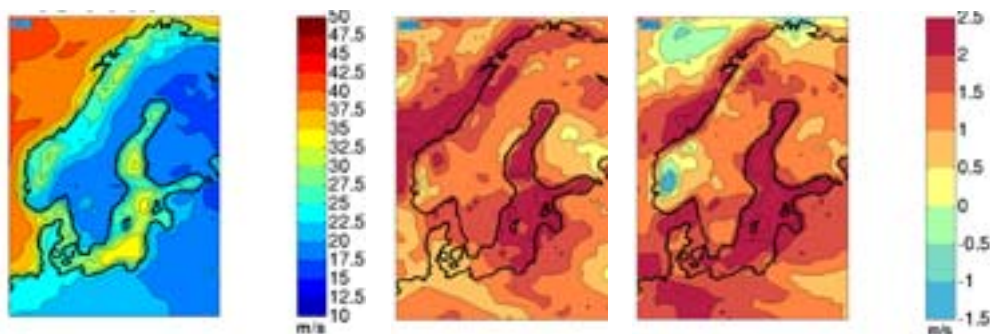
För att säkra elnäten ersätter nätföretagen nu i första hand luftledningarna med nergrävd kabel, i andra hand byts oisolerad luftledning mot isolerad. Totalt investeras i dag 10 miljarder kronor per år varav hälften avser de accelererade planerna för att träd- och vädersäkra näten. Takten innebär att cirka 20 procent av de ledningsavsnitt som löper genom skogsmark och som nu bedömts som kritiska åtgärdas varje år. Elbranschen räknar med att merparten av dessa sträckor ska vara åtgärdade före utgången av 2010. (Bilaga B 8)

### Känsliga klimatfaktorer för elnät och kraftproduktion

Viktiga klimatfaktorer för stamnätets ledningar är isbarkstorm, extrema islaster med måttlig vind, extremt höga vindar utan is samt salthaltig isbeläggning. Motsvarande för stationer är isbarkstorm och extremt höga vindar. Ändrad åskfrekvens och åskintensitet kan också utgöra känsliga faktorer. Sårbara klimatfaktorer för övriga nät är kraftig vind, isbildning, åska, saltbeläggning samt vattentillgången i mark.

Huruvida det blir blåsigare eller inte är inte helt klarlagt, då olika modeller delvis ger olika resultat. Den maximala byvindhastigheten har betydelse för elnäten. Echam4 ger en viss ökning i större delen av landet, störst i Götaland, i fjälltrakterna och i norra Norrland, se figur 4.13. För kombinationen isbildning och vind finns inget klimatunderlag framtaget.

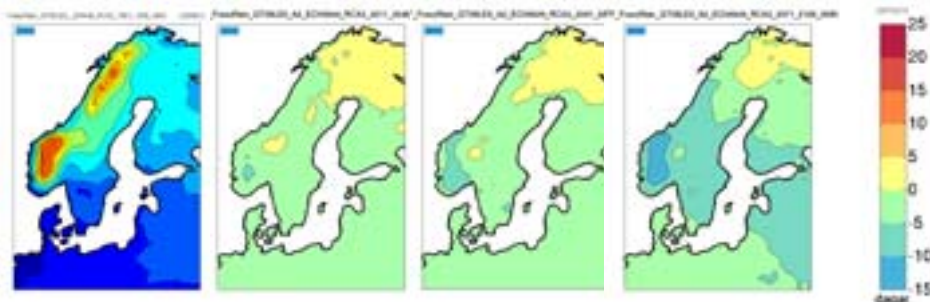
**Figur 4.13** Förändring i högsta byvindhastighet under ett år, 2041–2070 och 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Kraftanläggningar för vindkraft och naturgasplattformer är likaså känsliga för extremvindar. Vindkraftverk är även känsliga för nedisning. Både Echem4 och HadAM3H visar på minskat antal dagar med maxtemperaturen  $< 0$  grader och samtidig nederbörd, vilket kan användas som indikator för risken för nedisning, se figur 4.14.

**Figur 4.14** Förändrat antal dagar med risk för nedisning för 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)

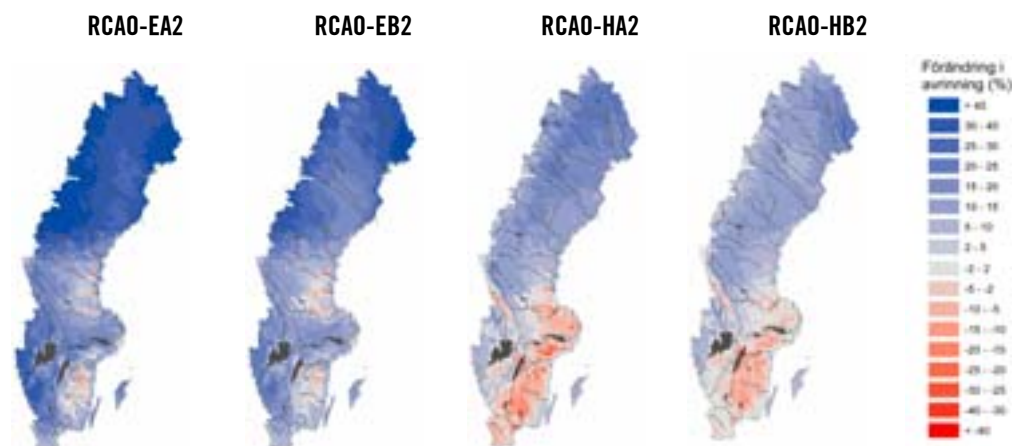


Källa: SMHI, 2007.

Vattenkraftproduktionens regleringsgrad påverkas av ändringar i nederbörd. Anläggningar är dimensionerade för en viss medelvattenföring. Vårflodens storlek, nederbördens fördelning över året och vattendragens förmåga att hantera flöden har betydelse för vilken tillrinning som kan utnyttjas. Regnnederbörden kommer enligt klimatscenerierna att öka förutom i södra Sverige under

sommaren. Avrinningen ökar i västra Götaland, västra Svealand och i stora delar av Norrland, se figur 4.15. Antal dagar med extrem nederbörd ökar i stort sett över hela landet, vilket ger lokala extrema flöden. 100-årsflödena ökar främst i västra Götaland och västra Svealand, men även i delar av fjällen och östkusten. Snötäckets utbredning och vatteninnehåll minskar generellt över hela landet. I norra Sverige kan snömängden öka något särskilt på kort sikt, för att därefter avta.

Figur 4.15 Förändring i lokal medelavrinning 2071–2100 relativt 1961–1990 under ett normalår



Källa: Bergström et al, 2006b.

Kärnkraften är känslig för höga temperaturer i havet. Östersjöns medeltemperatur på årsbasis bedöms öka med mellan två och fyra grader beroende på modell och utsläppsscenario. Ökningen är något större under sommaren.

### Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser avseende kraftpotentialer

Förändringar i klimatet och i den hydrologiska cykeln leder till att förutsättningarna för vattenkraften förändras. Medeltillrinningen bedöms i nästan samtliga fall öka enligt fem testområden spridda över landet på lång sikt, se tabell 4.6 samt avsnitt 4.2.2. Enligt klimatscenerierna kommer nederbörden att öka successivt under

seklet. Redan till 2020 kommer sannolikt en betydande ökning att ske av tillrinningen, se tabell 4.7.

**Tabell 4.6 Förändring i medeltillrinning i procent för fem testområden och fyra klimatscenarier, 2071–2100 relativt 1961–1990**

	Suorva	Torpshammar	Trängslet	Vänern	Torsebro
RCAO-HA2	12	9	13	1	-6
RCAO-HB2	8	10	12	3	-2
RCAO-EA2	53	22	18	22	17
RCAO-EB2	35	17	15	16	12

Källa: Andréasson et al, 2006

**Tabell 4.7 Förändring i medeltillrinning i procent för fem testområden, 2011–2040 relativt 1961–1990, framtagen genom linjär interpolation av tabell 4.6, medelvärden för A2- och B2-scenarierna**

	Suorva	Torpshammar	Trängslet	Vänern	Torsebro
Medel A2	14,8	7,0	7,0	5,2	2,5
Medel B2	9,8	6,1	6,1	4,3	2,3

Källa: Gode et al, 2007.

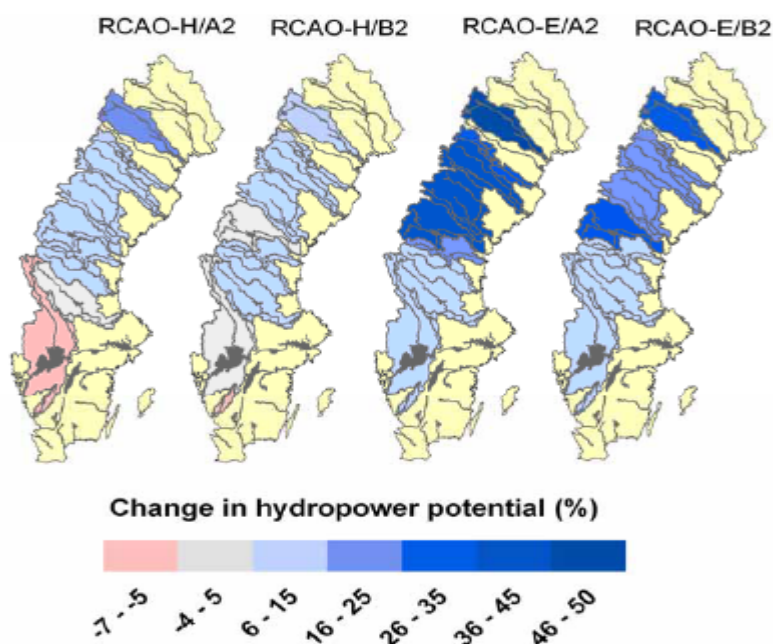
Höst- och vintertillrinningarna beräknas öka för samtliga områden fram till 2071–2100 (Andréasson et al, 2006). De norra delarna av landet kommer även i fortsättningen att ha en tydlig vårflood, även om den infaller tidigare och dess maximala flöden minskar på grund av avsmältning vid flera tillfällen och även på grund av nederbörd i form av regn i stället för snö. Mer nederbörd och vid andra tillfällen än i dag kan innebära en större känslighet då magasinen redan är välfyllda. I söder ändras tillrinningsmönstret kraftigt. Dagens vårflood, där snösmältning under kort tid orsakar stora flöden, ersätts av ökade flöden under en längre period vintertid, med maximala tillrinningar som på många håll överstiger dagens. Tillrinningarna under sommarmånaderna kommer att minska betydligt. (Gode et al, 2007)

En ökad årsavrinning och vattenföring ger en högre kraftpotential. Störst förväntas ökningen bli för norra Sverige. Simuleringar för Luleälvens avrinningsområde 2071–2100 relativt 1961–1990 visar på en medelökning av vattenkraftpotentialen med omkring 34 procent, en ökad tillrinning framförallt under höst och

vinter samt en vårflodstopp cirka en månad tidigare än i dagens klimat (Carlsson et al, 2005). Linjär interpolation ger en ökning med cirka 15 procent redan till tidsperioden 2011–2040.

För de fyra klimatscenarierna har beräkningar gjorts för landets alla större älvor över tillrinningen uttryckt i energi för tidsperioden 2071–2100 relativt 1961–1990, figur 4.16. Vattenkraftpotentialen uppskattas öka med 7–22 procent för B2-scenarierna och 10–32 procent för A2-scenarierna (Andréasson, 2006 b; Gode et al, 2007), en potential i snitt på cirka 15–20 procent. De största ökningarna kommer att ske i de nordligaste älvorna, där större delen av kraftproduktionen redan finns (Fenger, 2007). Enligt Hadammodellen minskar potentialen något i de sydvästra/västra delarna av landet. Eftersom avrinningen minskar i de östra delarna av Götaland och Svealand kan man tänka sig att produktionspotentialen kommer att minska här. Alla scenarierna pekar på en förändrad tillrinningscykel med högre tillrinning under de kalla månaderna och mindre under de varma. För 2011–2040 motsvarar detta en ökning av vattenkraftpotentialen på 3–15 procent (linjär interpolation).

Figur 4.16 Årlig ökning i vattenkraftpotential 2071–2100 jämfört 1961–1990 för fyra klimatscenarier



Källa: Andréasson, 2006; Climate and Energy, 2007.

Beräkningar med EMPS-modellen<sup>1</sup> har gjorts för B2-scenarierna och visar tillrinningsvärden av samma storlek som redovisats ovan, 8–24 procent, och lika tillrinningsmönster. Ökningen i produktion är enligt modellen inte lika stor som tillrinningsökningen, 6–20 procent, vilket kan antyda ett ökat spill, se tabell 4.8. (Mo et al, 2006) En omräkning av produktionsökningen, på lika sätt som tidigare, till 2011–2040 ger 2–9 procent för B2-scenarierna. Detta intervall är troligen något i underkant eftersom nuvarande vattenkraftsystem bör kunna ta tillvara en större andel av en liten än en stor tillrinningsökning. Förhållandet mellan ökad tillrinning och ökad produktion är inte helt linjärt. Den relativa produktionsökningen avtar med ökande tillrinning. För att tillvarata mer vatten krävs förmodligen i de flesta fall en utbyggnad av kraft-

<sup>1</sup> En modell för marknadsanalys, drifts- och investeringsplanering för produktion och transmission, som simulerar drift av ett givet kraftsystem och som beräknar hur mycket av en ökad tillrinning som kan utnyttjas för produktion. Modellen har körts med förväntad kraftsystemkonfiguration för år 2010.

verkens kapacitet. (Gode et al, 2007) Ett nytt tillrinningsmönster riskerar att öka trycket på spillvägarna, vilka förmodligen kommer att användas oftare under vintern vid kraftiga flöden och fulla magasin (Fenger, 2007).

**Tabell 4.8 Förändrad tillrinning och produktion enligt beräkningar med EMPS-modellen för RCAO-EB2 och RCAO-HB2, 2071–2100 relativt 1961–1990**

	1961–1990			2071–2100			2071–2100		
	vinter	sommar	år	vinter	sommar	år	vinter	sommar	år
Tillrinning	12,5	53,5	66,0	21,5	49,8	71,3	30,4	51,2	81,6
Produktion	34,2	28,1	62,3	34,8	31,5	66,3	39,4	35,1	74,5

Källa: Mo et al (2006); Gode et al (2007).

Vindens energinnehåll, förekomst av hård vind och nedisning, som kan orsaka driftstopp och skador, är viktiga faktorer för vindkraften. Enligt flera globala modeller bedöms vindens energinnehåll öka långsiktigt i Östersjöregionen och skulle därmed kunna ge en ytterligare ökning av vindkraftproduktionen med cirka 5–20 procent om 20–30 år, dvs. öka från 10 till cirka 12 TWh. För tidsperioden 2030–2040 tyder klimatscenerierna på att vindstyrkor på 25 m/s eller mer och på 70 meters höjd ökar marginellt. Nedisning av vindkraftanläggningar anses vara svårbedömt, bl.a. för att det förekommer olika typer av nedisning. (Gode et al, 2007)

Enligt det nordiska projektet *Climate and Energy* indikeras enligt Echam4 och HadAM3H inga kraftiga genomsnittliga höjningar av vindens energinnehåll under detta sekel. Vissa områden visar på ökning, andra på minskningar. Den maximala vindhastigheten över Östersjön visar på en ökning i båda modellerna. Nedisningsrisken bedöms bli försumbar i södra Sverige och runt Östersjön samt kraftigt reducerad i norra Sverige, vilket skulle möjliggöra vindkraftproduktion inom nya områden. (Fenger, 2007)

Solstrålning, temperatur och snötäcke påverkar produktionen av solenergi. Molnighet är också en viktig faktor. De soligaste platserna på jorden mottar årligen cirka 2 500 kW/m<sup>2</sup> solenergi. Förutsättningarna är sämre i Norden, som dock ändå årligen tar emot 700–1 100 kWh /m<sup>2</sup>. Instrålningen är starkt koncentrerad till sommarhalvåret. Solstrålningen väntas minska något över Norrland sommartid, men öka något i söder. Vintertid gäller det omvända. Högre temperatur medför att solcellernas verkningsgrad och



energiproduktion minskar. Kortare snösäsong och geografisk utbredning av snötäcket kan också försämra förutsättningarna för elproduktion i solceller genom minskad reflektion av solljus. Förutsättningarna för solenergiproduktion med dagens teknik kommer sammantaget att försämrats i ett förändrat klimat. (Fidje och Martinsson, 2007)

Högre kylvattentemperatur ger lägre verkningsgrad i kärnkraftsanläggningar. Begränsningar finns för hur hög termisk effekt anläggningar får drivas vid, bl.a. beroende på havsvattentemperatur och temperatur i kondensationsbassäng. Varje anläggning är optimerad för en viss specifik kylvattentemperatur. För Forsmark kan sägas att en vattentemperatur på tjugo grader ger ett effektbortfall på cirka 5 procent mot normal drift, ungefär 50 MW per anläggning. Måttliga temperaturhöjningar i storleksordningen två grader bedöms inte kräva några särskilda åtgärder vid anläggningarna. En temperaturhöjning på fyra grader, vilket mycket väl kan ske till slutet av seklet, skulle ge ett något större effektbortfall. Skulle problemet bli av sådan dignitet att investeringar i kylvattenförsörjning krävs, bedöms detta som tekniskt möjligt. Kortare isläggningstid påverkar inte kylvattenförsörjningen. En högre havsvattennivå bedöms ha en något positiv påverkan, medan en högre alg tillväxt inverkar negativt. (Hartman-Persson, 2007) Vid reinvesteringar i några anläggningar har redan hänsyn tagits till förhöjda vattentemperaturer. En successiv anpassning kan ske, men det bedöms innebära långa ledtider (Gode et al, 2007).

Den naturgas som används i Sverige kommer huvudsakligen från danska gasfält i Nordsjön. Störningar i utvinningen påverkar den svenska gasbaserade kraftproduktionen. Plattformarna är dimensionerade för att klara en 100-årsstorm. Decemberstormen 1999 med medelvindar på 38 m/s och byvindar på upp till 50 m/s uppges inte ha påverkat dessa plattformar. Naturgasutvinningen vid dessa bedöms inte påverkas av klimatförändringar, då förekomsten av kraftiga vindar över Nordsjön endast ökar marginellt. (Gode et al, 2007)

Kraftvärmen i framförallt fjärrvärmenät kommer att få ett minskat värmeunderlag när medeltemperaturen ökar. Enligt bilaga B 8 bedöms därför antalet fjärrvärmenät med kraftvärmeanläggningar öka.

Den sammantagna bedömningen av kraftpotentialer i ett förändrat klimat domineras av ökningarna i tillrinning och vattenkraftpotential. Konsekvenserna för den svenska elförsörjningen bör på sikt bli mycket positiva. För att kunna tillgodogöra sig hela den ökade potentialen kommer dock investeringar att behöva göras i kraftverken.

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser samt skadekostnader avseende överföring och distribution**

Ökad vattenkraftproduktion, framförallt i de norra delarna, ställer krav på överföringskapacitet söderut. Ökad tillrinning under de årstider som redan i dag har god tillgång på vatten ger ett ökat tryck på överföringsnätet.

Något ökade extrema vindhastigheter bedöms endast få en ringa påverkan på stamnätet utifrån dagens dimensioneringskrav (bilaga B 7). På västkusten skulle en ökad byvind tillsammans med sydvästliga vindar innebära att salt kommer att spridas över större landytor och längre in i landet, vilket kan medföra störningar. Detta kan ställa större krav på spolningsutrustning. (Gode et al, 2007)

Klimatscenerierna pekar på en minskad isbildning, vilket är en fördel för luftledningar och stationer. Nedisningsmönstret skulle dock kunna komma att ändra karaktär. Nederbördsnedisning i form av blötsnö skulle kunna öka och då i kombination med kraftig vind. Då vintertemperaturen ökar kan problem med nedisning och blötsnö inträffa på andra platser än idag. Mer regn vintertid i norra Sverige kan också öka risken för nederbördsnedisning. Extremnederbörden förväntas också öka, vilket skulle kunna ge snabbare förlopp. (Gode et al, 2007)

För åska saknas underlag. Ett generellt resonemang från Svenska Kraftnät baseras på att åskintensiteten även fortsättningsvis kommer att vara störst under sommaren samt att antalet nedslag per ytenhet och intensitet i blixterna ökar. Ökat underhåll och förnyelse av anläggningsskydd på stamnätet kan krävas. Bedömningen är att detta sker successivt i takt med förändringarna (bilaga B 7).

Översvämning längs vattendrag under långsamma och lugna vindförhållanden medför inte skador på kraftledningsstolpar, då inga dynamiska krafter överförs till konstruktionerna. Stolpar är

däremot känsliga för vattenmättad mark under längre perioder, vilket ger upphov till sättningsskador. Väderomslag till kraftig vind efter översvämning kan innebära ras. Vid översvämning av ett 100-årsvattenstånd i Mälaren, Hjälmaren och Vänern skulle ett antal stolpar inom stamnätet drabbas, främst kring Mälaren. Inom stamnätet ligger två kuststationer nära havet. (Carlschem, 2006; bilaga B 7)

Inom Västra Götaland, ett i dagens klimat känsligt område avseende skred, bedöms endast några stolpar och några stationer inom stamnätet ligga på skredkänslig mark. Ras- och skredrisken förväntas öka i ett förändrat klimat (Fallsvik, 2007), vilket skulle kunna innebära större konsekvenser, se vidare avsnitt 4.3.2. Reparationskostnader för enskilda haverier uppgår till 0,5–4 miljoner kronor för brytare i stationer samt 3–5 miljoner kronor för mindre stolpras med 2–3 stolpar.

Kraftbranschen räknar med att praktiskt taget alla de kritiska ledningssträckorna skall hinna åtgärdas före utgången av 2010 samt att inga ytterligare ut- eller ombyggnader bedöms nödvändiga på grund av klimatförändringar, se bilaga B 8. Enligt Elforsks bedömning (Gode et al, 2007) kommer klimatförändringar att påverka elnäten negativt, men då mycket görs i dag för att näten ska bli mindre väderkänsliga, är deras bedömning att klimatförändringar under de närmaste 20–25 åren endast kommer att påverka elnäten i mindre omfattning. Däremot uppges det vara av intresse att se vilka faktorer som kan påverka näten på längre sikt.

En ny möjlig konsekvens vid den ökade markförläggningen av kablar uppges vara skador på kablarna på grund av ökat antal rotvältor beroende på ökade vindhastigheter och minskad tjälförekomst. Då vattenmängden i mark förväntas öka på grund av ökad nederbörd ökar risken för korrosion på metallstolpar och kablar som skadas. Ökad risk finns även för inträngning av fukt i isoleringen i markkablarna med åtföljande kortare livslängd och högre felfrekvens. Den nuvarande snabba förläggningstakten av kablar kan innebära risker. (Gode et al, 2007)

En följdkonsekvens av vatteninträngning är att kabeln blir känsligare för åska. Den ökade markförläggningen bör annars innebära minskade risker för skador vid förändrat åskmönster. (Gode et al, 2007)

Ökade temperaturer kommer att medföra snabbare tillväxt av vegetation i ledningsgator, vilket ger ökat behov av röjning.

Vår övergripande bedömning enligt klimatscenerierna är att riskerna för stormfällning kommer att öka till följd av förändrat skogstillstånd, minskad tjälförekomst och ökade extrema vindhastigheter, vilket framförallt påverkar system med luftledningar, se avsnitt 4.4.1. Utredningens korta tidsperspektiv omfattar 2011–2040. Även om markförläggningen av kablar ökar kraftigt och lokalnäten i huvudsak bedöms vara kablfierade inom 20–25 år i södra och mellersta Sverige, kommer luftledningar finnas kvar i dessa delar under ett flertal år till. Elnäten i landets norra delar kommer även i framtiden i huvudsak att utgöras av luftledningar, även om dessa i större utsträckning kommer att vara isolerade. Med hänsyn tagen till både förändringar av klimatet, ändrat skogstillstånd och den pågående ombyggnaden av elsystemet bedömer vi att störningar sannolikt fortsatt kommer att drabba eldistributionen med följdkonsekvenser för viktiga samhällsfunktioner och allmänheten. I vilken omfattning är dock svårbedömt.

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Ökningen i vattentillrinning, framförallt i landets norra delar, kommer att ske successivt. Detta skapar mycket goda förutsättningar för en successivt ökad vattenkraftproduktion med ökade intäkter. Beräkningarna enligt ovan visar en möjlig ökning av kraftproduktionen på 15–20 procent i snitt enligt A2 och B2-scenerierna. Den relativa produktionsökningen avtar dock med ökande tillrinning om inte kraftverkens kapacitet byggs ut. För att undvika ett ökat spill kommer ombyggnader av kraftverk och regleringsmagasin att bli nödvändiga.

Med befintlig utbyggnad av kraftstations- och överföringskapacitet bedömer Svenska Kraftnät att det finns utrymme att energimässigt nyttja en ökad tillrinning genom produktion under de tider då överföringskapaciteten inte utnyttjas fullt. En ytterligare förstärkning av stamnätets överföringsförmåga bedöms kunna bli aktuell vid ytterligare utbyggnad av produktionskapaciteten i nya eller befintliga vattenkraftstationer. (Svenska Kraftnät, 2007b) Eventuella flaskhalsar i överföringen mellan landets norra och södra delar kan medföra att vattenkraften inte kan användas fullt ut som reglerkraft i söder. Detta behöver beaktas vidare.

Vattenkraften är viktig för momentan och långsam reglering av elsystemet och kommer att vara det i än högre grad med mer förnybar energi i ett framtida system. Ökad vindkraftproduktion kommer att ställa krav på elnätens förmåga och ytterligare tillgång till reglering med hjälp av vattenkraft. Förutsättningar för vattenkraften att verka som reglerkraft i ett framtida energisystem där intermittenta energikällor ökar behöver utredas vidare.

Vi anser det angeläget att analyser görs av hur en förändrad tillrinningsdynamik i vattendrag och eventuell förändrad drift av vattenkraftssystem kan påverka dammsäkerheten samt risken för översvämningar, se vidare avsnitt 4.2.2. Det är även angeläget att analysera hur den ökande vattenkraftspotentialen kan tas om hand.

Vi bedömer det viktigt att elnätens robusthet ökas. Ett omfattande ombyggnadsarbete av de lokala elnäten pågår med markförläggning av kablar. Vi bedömer dock med hänsyn till de ökande risker för stormfällning som finns i stora delar av landet att denna kablifiering bör ske även i de områden där branschen i dag inte planerar för detta, bland annat i norra Sverige. I första hand gäller detta lokalnäten.

Energimyndigheten bör efter samråd med Svenska Kraftnät analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser. Störningarna för tredje man bör beaktas.

Olika åtgärder föreslås i bilagorna B 7 och B 8. Vi vill framhålla följande:

- studier för att identifiera anläggningar med risk för ras, skred och översvämningar,
- röjning samt breddning av ledningsgator inom regionala och lokala ledningsnät,
- förnyade korrosionsskydd för kraftledningsstolpar i områden med ökad nederbörd,
- identifiering av områden med förhöjd risk för saltbeläggningar.

För många anläggningar, särskilt i stamnätet, görs bedömningen att en successiv anpassning kommer att ske sett utifrån olika anläggningsdelars livslängd. Underhållskostnader på grund av extremväder och ökad tillväxtperiod uppskattas i stamnätet öka med 10–20 miljoner kronor per år.

Många anläggningar är enligt belägna. Vi anser att ägare av nät och stationer bör tillse att det finns nödvändiga avtal som reglerar framkomligheten till anläggningar på enskilda vägar.

Vi förespråkar att Svensk Energi arbetar med att stödja branschen genom att ta fram underlag samt sprida kunskap inom branschen om hur klimatförändringar kommer att kunna påverka elsystemet.

### Forskning och utveckling

Det är angeläget med fortsatt klimatforskning om extrema is- och vindförhållanden, var för sig liksom i kombination. Kartläggning behövs av bl.a. nedsningsfenomen med avseende på återkomsttid, intensitet och geografiska områden. Mer kunskap behövs om maximal byvindshastighet månadsvis. Åska är ytterligare en faktor som det i dag saknas underlag för.

För att stödja planläggning av insatser för att säkra elnäten mot stormfällning behövs ökad kunskap om risk för stormfällning av skog i olika delar av landet baserat på lokala skogsförhållanden, framtida vindförhållanden, tjälförhållanden och markfuktighet.

Behov finns av studier över ekosystems påverkan i reglerade vattendrag till följd av ett förändrat klimat. Ökat antal översvämningar, ökad erosion på grund av högre flöden, förändrade vattentemperaturer och isförhållanden kan påverka exempelvis fiskpopulationen i reglerade vattendrag.

### Förslag

- I instruktionerna till Energimyndigheten respektive Svenska Kraftnät ska framgå att myndigheterna får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom eget ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Energimyndigheten bör få i uppdrag att, efter samråd med Svenska Kraftnät, analysera energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser som stormar, översvämningar, ras och skred och föreslå åtgärder. Särskilt bör störningar för tredje man beaktas.
- Energimarknadsinspektionen bör få ett förtydligt ansvar för att säkerställa att regionala och lokala elnät är robusta mot klimatförändringar och extrema väderhändelser.

Förslag lämnas också angående följande och beskrivs vidare i nämnda avsnitt:

- avsnitt 4.2.2: översyn av dammsäkerheten avseende statens roll och dammägarnas egenkontroll,
- avsnitt 4.2.2: kartläggning av sårbarheten hos dammar av riskklass I och II,
- avsnitt 4.2.2: analyser av flöden av betydelse för dammar av riskklass I och II,
- avsnitt 4.2.2: analys av hur förändrad tillrinningsdynamik i vattendrag och drift av vattenkraftssystem kan påverka dammsäkerheten och risken för översvämningar.

#### 4.2.2 Dammar

*Klimatförändringarna innebär en risk för att det flöde som är dimensionerande för dammar av riskklass I ökar inom delar av landet, men stora osäkerheter finns. 100-årsflödet visar på kraftiga ökningarna framförallt i västra Götaland och västra Svealand, med ökade risker främst för dammar av riskklass II. Även i fjälltrakterna ökar 100-årsflödet med risken att detta kan fortplanta sig i hela vattendragen ner till mynningen. På många andra håll väntas dagens 100-årsflöden bli mindre vanliga.*

#### Ansvarsförhållanden

Enligt Miljöbalken har den underhållsansvarige, i regel ägaren, strikt ansvar för konsekvenserna av dammbrott med undantag av krigshandling eller liknande. För dammar klassade som anläggning med farlig verksamhet skall ägaren hålla skälig beredskap enligt lagen om skydd mot olyckor. Enligt förordningen om tillsyn enligt Miljöbalken har Svenska Kraftnät centralt ansvar för tillsynsvägledning inom dammsäkerhetsområdet och länsstyrelserna har operativt tillsynsansvar. Kommunen utövar tillsyn vid dammar klassade som farlig verksamhet enligt lagen om skydd mot olyckor. Räddningsverket har det centrala tillsynsansvaret enligt samma lag.

## Systembeskrivning och klassificering av dammar

I Sverige finns cirka 10 000 dammar av varierande storlek, typ och ålder spridda över landet. Merparten av de ur säkerhetssynpunkt intressantaste ligger i Norrland. De flesta är byggda innan 1980-talet och är kraftverksdammar. Någon större nybyggnation förväntas inte ske inom överskådlig tid. Livslängden är lång och löper under de tidsperspektiv utredningen omfattar. Några dammar används av gruvnäringen för att ta hand om gruvavfall och nya gruvdammar byggs för deponering av avfall. Om gruvdammar används med vattentäckning av gruvavfall som efterbehandlingsmetod är den planerade livslängden i princip för all framtid. Det förekommer dammar som saknar underhållsansvarig, exempelvis dammar för nedlagda flottleder där ansvaret för underhållet inte reglerats.

Konsekvenser vid ett dammbrott beror på många faktorer som flödessituation, magasinsstorlek, dammhöjd, dammtyp och nedströmsförhållanden. För styrning av dammsäkerhetsarbetet tillämpas inom kraft- och gruvindustrin olika klassificeringssystem. Dammarna indelas i konsekvensklasser med hänsyn till de konsekvenser som kan bli följden av ett dammbrott, oavsett vad som orsakar dammbrottet. Cirka 200 kraftverksdammar och några gruvdammar tillhör de högsta konsekvensklasserna 1A och 1B. Dammbrott vid dessa anläggningar kan ge mycket stora konsekvenser för liv, infrastruktur och miljön. (Svensk Energi, 2002; SveMin, 2007)

Dammarna klassificeras också enligt Flödeskommitténs riktlinjer i riskklasser<sup>2</sup> för att avgöra vilket dimensionerande flöde dammarna ska kunna hantera (Flödeskommittén, 1990). Arbetet pågår med en nyutgåva av riktlinjerna och som beräknas komma ut under hösten 2007. Det är främst denna klassificering i riskklasser som är intressant för utredningens syfte. Rekommendationen är att dammar i riskklass I ska kunna hantera en mycket extrem flödessekvens utan allvarlig skada på dammen, bestämt genom hydrologisk modellering, ett dimensionerande flöde. Riskklass II-dammar rekommenderas vid dämningens gränser kunna släppa fram ett tillrinnande flöde med återkomsttid av minst 100 år, vilket även gäller för dammar i riskklass I. Nya dammar av riskklass II ska enligt nyutgåvan också anpassas till ett flöde som bestäms genom

---

<sup>2</sup> Begreppet "riskklass" som används i Flödeskommitténs riktlinjer (Flödeskommittén, 1990) ersätts med "flödesdimensioneringsklass" i den nyutgåva av riktlinjerna som beräknas komma ut under år 2007. I vårt betänkande använder vi det i dag gällande begreppet riskklass.



kostnads/nyttoanalys, vilket också ska gälla för befintliga dammar. Se tabell 4.9 om klassificering.

**Tabell 4.9 Klassificering enligt Flödeskommitténs riktlinjer**

Riskklass	Typ av risk vid dammbrott
I	Icke försumbar risk för människoliv eller annan personskada; beaktansvärd risk för allvarlig skada på viktig trafikled, dammbyggnad eller därmed jämförlig anläggning eller på betydande miljövärde; uppenbar risk för stor ekonomisk skadegörelse.
II	Icke försumbar risk för skada på trafikled, dammbyggnad eller därmed jämförlig anläggning, miljövärde eller annan än dammägaren tillhörig egendom i andra fall än som angetts vid riskklass I.

*Källa:* Flödeskommittén (1990); Bilaga B 9.

Dimensionerande flöden har beräknats för dammarna i de större vattendragen utifrån dagens klimat. Cirka 120 anläggningar ägda av Svensk Energis medlemsföretag har av dammägarna klassats som tillhöriga riskklass I.

Svensk Energi och Svenska Kraftnät har under senare år upprättat ett system för klassificering av dammsäkerhetsanmärkingar, så kallade standardiserade bedömningsklasser. Systemet är avsett att användas i dammägarnas egenkontrollarbete och för rapportering till myndigheter av eventuella svagheter. Bedömningsklasserna syftar till att, i en femgradig skala, värdera hur allvarlig en identifierad svaghet är för den aktuella dammens säkerhet.

### Känsliga klimatfaktorer och konsekvenser av inträffade extremhändelser

Extrema flöden är den klart viktigaste klimatfaktorn för kraftverksdammar. Otillräcklig avbördningskapacitet kan leda till överströmning, vilket särskilt fyllningsdammar är känsliga för. Vind, tjäle och is är andra faktorer av betydelse, men de är inte av samma vikt. Gruvdammar är känsliga för långvarig torka.

Två dammar högre än 15 meter, gruvdammen vid Aitik samt Noppikoskidammen, har havererat under åren. Noppikoskidammen rasade genom överströmning av dammkrönet. Inga personsador inträffade. Vid de höga flödena i Norrland 2000 raserades några mindre dammar. Vid stormen Gudrun löste en del

vattenkraftstationer ut på grund av skador på transmissionnät och problem uppstod med kommunikation mellan kraftstationer, fältpersonal och driftcentral. Dammarnas katastrofskydd fungerade dock och inga dammbrott inträffade.

### Pågående anpassningsarbete utifrån dagens klimat

Enligt Svenska Kraftnäts avrapportering till regeringen år 2007 har 14 län under 2006 lämnat årsrapport om dammsäkerhet till Svenska Kraftnät. Dammägarna har rapporterat ett 40-tal identifierade svagheter fördelade på ett 30-tal anläggningar. Liksom under 2005 utgjorde de flesta svagheter problem kopplade till avbördningsanordningar. (Svenska Kraftnät, 2007)

I den så kallade Flödeskonferensen, ett samarbete mellan Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SMHI, sker en uppföljning av det pågående arbetet med att anpassa dammarna av riskklass I för att kunna hantera extrema flöden enligt Flödeskommitténs riktlinjer. I mars 2006 hade åtgärder genomförts eller påbörjats vid cirka 60 procent av de anläggningar där riktlinjerna lett till ett konstaterat åtgärdsbehov, vilket utgjorde cirka två tredjedelar av de 120 riskklass I-anläggningarna. Anpassningen sker till beräknade extrema flöden i dagens klimat. En uppföljning av högsta observerade flöde i förhållande till dimensionerande görs årligen för några platser. Dessa bedöms inte ha visat på någon ökning av flödet. Kostnaderna för denna anpassning till Flödeskommitténs riktlinjer uppskattas till totalt 2 miljarder kronor. (Svenska Kraftnät, 2007; Bilaga B 9)

För att ytterligare utveckla dammsäkerhetsarbetet och utreda möjligheterna att tillgodose såväl dammägarnas som samhällets behov av särskild granskning av dammsäkerhet av dammar med mycket stora konsekvenser vid dammbrott, beslutade Svenska Kraftnät och Svensk Energi år 2005 att gemensamt genomföra ett pilotprojekt, en internationell granskning av Trängslet. Efter pilotprojektet beslutades om en utökad försöks- och utvecklingsperiod till och med år 2008 där ytterligare fem dammar skulle granskas av internationell expertis. Den modell som valts efter diskussion mellan branschen, Svenska Kraftnät och länsstyrelser är, liksom för Trängslet, att den internationella granskningen är en del av ägarnas egenkontroll med egen finansiering. Tillsynsmyndigheterna ges möjlighet till insyn och påverkan. I granskningen ingår Höljes-

dammen, Suorva, Håckren, Ajaure och Hällbydammen. Av dessa har Höljesdammen nu också granskats.

De utländska expertgranskarna har lämnat kritiska synpunkter vid de två granskade dammarna. Angående Trängslet ansågs att tidigare utvärderingar av säkerhetsaspekterna varit otillräckliga. Bristerna ansågs vara allvarigare än vad som framgår av klassificeringen av anmärkningarna. Av granskningen av Höljesdammen i maj 2007 framgår bland annat att de säkerhetsstudier som tidigare genomförts visade betydande brister i fråga om såväl djup som omfattning. Experterna drog också slutsatsen att dammbrott på grund av yttre erosion i fyllningsdammen kan ske under avbördning av flöden med betydligt kortare återkomsttid än det dimensionerande flödet. Övervakningen av dammen ansågs för närvarande inte heller skötas på lämpligt sätt. (Riksrevisionen, 2007)

Utveckling pågår av att samordna beredskapen avseende dammbrott i de stora kraftverksälvarna. För Ljusnan har ett gemensamt planeringsunderlag för berörda aktörer med bland annat larmplan och informationsbroschyr tagits fram. Motsvarande arbete har påbörjats i Luleälven, Ljungan, Dalälven och Göta älv.

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser**

Dimensionerande flöde har beräknats för sex områden med beaktande av förändringar i klimatet. Beräkningarna är gjorda för fyra klimatscenarier och tidsperioden 2071-2100 (Andréasson et al, 2006). För hela den reglerade Umeälven, ovanför sammanflödet med den oreglerade Vindelälven, har för ett förändrat klimat dimensionerande flöden och ackumulerade 100-årsflöden beräknats. Vid beräkningarna har använts tappningsstrategier som är anpassade till ett framtida klimat. (Andréasson, 2007; bilaga B 10). I stort visar klimatscenarierna på ökad nederbörd, medan det för vårfloden dimensionerande snötäcket minskar. Beroende på hur faktorerna samspelar visar scenarierna på både ökning och minskningar i det dimensionerande flödet, se figur 4.17. Enligt *Klimatet och dammsäkerheten i Sverige*, bilaga B 9, uppges det vara svårt att dra generella slutsatser om hur de dimensionerande flödena kommer att påverkas av en klimatförändring. Det framgår dock att klimatfrågan tillför en extra osäkerhet som motiverar fortsatta studier av effekterna på dimensionerande flöden och

ökade säkerhetsmarginaler vid dimensioneringsarbete (Svenska Kraftnät, 2007).

En översyn pågår för närvarande av Flödeskommitténs riktlinjer. En nyutgåva kommer att komma ut under hösten 2007. Metoderna i riktlinjerna uppges av Svenska Kraftnät inte revideras i denna utgåva med hänsyn till klimatförändringar, däremot kommer deras tillämpning i ett föränderligt klimat att behandlas (bilaga B 9).

**Figur 4.17** Procentuell förändring i dimensionerande flöde 2071–2100 i förhållande till 1961–1990 (RCAO-EA2, RCAO-EB2, RCAO-HA2, RCAO-HB2).

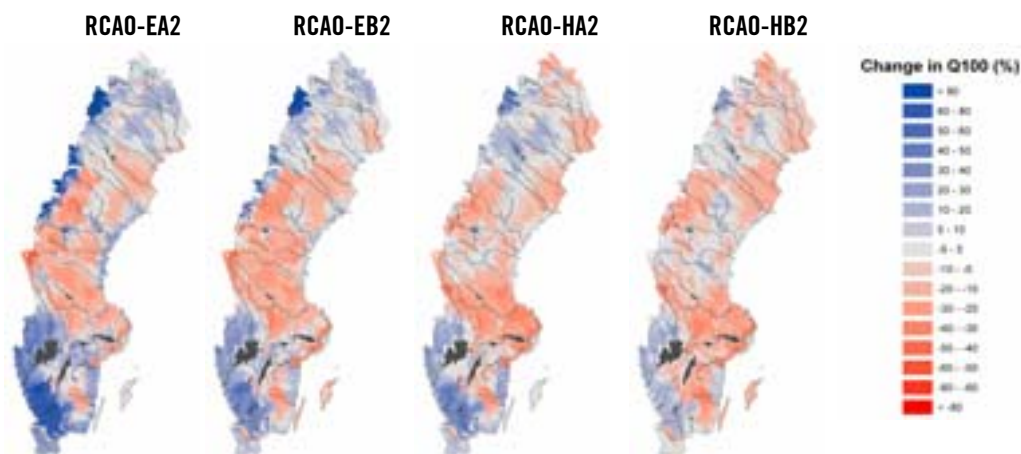


*Källa:* Andréasson et al, 2007.

Beräkningar av framtida lokala 100-årsflöden visar på öknings framförallt i västra Götaland och västra Svealand, men även i fjällen och nordöstra Götaland, figur 4.18 (Carlsson et al, 2006). På många håll i landet väntas dagens 100-årsflöden bli mindre vanliga på grund av en mindre vårflood, men även på grund av ökad avdunstning. Det finns en risk att ökningen av dagens 100-årsflöden i fjällen i framtiden kan fortplanta sig i hela vattendragen ner till mynningen. Situationen behöver alltså inte vara lika problemfri

som kartorna över det lokala 100-årsflödet kan ge sken av (bilaga B 14). För Umeälven visar de ackumulerade 100-årsflödena på öknings från 0 till 34 procent, samt att de högsta värdena framförallt infaller under hösten i stället för som nu under våren (Andréasson et al, 2007; bilaga B 10). Vi bedömer att risken för dammbrott vid mindre dammar och invallningar kan komma att öka.

**Figur 4.18** Procentuell förändring i lokala 100-årsflöden (2071–2100 relativt 1961–1990). Resultatet visas för 4 olika klimatscenarier

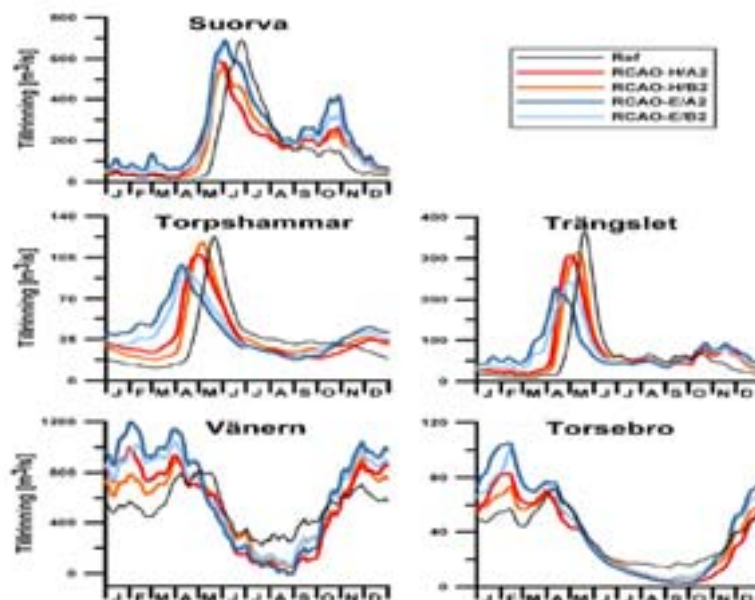


Källa: Carlsson et al, 2006.

Scenarierna visar på en förändrad tillrinningscykel med högre tillrinning under de kalla månaderna och mindre under de varma, samt på en tidigare vårflod. Detta kan innebära problem bland annat för fyllnadsperioder som pågår från vårflod till höst. Ökad avrinning, och då särskilt vid hög fyllnadsgrad i magasinerna, kan leda till ökade översvämningsproblem för bland annat bebyggelse, då vattendraget uppträder som oreglerat. Detta kan leda till förväntningar på flödesdämpning vilket de svenska vattenkraftdammarna inte är konstruerade för. Dämpning kan öka riskerna för dammen genom att magasinens dämpande kapacitet eventuellt utnyttjas innan tillflödet kulminerat. Flödesdämpning ställer stora krav på bl.a. marginaler och kunskap, på vattendragets hydrologi och dammars förmåga att motstå och släppa fram höga flöden, för att bli effektiv och säker. Nedanstående kurvor i figur 4.19 visar på

förändringar i medeltillrinningen över året i fyra framtidsscenarioer jämfört med dagens klimat.

Figur 4.19 Tillrinningens säsongsdynamik, 30-årsmedelvärden för perioden 2071–2100, referensperiod 1961–1990. Tillrinningsområden, se figur 4.17 (RCAO-EA2, RCAO-EB2, RCAO-HA2, RCAO-HB2).



Källa: Andréasson et al, 2006.

Kraftig vind kan påverka dammar. Förändringen i extrema vindar bedöms enligt bilaga B 9 inte vara av den storleksordningen att den leder till ökade problem för dammar. I ett varmare klimat torde generellt sett inte heller problem med is och tjäle öka. Däremot kan tillgängligheten till dammarna försvåras i samband med t.ex. kraftig nederbörd med konsekvenser för vägar.

Den största risken vid äldre eller pågående gruvverksamhet uppstår vid dammbrott i sandmagasin eller andra olyckor som påverkar gruvavfall. Längre perioder med torra skulle kunna frilägga avfall och öka utlakningen av metallföroreningar, se vidare avsnitt 4.3.6. Gruvdammar för deponering av gruvavfall under drift byggs ofta på i etapper och utskov flyttas eller byggs om i samband med detta. Gruvdammars konstruktion anses, enligt bilaga B 9, vara tillräckligt robusta att motstå stora förändringar i klimatet, då deras

livslängd är stor. Problem väntas inte uppkomma under de tidsperspektiv utredningen behandlar. Bedömningen är att konstruktionerna successivt kan anpassas till nya förhållanden.

### **Riksrevisionens granskning av dammsäkerheten vid vattenkraftdammar**

Riksrevisionen har granskat de statliga insatserna för dammsäkerhet av kraftverksdammar (Riksrevisionen, 2007). Rapporten lämnades i maj 2007 till regeringen. Riksrevisionens slutsats är att det, trots att staten vidtagit åtgärder som stärkt och förtydligat statens ansvar för dammsäkerhet, förekommer problem och brister i arbetet. Riksrevisionen har bland annat berört följande:

- statens styrning av dammägarnas egenkontroll avseende den bristande möjligheten till författningsmässig reglering. Riksrevisionen anser att detta försvårar de statliga myndigheternas möjlighet att anpassa och utveckla kraven på egenkontroll till ändrade förutsättningar. Ett exempel som nämns är Flödeskommitténs riktlinjer, som inte är juridiskt bindande.
- de ändrade förutsättningar ett förändrat klimat kan innebära för dammsäkerheten. Man konstaterar att den pågående anpassningen till kraven i Flödeskommitténs riktlinjer avser extrema flöden i dagens klimat, utan direkt koppling till frågan om klimatförändringar.
- länsstyrelsernas tillsyn. Denna bedöms vara begränsad till att omfatta granskning av dammägarnas årliga rapport till länsstyrelsen. Man konstaterar att tillsynen inte har identifierat väsentliga brister som de två hittills genomförda internationella granskningarna redovisat.
- Svenska Kraftnäts rapportering till regeringen av utvecklingen av dammsäkerheten. Man uppger att det saknas redovisning av på vilket sätt tillsynen och tillsynsvägledningen borde förändras, utifrån att nämnda brister inte upptäckts.
- ansvaret för genomförandet av de internationella granskningarna inom dammägarnas egenkontroll. Man ifrågasätter myndigheternas möjlighet till insyn. Man anser även att Svenska Kraftnäts bedömningar av vilka dammar som ska granskas behöver tydliggöras.

Riksrevisionen anser att det finns behov av att förbättra och utveckla statens insatser för dammsäkerhet och rekommenderar regeringen att ta initiativ till en översyn av dessa. En sådan översyn skulle pröva om nuvarande system, som i hög grad vilar på att dammägarna själva anger nivån på och omfattningen av dammsäkerhetsarbetet, svarar mot de krav på säkerhet som samhället ställer idag. Översynen föreslås pröva en tydligare reglering av dammägarnas egenkontroll, liksom tillsynsvägledningens och tillsynens omfattning, organisation och krav på kompetens samt finansieringen av tillsynen. Det anses värdefullt att jämföra med vad staten gör på andra områden med risker för stora konsekvenser av brister i säkerhet, t.ex. statens insatser för säkerhet vid kärnkraftverk, eller vad staten gör i andra länder inom dammsäkerhetsområdet.

Riksrevisionen rekommenderar tillsynsmyndigheterna att ta ställning till om det finns skäl att tro att motsvarande brister i dammsäkerheten även förekommer vid andra dammar där dammbrott skulle få stora konsekvenser, än vid de som nu granskats av internationell expertis.

### **Anpassning utifrån ett förändrat klimat samt överväganden**

Vi anser, i likhet med Riksrevisionen, att en översyn behöver göras av dammsäkerhetsområdet. Översynen bör syna om det nuvarande systemet svarar mot de krav på säkerhet som samhället ställer idag. Översynen är angelägen utifrån dagens klimat och utifrån förändringar i klimatet. Vi bedömer att översynen bör pröva samhällets behov av att tydligare reglera dammägarnas egenkontroll, tillsynsvägledningens och tillsynens omfattning, liksom krav på kompetens och hur tillsynen ska finansieras. Vi anser vidare att det finns skäl att överväga ett tydligt uttalat centralt tillsynsansvar med föreskriftsrätt. Vid översynen bör också jämförelser göras med statens insatser för andra områden där konsekvenser av bristande säkerhet kan bli mycket allvarliga samt med hur andra länder hanterar området.

Det är angeläget att det pågående arbetet med att anpassa dammar till Flödeskommitténs riktlinjer fortskrider, vilket beskrivs i bilaga B 9. Framtida klimatförändringar och extrema väderhändelser bör ingå som en förutsättning. Anpassningen bör gälla dammar av riskklass I och II.



Det är viktigt att utvecklingen av höga flöden och risker i de reglerade vattendragen analyseras med avseende på ett förändrat klimat, vilket innebär beräkningar av bland annat de dimensionerande flödena. Detta kräver metodutveckling, eftersom beräkningsteknik som tar hänsyn till framtida regleringsstrategier för närvarande saknas. Svenska Kraftnät bör, i samverkan med SMHI, få ansvar för att detta genomförs. Svenska Kraftnät bör också få i uppdrag att utveckla lämpliga metoder för kartläggning av sårbarheten hos dammar av riskklass I och II med avseende på ett förändrat klimat, samt genomföra en sådan kartläggning.

Vissa klimatscenarier visar på ökning av dimensionerande flöden, medan andra tyder på minskningar. Skillnaderna är också betydande inom landet. Vi anser att det är angeläget att diskussionerna mellan SMHI, Svenska Kraftnät, länsstyrelserna och kraftbranschen fördjupas kring hur metodiken och resultaten av flödesberäkningarna ska hanteras, exempelvis spännvidden i resultaten. Det är också angeläget att uppföljning och jämförelser görs mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden.

Enligt klimatscenarierna ändras karaktären på tillrinningsdynamiken på sikt. Även elbehoven kan komma att förändras över året. Detta kan innebära att vattenkraftsystemet kan behöva drivas på annat sätt än idag. Det är angeläget att studera om och hur detta kan påverka dammsäkerheten och även risken för översvämningar. Möjligheten att med hjälp av vattenmagasin minimera översvämningar bör också belysas. Svenska Kraftnät bör i samarbete med kraftbranschen få ett sådant uppdrag.

I utredningen har främst vattenkraftdammar behandlats, medan gruvdammar och konsekvenser av dammbrott i dessa behandlats mer översiktligt. Vi anser att det är angeläget att även dessa analyseras mer ingående med avseende på ett långsiktigt förändrat klimat.

Det förekommer dammar som saknar underhållsansvarig. Vi anser att det är angeläget att inventera alla dammar inom länet och utreda ägarförhållandena. Ett sådant uppdrag bör lämnas till länsstyrelserna, se vidare avsnitt 5.4.

Det är angeläget att ämnet klimatförändringar och dess effekter beaktas i utbildningar som rör dammkonstruktioner och dammsäkerhet liksom i den hydrologiska utbildningen. Vidare är det viktigt med insatser för att förmedla kunskap om klimatförändringar till ansvariga dammägare. Vi förespråkar att Svensk Energi

arbetar med att stödja branschen genom att ta fram underlag samt sprida kunskap inom branschen om hur klimatförändringar kommer att kunna påverka dammsäkerheten.

Ett förändrat klimat kan komma att innebära kraftigare och mer frekventa starka vindar med åtföljande risk för elavbrott. Vi anser att respektive dammägare bör ha nödvändig reservkraft för att upprätthålla dammens säkerhet.

Dammanläggningar är ofta ensligt belägna. Dammägare bör tillse att det finns nödvändiga avtal mellan markägare och ägare av tillfartsvägar som reglerar framkomligheten på vägar till anläggningarna.

Kostnaderna för anpassning har, enligt bilaga B 9, bedömts kunna bli av samma storleksordning som den anpassning som nu pågår, med andra ord cirka 2 miljarder kronor.

### Forskning och utveckling

Vi anser att det finns behov av att i första hand fördjupa flödesanalyser inom de områden där en kraftig ökning av avrinningen kan väntas. Kraftindustrin och Svenska Kraftnät har av SMHI via Elforsk beställt en fortsättning på känslighetsanalysen av hur dimensionerande flöden påverkas av ett förändrat klimat. Projektet pågår mellan 2007 och 2010. SMHI kommer också att utföra analyser för samtliga platser med tillgång till flödesmätningar och dimensioneringsberäkningar samt utveckling av metodiken.

Det är av vikt att hög kompetens upprätthålls inom landet, hos såväl dammägare som hos övriga aktörer. Svenskt Vattenkraftcentrum bildades 2005 som ett led i denna satsning.

### Förslag

- En översyn bör göras av dammsäkerhetsområdet om det nuvarande systemet svarar mot de krav på säkerhet som samhället ställer idag. Översynen bör pröva samhällets behov av att tydligare reglera dammägarnas egenkontroll, tillsynsvägledningens och tillsynens omfattning liksom krav på kompetens och hur tillsynen ska finansieras. Översynen är angelägen utifrån dagens klimat och utifrån förändringar i klimatet.

- I instruktionen till Svenska Kraftnät ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Svenska Kraftnät bör få i uppdrag att utveckla metoder för kartläggning av sårbarheten hos dammar av riskklass I och II med avseende på klimatförändringar, samt att genomföra en sådan kartläggning.
- Svenska Kraftnät bör, i samarbete med SMHI, få i uppdrag att utveckla metoder för samt beräkna flöden av betydelse för dammar av riskklass I och II i ett förändrat klimat.
- Svenska Kraftnät bör, i samarbete med kraftbranschen, få i uppdrag att analysera hur förändrade tillrinningsförhållanden på grund av klimatförändringar och drift av vattenkraftsystem kan påverka dammsäkerheten samt risken för översvämningar.
- Svenska Kraftnät bör få i uppdrag att i samarbete med gruvindustrin genomföra en analys av gruvdammar med avseende på långsiktiga klimatförändringar.

Angående inventering av dammar avseende ägarförhållanden, se avsnitt 5.4 om vattendomar.

#### 4.2.3 Värme- och kylbehov

*Klimatförändringarna kommer kraftigt att påverka värme- och kylbehoven. Värmebehovet kommer att minska kraftigt till följd av temperaturhöjningen medan kylbehovet kommer att öka. Det minskade värmebehovet kommer att innebära stora kostnadsbesparingar i form av minskad energianvändning.*

I detta avsnitt behandlas hur värme- och kylbehoven i bostäder och lokaler kan komma att förändras i ett förändrat klimat. Vi har inte behandlat fritidshus som inte är permanentbebodda eftersom de står för en liten del av energianvändningen samtidigt som bra statistik saknas. Industrielokaler berörs vi endast översiktligt eftersom statistik över energiåtgången för uppvärmning saknas, se bilaga B 11.

## Dagens värme och kylbehov

Behovet av värme och kyla är beroende både av klimatrelaterade och icke klimatrelaterade faktorer. Vid en bedömning av framtida energianvändning för värme och kyla är det således av stor vikt att bedöma tänkbar utveckling i relation till både de klimatrelaterade och de icke klimatrelaterade faktorerna.

Klimatfaktorer av betydelse för värme- och kylbehovet är i huvudsak temperatur och solinstrålning, men även molnighet och vind påverkar.

Exempel på icke klimatrelaterade faktorer som påverkar värme- och kylbehov är byggnadens beskaffenhet, dvs. isolering, fönstertyp, fönsterplacering och fönsterytor, ventilation, uppvärmningssystem, kylsystem, solavskärmning m.m. Andra påverkansfaktorer är vad byggnaden används till, hur många personer som vistas i byggnaden, och i vilken utsträckning värmealstrande apparater används.

Fastighetsbeståndet i dag och energianvändning för uppvärmning av småhus, flerbostadshus och lokaler, exklusive industri-lokaler, framgår av tabell 4.10.

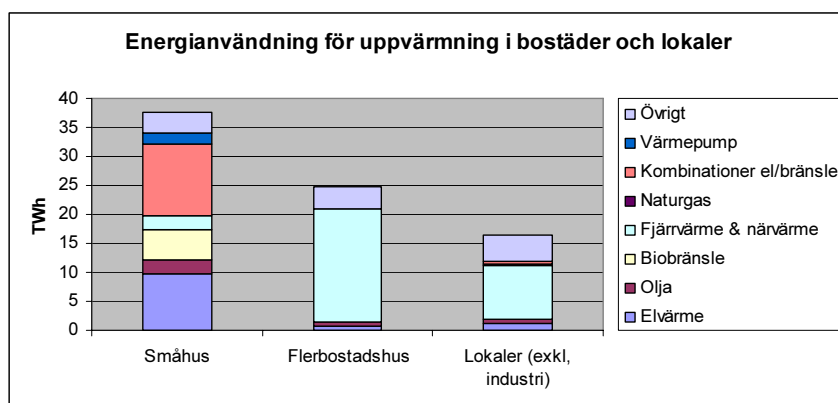
**Tabell 4.10 Fastighetsbeståndet i Sverige (2005) och dess energianvändning för uppvärmning**

Fastighetstyp	Yta, miljoner m <sup>2</sup>	Energianvändning för uppvärmning, TWh	Anmärkning
Fritidshus, icke permanentbebodda	40	3,2	Mycket grov uppskattning av ytan, total energianvändning
Småhus inkl. permanentbebodda fritidshus	260	37,5	
Flerbostadshus	165	24,8	
Lokaler exkl. industrilokaler	144	16,4	
Industrilokaler	88	?	Yta avser uppvärmd yta

*Källa:* Bilaga B 11.

Figur 4.20 visar vilka energislag som används för uppvärmning av olika fastighetstyper. El eller kombinationer av el/bränsle dominerar för småhus, medan fjärrvärme dominerar för flerbostadshus och lokaler.

Figur 4.20 Energianvändning för uppvärmning i bostäder och lokaler



Källa: SCB, 2006; SCB, 2006b; SCB, 2006c.

Tillförlitlig statistik vad gäller användningen av energi för kylbehov saknas i dag (bilaga B 11; IVL, 2007). Kylning förekommer för närvarande i ett stort antal lokaler, men den exakta omfattningen är okänd. Enligt en utredning av Energimyndigheten, den s.k. STIL-utredningen (Energimyndigheten, 2006) hade 91 av 123 inventerade lokaler tillgång till kyla. För de lokaler som hade tillgång till kyla utgjorde elanvändning för kylning 12 procent av den totala elanvändningen. Det totala kylbehovet för lokaler baserat på dessa uppgifter är i dagsläget cirka 2,5 TWh.

Det är i dag endast få bostäder som har tillgång till kyla. I den mån kylning finns är det huvudsakligen luft/luftvärmepumpar som används som kylmaskiner under sommartid.

### Förändringar av klimatet som påverkar värme- och kylbehovet

De klimatfaktorer som är av störst betydelse för värme- och kylbehovet förväntas förändras enligt följande i ett framtida klimat.

Temperaturen ökar generellt enligt klimatscenerierna med upp till cirka 4 grader i genomsnitt över landet. Ökningen väntas bli störst vintertid i Norrland. Sommartid är ökningen störst i södra Sverige. Med ökad temperatur följer även minskat antal värme-

graddagar, HDD<sup>3</sup>, och ökat antal kylgraddagar, CDD<sup>4</sup>, se bilaga B 11.

Klimatscenerierna visar en minskning av solinstrålning sommartid i norra Sverige, men en ökning vintertid. I södra Sverige sker en ökning av solinstrålning sommartid och en minskning vintertid.

Klimatscenerierna är mer osäkra och svårbedömda avseende de övriga klimatfaktorerna, molnighet och vind, som kan påverka behovet av värme och kyla.

### Framtida uppvärmningsbehov

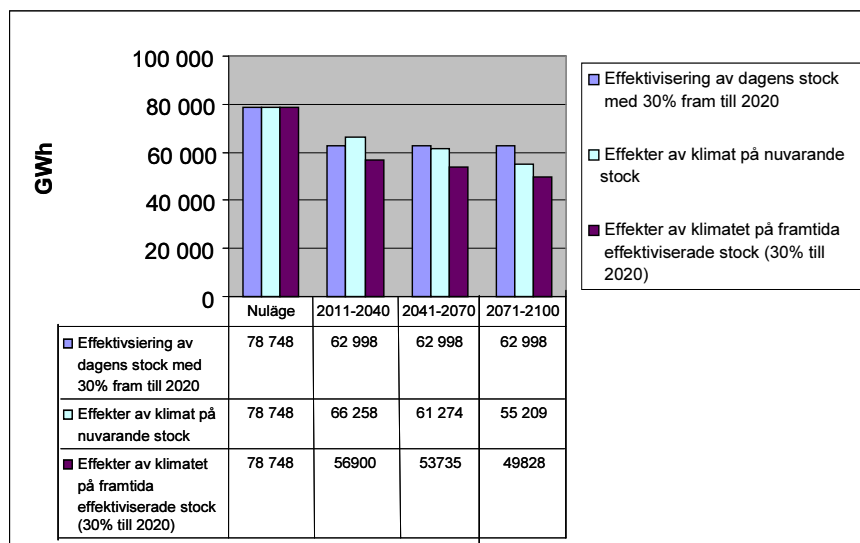
Analysen av det framtida värmebehovet för lokaler och bostadsuppvärmning utgår från dagens bebyggelsebestånd och baseras på klimatsceneriet RCA3-EA2. En känslighetsanalys med RCA3-EB2 har dock utförts. Beräkningarna av klimatförändringarnas påverkan på energibehovet för uppvärmning baseras på antagandet att det finns ett linjärt samband mellan antalet graddagar, HDD och energibehov, se bilaga B 11. Det förmodade antalet graddagar i ett framtida klimat har jämförts med referensperioden 1961–1990. Vidare inkluderar analysen en studie av effekten av att EU:s mål för energieffektivisering av bygg- och fastighetssektorn uppnås. Målet innebär att det finns en effektiviseringspotential för Sveriges bostads- och fastighetsbestånd på 30 procent till 2020 (EU-kommissionen, 2006c).

---

<sup>3</sup> Med HDD avses antal dagar som utomhustemperaturen understiger 17°C multiplicerat med antalet grader som understigandet uppgår till.

<sup>4</sup> Med CDD avses antal dagar som utomhustemperaturen överstiger 20°C multiplicerat med antal grader som överstigandet uppgår till.

Figur 4.21 Förändrat antal värmegraddagar samt energieffektiviserings betydelse för värmebehovet i befintligt bostadsbestånd 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100 (RCA3-EA2). Industrier och fritidshus ingår ej.



Källa: IVL, 2007

Figur 4.21 visar resultatet av beräkningarna. Med antagandet att effektiviseringar motsvarande EU-målet genomförs minskar energibehovet för uppvärmning med cirka 22 TWh (28 procent) fram till 2020-talet, cirka 25 TWh (32 procent) fram till 2050-talet samt cirka 29 TWh (37 procent) till 2080-talet.

Använder man klimatscenariot RCA3-EB2 blir skillnaderna försumbara jämfört med scenariot RCA3-EA2 till 2020- och 2050-talen, men bara 25 procent till 2080-talet.

Om man ser enbart till effekten av ett förändrat klimat utan att anta någon effektivisering så minskar ändå energianvändningen med cirka 12 TWh till 2020 talet, 17,5 TWh till 2050-talet och 23,5 TWh till 2080-talet i RCA3-EA2.

När det gäller behovet av uppvärmning vintertid kan solinstrålningen minska uppvärmningsbehovet i norra Sverige. I södra Sverige kan den minskade solinstrålningen vintertid innebära att det minskande uppvärmningsbehovet på grund av temperaturhöjningen, inte blir fullt så stor som beräknat.

Energibehovet minskar särskilt i lokaler och bostäder vilka i dagsläget till stor andel använder fjärrvärme.

### Förändringar av kylbehovet

Det är svårare att uppskatta hur klimatförändringar kommer att påverka kylbehovet. Analysen nedan bygger på uppgifter från EU-projektet Euroheatcool, där bl.a. kylbehovet för olika länder uppskattas utifrån utomhustemperaturen (Ecoheatcool, 2006). För de olika tidsperioderna har det förenklade antagandet gjorts att Sverige till 2020-talet får ett klimat motsvarande det man har i Tyskland/Sverige, till 2050-talet motsvarande det man har i Frankrike/Tyskland samt till 2080-talet det man har i Frankrike/ Spanien. Beräkningen utgår endast från dagens bostadsbestånd och ingen hänsyn tas till effektivisering.

Tabell 4.11 visar uppskattat framtida kylbehov.

**Tabell 4.11 Uppskattat kylbehov i bostäder och lokaler för 2020-talet, 2050-talet, 2080-talet räknat som elbehov i TWh**

<i>Kylbehov Sverige bostäder</i>	<i>Elbehov (TWh)</i>
2011–2040 (Klimat som i Tyskland/Sverige)	2,0
2041–2070 (Klimat som i Frankrike/Tyskland)	2,2
2071–2100 (Klimat som i Frankrike /Spanien)	2,8
<i>Kylbehov Sverige lokaler</i>	<i>Elbehov (TWh)</i>
Nuläge	2,0
2011–2040 (Klimat som i Tyskland/Sverige)	2,5
2041–2070 (Klimat som i Frankrike/Tyskland)	3,0
2071–2100 (Klimat som i Frankrike /Spanien)	7,7

*Källa: IVL, 2007.*

Enligt uppskattningarna kommer kylbehovet i bostäder och lokaler öka kraftigt fram till 2100. Om trenden med stora glasade ytor i bostäder fortsätter, är det troligt att kylbehovet ökar ytterligare.

Förändringarna av solstrålningen innebär att resultaten kan överskatta behovet av kylning i norra Sverige underskatta dem i södra Sverige. Eftersom huvuddelen av bebyggelsen är belägen i södra Sverige är sannolikt det totala kylbehovet något underskattat.



## Kostnadsuppskattningar

Våra kostnadsberäkningar bygger på ett elpris på 40 öre kWh samt ett fjärrvärmepris på cirka 45 öre kWh. Fjärrvärmepriset motsvarar medelvärdet på fjärrvärme de senaste 10 åren.

Med dessa förutsättningar minskar energikostnaderna för uppvärmning av det befintliga bostadsbeståndet kraftigt i ett förändrat klimat. Kostnaderna för kylning ökar däremot. Sammantaget förväntas energikostnaderna för värme- och kylbehov minska betydligt i ett framtida klimat. Eventuella effektiviseringar är inte medtagna i beräkningarna. På kort sikt, till 2020-talet, skulle kostnaderna minska med cirka 4,5 miljarder per år, på medellång sikt, till 2050-talet med cirka 6,4 miljarder kronor per år och på lång sikt, till 2080-talet med cirka 6,9 miljarder kronor per år jämfört med dagens kostnader, se tabell 4.12 (IVL, 2007; bilaga B 11; bilaga A 6).

**Tabell 4.12 Uppskattning av energikostnader (miljoner kronor per år) för uppvärmning, kylning och totalt för befintlig bebyggelse**

Tidsperiod	Kostnad för uppvärmning	Kostnad för kylning	Totala kostnader
Nuläge (2006)	33 780	991	34 771
2011–2040	28 426	1 791	30 217
2041–2070	26 284	2 077	28 361
2071–2100	23 686	4 216	27 902

Källa: IVL, 2007.

### 4.2.4 Fjärrvärme

*Ökad nederbörd med höjda grundvattennivåer ger ökad risk för markförskjutningar och översvämningar, företeelser som allvarligt kan skada fjärrvärmenäten. Då fjärrvärmesystemen successivt bedöms kunna anpassas till ett förändrat klimat bör de inte i någon större utsträckning påverkas av klimatförändringarna.*

## Produktion av fjärrvärme

Det finns i dagsläget ett trettiotal fjärrvärmesystem i Sverige, främst i de större och medelstora städerna. Fjärrvärmens utgör i dag till volymen den största uppvärmningsformen i Sverige. Fjärrvärmens har byggts upp sedan slutet av 1940-talet, till en början i kommunal regi. En del av fjärrvärmeföretagen har under senare år övergått i bolagsform med både privata och internationella ägare. Fjärrvärme produceras vanligen i värmeverk, där vattnet värms upp genom förbränning av bränsle, exempelvis grenar, toppar, ris och bark från skogen. Fjärrvärme produceras också genom att man tillvaratar spillvärme från industri eller avloppsnät.

## Dagens fjärrvärmesystem och sårbarheter idag

Värmen distribueras via fjärrvärmeledningar till bostäder, kontor, sjukhus, industrier etc. Fjärrvärmeledningsnäten har i dagsläget en längd på cirka 16 000 km. Förnysetakten är cirka 3 procent per år (cirka 50 km) till en kostnad av 250 miljoner kronor.

Fjärrvärmekulvertar är lagda i många olika typer av mark och geologiska förhållanden, från norr till söder. De första fjärrvärmeledningarna byggdes genom att rör av stål placerades i betongkulvertar. Äldre betongkulvertar är till del utsatta för vittring. Rören kan även rosta sönder och läcka om fogarna är otäta. Plaströrskulvert, isolerade stålrör med mantelrör av plast, ersatte successivt den äldre typen betongkulvert på 1970-talet och har i dag blivit standard. Även moderna standardiserade fjärrvärmerör har sin akilleshäla i form av att det varje år förekommer ett stort antal skador på skarvar.

Vissa städer har tunnelsystem med ledningar för fjärrvärme, VA, el och elektronisk kommunikation. Översvämmas ett sådant tunnelsystem kan det leda till avbrott i fjärrvärmedistributionen.

Drift- och underhåll av ledningsnät är avgörande för leverans kvalitet och livslängd. Olika övervakningsmetoder för fjärrvärmenäten finns och många företag har lokaliserat svaga ledningsavsnitt.

Markförskjutning, till följd av en förhöjd grundvattennivå eller dålig dränering, kan leda till att fjärrvärmerörens naturliga fixering försvinner med allvarliga mekaniska påfrestningar som följd. En markförskjutning kan vara direkt katastrofal för ledningarna och medföra stora kostnader.

De senaste 20 åren har det förekommit cirka 20 stora läckor, dvs. läckor som är så stora att själva produktionen hotas genom lågt systemtryck och brist på matarvatten. Drift-, distributions- och underhållssystem är starkt beroende av el, trafikerbara vägar samt kommunikationssystem. Fjärrvärmeledningar riskerar att frysa vid produktionsbortfall eller haverier vintertid.

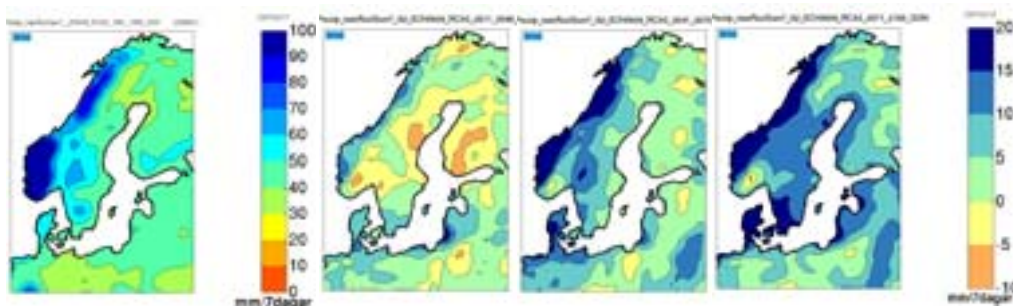
Fjärrvärmedistributionen är framförallt känslig mot kraftiga nederbörds mängder, översvämningar samt höga grundvattennivåer.

### Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser

Fjärrvärmeanalysen *Fjärrvärme* bygger på klimatscenariot RCA3-EA2, se bilaga B 12.

Klimatförändringarna medför ökad nederbörd i hela landet. Fjärrvärmeledningar som ligger torrt och i väl-dränerad mark har betydligt längre livslängd än ledningar i blötare mark. Risken för markförskjutning ökar till följd av den ökade nederbörden. En högre grundvattennivå och en ökad mängd nederbörd medför att dräneringssystemen behöver förbättras. Figur 4.22 visar förändring i maximal nederbörd under sju dygn i följd.

**Figur 4.22** Förändring i maximal nederbörd under sju dygn i följd dec-feb för tidsperioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Klimatförändringar innebär på många håll också ökad risk för översvämningar, vilket kan leda till allvarliga konsekvenser för fjärrvärmeledningar placerade i tunnlar som ligger nära vattendrag,

t.ex. Slussen i Stockholm. Översvämning av produktionsanläggningar kan orsaka haveri och värmebortfall. En total nedkylning av näten resulterar i kontraktion av ledningarna, vilket svaga komponenter eventuellt inte klarar, med i värsta fall rörbrott som konsekvens. Risk finns också att fjärrvärmedistribution kan av risk ras, skred och översvämningar.

Med ökade mängder regn och vatten sätts främst de äldsta kulvertarna på prov. Dessa har ofta de största dimensionerna och ligger närmast produktionsanläggningarna, varför konsekvenserna av haverier där blir ojämförbart störst. Enligt bilaga B 12 bedöms cirka 270 km kulvert ligga i särskilt utsatta lägen. Även de fasta och flexibla fjärrvärmerören, byggda fram till slutet på 1970-talet, kan få ökade problem ökad nederbörd när skarvarna blir gamla.

Fjärrvärmeproduktionen är beroende av tillgång till bränsle, vilket i sin tur kräver att logistiken fungerar, exempelvis vägar, vattenvägar, lastning och lossning. Ett förändrat klimat med påverkan på logistik, t.ex. störningar av vägtransporter till följd av storm eller översvämningar, kan indirekt allvarligt påverka fjärrvärmesektorn. Fjärrvärmeproduktionen påverkas även indirekt ifall bränslelager blir översvämmade.

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Svensk Fjärrvärmes *Läggningsanvisningar* utgör byggnadsnorm för nya fjärrvärmesystem. Läggningsanvisningarna uppdateras kontinuerligt. Genom att sätta fokus på klimatförändringar i nästa utgåva av Läggningsanvisningarna bedömer Svensk Fjärrvärme att det framgent kommer att kunna byggas fjärrvärme- och fjärrkylsystem som är anpassade till ett förändrat klimat. Vi rekommenderar att Svensk Fjärrvärme i samband med nästa uppdatering av Läggningsanvisningarna tar klimatförändringar i beaktande. Vi menar vidare att det är angeläget att Svensk Fjärrvärme fortsätter arbetet med att sprida kunskap inom branschen om hur klimatförändringar kommer att kunna påverka fjärrvärmesystemen.

Svensk Fjärrvärme menar att det till stor del är möjligt att anpassa fjärrvärmesystemen successivt i takt med klimatförändringarna. År 2020 bedöms hälften av de äldsta systemen vara förnyade och år 2050 kommer sannolikt alla betongkulvertar att vara borta.

Vi anser att det är viktigt att Svensk Fjärrvärme identifierar vilka fjärrvärmesträckningar som är särskilt känsliga för klimatförändringar. Förnysetakten av fjärrvärmenäten bör öka i dessa särskilt känsliga områden och även av de äldsta systemen där konsekvenserna av haverier kan bli stora.

En förnyelse av de sårbara kulvertlängderna (270 km) uppskattas enligt bilaga B 12 kosta 1 350 miljoner kronor. Drift- och underhållskostnaderna kommer även att öka.

#### 4.2.5 Dricksvattenförsörjning

*Konsekvenserna för dricksvattenförsörjningen blir avsevärda. Kvaliteten på råvattnet i vattentäkterna kommer sannolikt att försämrats med ökade humushalter och ökad förorening av mikroorganismer. Riskerna för avbrott och förorening av dricksvattnet ökar med ökade risker för översvämningar, ras och skred.*

En stor del av underlaget till detta avsnitt kommer från rapporten *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat*, utarbetad av en arbetsgrupp inom utredningen, se bilaga B 13.

#### Systembeskrivning och sårbarhet i dag

Allmän vattenförsörjning är en förutsättning för att vi ska kunna leva och fungera i moderna samhällen. Kommunen är huvudman för gator och allmänna platser i huvuddelen av landets större tätorter liksom den är ansvarig för vatten och avlopp.

För cirka 150 år sedan började dagens VA-system att utvecklas på grund av ideliga vattenburna sjukdomsutbrott i svenska städer. Under en period dog fler människor i städerna än på landsbygden på grund av dessa vattenburna sjukdomar, huvudsakligen orsakade av bakterier. Först byggdes vattenverk, vatten och avloppsledningar och så småningom även avloppsreningsverk.

Sverige har varit gynnat ur vattenförsörjningssynpunkt. Det har varit relativt lätt att finna bra vattentäkter med tillräcklig kapacitet. Vattenförsörjning består av en *kedja* av funktioner från tillrinningsområdet, vattentakten, vattenverket samt ett distributionssystem med ledningsnät, tryckstegringsstationer och vattenreservoarer, se figur 4.23.

Figur 4.23 Dricksvattenförsörjning är en "kedja" från tillrinningsområdet fram till konsumenternas kranar



Källa: Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat, bilaga B 13.

Hälften av Sveriges kommunala vattenförsörjning kommer från ytvatten, dvs. från sjöar och rinnande vattendrag. Den andra hälften kommer från grundvatten, där ofta infiltration av ytvatten utgör en viktig del i nybildningen av grundvatten. En god kvalitet på råvattnet från dessa vattentäkter har gjort att reningstekniken i Sverige är relativt enkel. Cirka 8 miljoner av Sveriges invånare försörjs från en allmän vattentäkt medan cirka 1,2 miljoner har en enskild/privat vattenförsörjning, där grundvatten utgör den dominerande delen.

De flesta ytvattenverk i Sverige tillämpar en relativt enkel behandling/reningsteknik, som är anpassad för hygieniskt bra råvatten. Processen utgörs i regel av följande steg:

- a) Grovsilning alternativt mikrosilning av inkommande råvatten för avskiljning av grövre partiklar (fisk, zooplankton m.m.).
- b) Vid behov höjning av vattnets alkalinitet med hjälp av kalk/kolsyra.
- c) Kemisk fällning med ett järn- eller aluminiumsalt.
- d) Avskiljning av fällning genom sedimentering och filtrering.
- e) Reduktion av eventuella lukt- och smakstörande ämnen genom antingen adsorption på aktivt kol eller mikrobiologisk reduktion i s.k. långsamfilter.
- f) pH-justering för att minska vattnets korrosiva egenskaper.
- g) Desinfektion med klor, klordioxid eller UV-ljus.

Vattenverk som använder grundvatten som råvatten har ofta en enklare behandling än ytvattenverk.

Svenska vattenverk är konstruerade för att klara smittämnen i form av bakterier. I ytvattenverk är kemisk fällning och filtrering som avskiljningsbarriär samt klor som desinfektion vanligast. I grundvattenverk används ofta klor (ibland UV-ljus) som desinfektion eller som desinfektion i beredskap. Under senare år har den mikrobiologiska hotbilden börjat förändras både genom ökande kunskaper och faktiska förändringar.

En annan del av dagens hotbild är risken för att kemiska föroreningar av olika slag kan hamna i en vattentäkt. Vid exempelvis extrem nederbörd, skyfall eller översvämningar finns stor risk att föroreningar på olika sätt mobiliseras och sprids.

Sveriges VA-ledningsnät räcker cirka 160 000 km, motsvarande cirka 4 varv runt jorden och cirka hälften av detta är för distribution av dricksvatten. I samband med skyfall som orsakar ras och skred kan delar av distributionsnätet skadas. T.ex. försvann i ett samhälle utanför Sundsvall 100 meter av en dricksvattenledning i samband med höga flöden 2001.

Enskild (privat) vattenförsörjning fungerar på ett liknande sätt, men med ett mindre ledningsnät, ofta utan vattenbehandling och vanligtvis med en trycktank/hydrofor som reservoar/tryckutjämnare. Den vanligaste formen av enskild vattenförsörjning är bergborrade brunnar. Kontrollen av vattenkvaliteten i enskilda brunnar är betydligt sämre än för dricksvatten från större anläggningar. De flesta tar ett vattenprov när brunnen anläggs och därefter tas ofta inga nya prover för att följa upp vattenkvaliteten och dess variationer. Brunnens omgivning är avgörande för hur den klarar av extremväder och ett förändrat klimat utan att sina eller förorenas. Enskilda grundvattentäkter kan ofta ha en avsiktlig eller oavsiktlig avloppsinfiltration i närområdet, vilket innebär en förhöjd risk för mikrobiologisk förorening speciellt i samband med väder som skapar höga grundvattennivåer. Enskild vattenförsörjning i samband med jordbruk och boskapsskötsel kan också förorenas från gödselhantering.

I samband med de senaste årens översvämningar har flera svenska vattentäkter förorenats, bland annat mikrobiologiskt. Det har inneburit att på många ställen har konsumenter tvingats att koka vattnet. Den längsta kokningsperioden, som varade nästan fyra veckor, orsakades av översvämningar i Alvesta sommaren 2004. I södra Norrland sommaren 2000 och även hösten 2001

orsakade höga flöden och intensiva regn förutom kokningspåbud i flera vattentäkter också ras och skred på vattenledningsnäten. I Bergen i Norge hösten 2004 inträffade ett vattenburet sjukdomsutbrott orsakad av en klortålig parasit (*Giardia*). I händelsekedjan som lede fram till sjukdomsutbrottet ingår häftiga regn. Trots att utbrottet var begränsat till en mindre del av vattenförsörjningen uppstod samhällskostnader för cirka 46 miljoner norska kronor och än i dag har inte alla skadeståndsanspråk processats färdigt. Även under de kraftiga regnen i södra Sverige sommaren 2007 förorenades vattentäkter. I samband med stormen Gudrun blev flera mindre vattentäkter strömlösa och reservkraft krävdes för distribution av dricksvatten. Se även bilaga B 13.

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser**

Klimatscenerierna pekar på en ökad nederbörd och avrinning i hela landet, utom i södra delarna av landet sommartid. De sydöstra delarna kan t.o.m. få en minskad årsavrinning. Särskilt stor blir ökningen vintertid. Risken för stora översvämningar ökar markant i de västra delarna av Götaland och Svealand, liksom i delar av Norrland. Intensiteten i kraftiga regnskuror har ökat de senaste åren enligt SMHI:s statistik och kommer att fortsätta öka enligt scenerierna.

När klimatet förändras, ändras förutsättningarna för vattenförsörjning. Sverige kommer även fortsättningsvis att vara gynnat från vattenförsörjningssynpunkt. Vattentillgångarna kommer att öka på många håll, förutom i de sydöstra delarna av landet där tillgångarna minskar med viss risk för vattenbrist. För att kunna tillgodogöra oss den fördel ett modernt samhälle har av en fungerande vattenförsörjning, med hög kvalitet på dricksvattnet, måste vi dock hantera några hotbilder. Det gäller såväl dagens hotbilder, som kan förstärkas i ett förändrat klimat, som nya hotbilder eller nya förutsättningar.

Riskerna för vattenburen smitta genom encelliga parasiter (t.ex. amöbor) och virus kommer sannolikt att öka ännu mer på grund av successiva klimatförändringar med temperaturökningar och ökad risk för kraftig nederbörd. De klordoser som tillämpas i Sverige är i stort sett verkningslösa på parasiter och har måttlig effekt på virus. Avskiljningen via kemisk fällning/filtrering är då den enda



barriären i många ytvattenverk och den är inte fullständig. För grundvatten är avskiljningen av virus i marken starkt beroende av olika klimat- och grundvattenförhållanden, som snabbt kan förändras vid extremväder.

Det finns skäl att tro att risken för att kemiska föroreningar hamnar i vattentäkterna ökar på grund av klimatförändringar. I en enkät till svenska kommuner bedömer ansvariga för vattenförsörjning att risken för en allvarlig förorening i samband med översvämningar och/eller skyfall ökar för 86 procent av vattentäkterna, se bilaga B 13. Skydd av vattentäkter/dricksvattenförekomster blir således ännu viktigare i samband med klimatförändringar.

Dagens relativt enkla beredning av råvatten, yt- eller grundvatten, till dricksvatten räcker i många fall sannolikt inte till i ett förändrat klimat. Förutom de mikrobiologiska riskerna kommer många svenska vatten successivt att få en ändrad kemi/biologi, till exempel ökar humushalter och algbloomningar redan i dag i många vattentäkter. Med högre temperaturer och längre tider med isfria sjöar och vattendrag samt ökad avrinning på många håll kommer såväl övergödning som humushalter att öka, se avsnittet om sötvattenmiljön, 4.5.2.

Även distributionen av dricksvatten i ledningsnät kan på olika sätt få ökade påkänningar i ett klimat med större variationer, bl.a. genom en ökad risk för ras, skred och översvämningar. En höjning av havsnivån ökar risken för saltvatteninträngning för vattentäkter som ligger nära kusten.

Enskilda brunnar är ofta mer utsatta än gemensamma vattentäkter för klimatförändringar.

Skadekostnader för vattenförsörjningen och samhället i övrigt uppgår sannolikt till mångmiljardbelopp om åtgärder inte vidtas eller om de görs för sent.

### **Anpassningsåtgärder och kostnader**

Den arbetsgrupp inom utredningen som tagit fram underlag om dricksvattenförsörjning har pekat ut ett antal åtgärder som väsentliga för att trygga försörjningen av vatten med god kvalitet, se bilaga B 13. Följande åtgärder rekommenderas.

- Sårbarheter i de lokala förhållandena bör analyseras för varje vattenförsörjningssystem. Detta bör göras av kommunerna med

stöd av livsmedelsverket och länsstyrelserna som en fortsättning och permanentning av Livsmedelsverkets så kallade Starthjälp till kommunerna.

- Vattentäkter bör skyddas mot ökande risker för både kemiska och mikrobiologiska föroreningar. Det bör noggrannare utredas om kraven att inrätta bra vattenskyddsområden för viktiga kommunala vattentäkter bör skärpas. I de nationella miljömålen är ett delmål att alla vattentäkter som försörjer mer än 50 personer eller producerar mer än 10 m<sup>3</sup> per dygn ska ha vattenskyddsområde, men det finns inget absolut krav. En hänsynsfull fysisk planering i tillrinningsområden för vattentäkter är också en mycket viktig och grundläggande faktor för dricksvattnets säkerhet. Bland annat bör man ta hänsyn till utvecklingen inom jord- och skogsbruk, liksom jord- och skogsbruket bör ta hänsyn till dricksvattentäkter. Det finns skäl att förtydliga detta och även att ge möjlighet att klassa viktiga vattenförekomster som riksintressen.
- Där behov finns, bör den mikrobiologiska säkerheten vid beredning av dricksvatten i vattenverken ökas. En översyn av föreskrifter som behandlar mikrobiologiska krav i dricksvatten behövs, det gäller exempelvis mikrobiologiska barriärer i grundvatten och i vattenverk samt provtagnings- och övervakningsrutiner.
- Åtgärder bör vidtas för att klara de förändringar som uppstår i råvattnets kemiska/biologiska kvalitet och temperatur. Det finns ett stort behov av att förtydliga vad dagens regelverk innebär och formulera en vägledning för kontroll av råvattenkvaliteten i svenska vattentäkter. Viktigt är också att denna vägledning tydligt omfattar den mikrobiologiska råvattenkvaliteten.
- Åtgärder bör vidtas för att hantera en minskad vattentillgång i främst sydöstra Sverige. Vattenbesparande åtgärder kan bestå av att byta de delar av ledningsnät, ledningar, ventiler, m.m., som läcker. Tillfälligt kan också restriktioner för vattenanvändning meddelas, exempelvis bevattningsförbud. Sannolikt kommer dock detta inte att räcka. Att anlägga nya vattentäkter är ett alternativ liksom att bygga överföringsledningar från en annan vattentäkt.

- Distributionssystem som kan utsättas för större påfrestningar bör säkras. Exempel på åtgärder är dubblering av ledningar. Inom vissa områden ökar till exempel ras- och skredrisker med konsekvenser för vattenledningsnätet. Dubbla matningar ska ej lokaliseras i närheten av varandra.
- Beredskapen bör öka för att hantera störningar på grund av extremväder eller andra effekter av klimatförändringar som kan påverka vattentäkter, vattenverk och distributionsanläggningar. Beredskapsfrågor hanteras i samverkan mellan myndigheter sedan 2002 inom ramen för krishanteringssystemets samverkansområden. Krisberedskapsmyndigheten är den myndighet som håller samman verksamheten. För närvarande ingår cirka 30 centrala myndigheter i samarbetet, där också regional och lokal nivå är representerade. Det är viktigt att denna samverkan fördjupas på dricksvattenområdet på grund av de ökande risker som finns i samband med klimatförändringar.
- Det krävs utbildnings- och informationsinsatser om klimatförändringarnas betydelse för vattenförsörjningen. För kommunal vattenförsörjning finns ett informations- och utbildningsbehov för att kunna hantera möjliga och troliga förändringar/effekter av ett förändrat klimat. Det finns likaså ett stort utbildnings- och informationsbehov för ägare av privata/enskilda vattentäkter. Ansvariga myndigheter, branschorganisationer (framförallt Svenskt Vatten), med flera bör bidra med utbildning, informationsmaterial och rådgivning för att både öka medvetenheten och kunskaperna om pågående klimatförändring och behovet av anpassning.

Den samlade kostnaden för att successivt anpassa svensk vattenförsörjning till ökande risker och till nya förutsättningar på grund av klimatförändringar under perioden 2011 – 2100 uppgår i mycket grova drag till minst 5,5 miljarder kronor för kommunal vattenförsörjning, sannolikt mer. En stor del av dessa kostnader, 4,25 miljarder kronor, bedöms dessutom uppstå redan under perioden 2011–2100. För enskild vattenförsörjning bedöms anpassningskostnaderna uppgå till omkring 2 miljarder kronor. Se tabell 4.13. I bilaga B 13, beskrivs närmare hur dessa kostnader har tagits fram. De åtgärder som nämns kommer att kräva forsknings-, utrednings- och utvecklingsinsatser för att säkerställa ett bra resultat. Därtill kommer ökande driftskostnader och kostnader för

att vidta lokala åtgärder för att minska föroreningsrisker i skyddsområden för vattentäkter/vattenförekomster.

Sverige har i dag internationellt sett låga kostnader för dricks-vattenförsörjning. Även om kostsamma åtgärder kan kräva en märkbar ökning av vattenavgifterna för kommunal vattenförsörjning, kommer den reella kostnaden per brukare (en ökning med någon/några kronor per m<sup>3</sup>) ändå att vara låg i ett internationellt perspektiv. Som exempel kan nämnas att kostnaden 2006 var 5,5 kronor per m<sup>3</sup> i storstäderna i Sverige medan kostnaden i England och Wales var 9,5 kronor per m<sup>3</sup>, i Skottland och i Nederländerna 11,3 kronor per m<sup>3</sup> och i USA 8,4 kronor per m<sup>3</sup>. En rimlig bedömning är att kostnader i Sverige på grund av klimatförändringarna ökar med cirka 2 kronor per m<sup>3</sup>. Detta ger en ökad årskostnad på 2 miljarder kronor.

**Tabell 4.13 Sammanställning av uppskattade storleksordningar av kostnader för ökat investeringsbehov. Till dessa kostnader kommer ökande driftkostnader för exempelvis olika behandlingsutrustning i vattenverk.**

Åtgärd	2011–2040	2041–2070	2071–2100
Åtgärder för vattenbrist vid vattentäkter (minskad tillrinning)	500 miljoner	800 miljoner	700 miljoner
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av naturligt förekommande ämnen från grundvatten	50 miljoner	75 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av humusämnen från ytvatten.	400 miljoner	300 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av alger från ytvatten.	50 miljoner	50 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning/inaktivering av mikroorganismer i vattenverk. Åtgärderna motverkar de ökande riskerna för vattenburna sjukdoms-utbrott. Ytterligare förändringar av de mikrobiologiska riskerna längre fram är svåra att bedöma, men sannolikt ger lägre kostnader.	1300 miljoner	?	?
Behov av kylning av vatten i vattenverk (beror delvis av konsumenters acceptans av varmare dricksvatten och anpassning av riktlinjer).	---	?	?
Kostnader för framtagande av skyddsområden för vattentäkter.	250 miljoner	---	---
Kostnader för åtgärder som minskar de ökande föroreningsriskerna inom skyddsområden för vattentäkter (lokala förhållanden måste studeras).	?	?	?

Ökat behov av avskiljning av kemiska föroreningar i vattenverk (kostnaden är beroende av ämne och halt, vid inträffad förorening).	?	?	?
Ökat behov av redundans vid distribution av vatten samt andra förebyggande åtgärder och krisberedskap.	600 miljoner	?	?
Konsekvenser av stigande havsnivå (Göteborgs vattentäkt)	400 miljoner		
Kostnader för åtgärder inom enskild vattenförsörjning	750 miljoner	750 miljoner	500 miljoner
<b>Summa investeringskostnader i miljarder kr (i dagens värde)</b>	<b>Minst 4,25</b>	<b>Minst 1,9</b>	<b>Minst 1,2</b>

**Exempel på skadekostnader**

Kostnader för vattenburna sjukdomar	Samhällskostnaden för ett mikrobiellt vattenburet sjukdomsutbrott är från några miljoner till flera 100-tals miljoner kr per tillfälle, beroende av utbrottets omfattning och ortens storlek.
Kostnader för att ersätta en vattentäkt som förorenats så allvarligt att det inte går att sanera	Kostnaderna för att ersätta mindre vattentäkter är från några 10-tals miljoner kronor till mer än en miljard för större vattentäkter.
Kostnader vid ras och skred på viktiga huvudvattenledningar och utebliven vattenleverans i flera dygn.	En samhällskostnad på 10 – 50 miljoner per tillfälle (om reserv-ledningar saknas). Dessutom finns en ökad risk för inläckage av förorenat och smittat vatten i ett trycklöst ledningsnät.

Källa: Bilaga B 13.

## Överväganden

Vi bedömer att klimatförändringar och extrema väderhändelser kommer att ge problem för den framtida vattenförsörjningen. Riskerna för smittspridning och förorening av dricksvattentäkter är stora och åtgärder måste vidtas. Den ökade koncentrationen av humus i vattnet innebär också problem då temperatur och avrinning ökar. Vi anser att de åtgärder som rekommenderas ovan är väsentliga för att en god vattenförsörjning ska kunna upprätthållas i framtiden.

Ansvar för Sveriges vattenförsörjning är i dag delat mellan olika nationella, regionala och lokala myndigheter. Huvudansvaret för genomförandet av de rekommenderade åtgärderna ovan ligger på kommuner och/eller den entreprenör som fått i uppdrag att sköta dricksvattenförsörjningen. Branschorganisationer framför allt Svenskt Vatten har en viktig roll att spela i den omställning av dricksvattenförsörjningen som kommer att krävas framöver. Det är

viktigt att Svenskt Vatten kan ta ett stort ansvar för information och utbildning av medlemmarna.

Mot bakgrund av de förändringar i dricksvattenkvalitén som klimatförändringar kan innebära bör kontrollen förstärkas. Vi anser att Livsmedelsverket bör se över kontrollen av dricksvattenkvalitén längs hela framställningskedjan.

De enskilda brunnarna har inte samma reningsteknik och kontroll som den kommunala vattenreningen. Det är därför viktigt att informera om risker och skyddsåtgärder. Livsmedelsverket har bl.a. gett ut en informationsbroschyr tillsammans med SGU. Livsmedelsverket bör få i uppdrag att tillsammans med andra ansvariga myndigheter sprida information om enskilda brunnar.

Länsstyrelserna bör i linje med utredningens övergripande förslag ha ett samordnings- och drivansvar för att en klimatanpassning genomförs för att trygga en försörjning av dricksvatten av god kvalitet. I denna uppgift bör också ingå att i samverkan med andra aktörer initiera en strategisk vattenplanering.

Det centrala myndighetsansvaret är delat. Naturvårdsverket ansvarar för frågor om skydd av vattentäkter. SGU har ansvar för grundvatten som naturresurs och är miljömålsansvarig myndighet för grundvatten. Socialstyrelsen har ansvar för enskild vattenförsörjning. Vattenmyndigheterna ansvarar för att ta fram förvaltningsplaner och åtgärdsprogram för svenska vatten. Livsmedelsverket ställer krav på vattenkvalitet från vattenverket och hos konsument. Livsmedelsverket hanterar också säkerhets- och beredskapsfrågor för vattenförsörjning. Boverket har rekommendationer om tryck på vatten i kranen hos konsument och vid behov krav på återströmningsskydd för att förhindra att förorenat vatten kan tränga baklänges in på vattenledningsnätet från en fastighet. Boverket ansvarar också för den övergripande miljömålsfrågan om fysisk planering och hushållning med mark och vatten. Det splittade ansvaret är inte ändamålsenligt mot bakgrund av de kommande riskerna och de åtgärder som bör vidtas. Vi anser att ansvaret bör samlas och att samordningen förbättras. Vi föreslår att Livsmedelsverket får ett huvudansvar för dricksvattenfrågorna på nationell nivå. I detta ingår att samverka med övriga myndigheter och att följa upp de åtgärder som rekommenderas ovan.

## Forskning och utveckling

Uppföljande studier och forskning om klimatförändringarnas påverkan på svensk vattenförsörjning bör genomföras. Det finns ett behov av att komplettera kunskaper om vattenförsörjning på det lokala planet hos kommuner och behov av forskning på det nationella planet. Till exempel går det inte att importera reningsteknik rakt av från varmare länder i Europa eller i världen i våra internationellt sett humusrika och även med ett varmare klimat relativt kalla vatten.

Branschorganisationerna, särskilt Svenskt Vatten, bör bidra till att få till stånd forskning och utveckling kring de strategiska frågorna för anpassningen av VA-verksamheten till klimatförändringarna.

## Förslag

- Livsmedelsverket bör få samordningsansvaret för dricksvattenfrågorna på nationell nivå. Detta inkluderar informationsinsatser, identifiering av forsknings- och utvecklingsbehov, behov av kontroll av råvatten m.m.
- Livsmedelsverket bör få i uppdrag att:
  - följa upp hur anpassningen av dricksvattensystemet genomförs,
  - tillsammans med berörda myndigheter se över skydd och kontrollrutiner längs hela kedjan för framställning av dricksvatten, från skydd av råvattentäkter till rening och distribution,
  - tillsammans med berörda myndigheter informera om risker och skyddsåtgärder för enskilda brunnar.
- Länsstyrelserna får enligt vårt förslag ett utökat ansvar för klimatanpassningen inom länet. Detta innefattar en strategisk planering av vattenresurserna i länet och samverkan med kommuner, vattenmyndigheterna och andra intressenter, se 5.10.2.

## 4.3 Bebyggelse och byggnader

### 4.3.1 Översvämning av strandnära bebyggelse

*Landets västra och sydvästra delar väntas få översvämningar längs vattendrag oftare eller mycket oftare i ett förändrat klimat. De ökade 100-årsflödena i fjälltrakterna kan också fortplanta sig längs vattendragen med översvämningar som följd, men här finns en osäkerhet då vattendragen är reglerade. I andra områden minskar risken för översvämningar eller kvarstår på dagens nivå. En höjd havsnivå ställer ökade krav på åtgärder och planering vid nybebyggelse framförallt längs landets södra kuster, men även längs de mellersta.*

#### Hur definieras översvämning?

Översvämning definieras som att vatten täcker ytor av land utöver den normala gränsen för sjö, vattendrag eller hav (Räddningsverket, 2000). Översvämning längs vattendrag och sjöar innebär att mer vatten tillförs vattendragen än de kan leda bort. De överströmmade markområdena kan inte ta upp eller dränera bort vattnet om de redan är vattenmättade. Översvämning kan även drabba hårdgjorda bebyggda områden beroende på kraftig nederbörd, vilket behandlas närmare i avsnitt 4.3.4.

#### Ansvarsförhållanden

Räddningsverket har i uppdrag att arbeta för ett säkrare samhälle från vardagens olyckor till katastrofer och krig. Myndigheten ska skapa förutsättningar för olika aktörer att samverka och vidta förebyggande åtgärder mot naturolyckor. Översiktliga översvämningsskator framställs för riskområden utmed vattendrag som stöd för räddningstjänstens planering och kommuners översiktliga fysiska planering. Räddningsverket följer också utvecklingen av höga flöden och rapporterar löpande till Förvarsdepartementet, bistår vid större olyckor som översvämningar med förstärkningsresurser samt för bildandet av älvgrupper.

SMHI förvaltar och utvecklar information om väder, vatten och klimat för samhällsfunktioner, näringsliv och allmänhet. SMHI har en prognosavdelning med ständig beredskap att utfärda varningar som ska hindra och begränsa skador på människor, egendom och



miljö, bl.a. avseende höga vattenflöden, rikliga regnmängder och höga havsvattenstånd. Vid svåra flödessituationer kan även personal från SMHI stationeras på berörd plats som stöd för räddningstjänst och länsstyrelse.

### Bebyggelsens storlek och geografiska läge

Totalt finns 3,1 miljoner fastigheter i Sverige (2005), varav en tredjedel finns i de tre storstadsregionerna. Den större andelen av fastigheterna utgörs av småhus och fritidshus. Kustzonen, definierad som alla öar samt fastlandet fem km in från strandlinjen inklusive kusten på Gotland, utgör 6,5 procent av landets areal. I den zonen finns drygt 30 procent av landets totala antal fastigheter och den befolkas av cirka 3,5 miljoner invånare. Den södra delen av kusten är bebyggd i något större omfattning än den norra. Omkring 30 procent av den svenska kusten är bebyggd inom 100 meter. Närmare 120 000 byggnader finns inom 100 meter från strandlinjen. (Boverket, 2006)

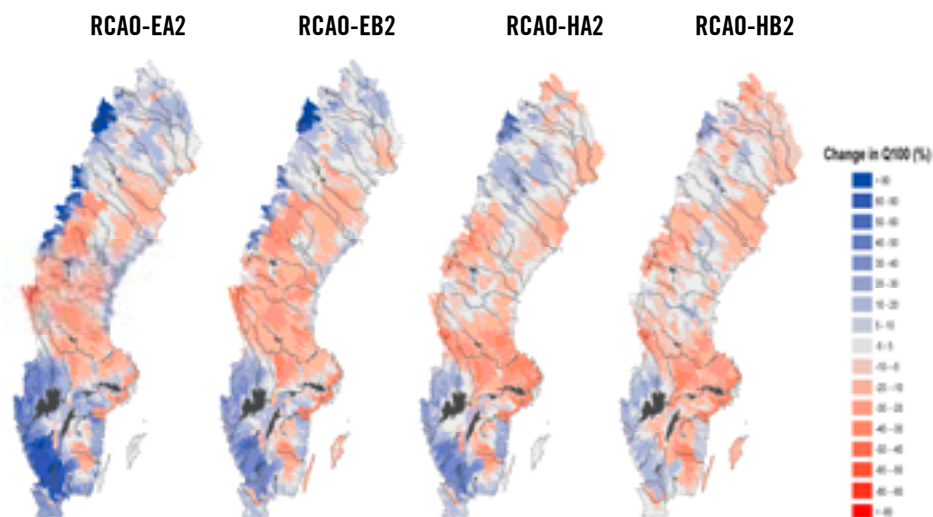
Byggandet har under senare år varit betydligt lägre än under 1970- och 1980-talen. I kustzonen har dock den procentuella andelen av byggandet ökat och då framförallt i södra Sverige. Mellan 2000–2003 uppgick den till närmare hälften. Andelen hus som byggts inom 100 meter från stranden har mer än fördubblats, från 2 procent på 1970-talet till drygt 5 procent i slutet på 1990-talet. Det råder ett särskilt stort bebyggelsestryck längs västkusten, utmed den skånska kusten och Blekinges södra kustområde samt längs hela kust- och skärgårdsområdet i Stockholmsregionen. En trend är även att attraktiva hamnområden bebyggs. Det finns också en tendens att fritidshus nära större orter i kustområdena övergår till permanentbebyggelse.

Närheten till vatten, och kanske framförallt till hav, med bl.a. stora naturvärden, gör kustlandskapet attraktivt för både boende, turism och olika näringar. Enligt SCB:s prognos för befolkningsutvecklingen 2006–2050 förväntas en befolkningsökning med 1,4 miljoner invånare under denna period. Fortsätter trenden enligt ovan kommer större delen av dessa att vara bosatta i kustzonen.

### Klimatfaktorer som påverkar översvämning längs vattendrag och hav

Nederbörd och temperatur kommer enligt klimatscenerierna att öka i hela landet förutom nederbörden i södra Sverige där det blir torrare under sommarperioden. Antalet dagar med extrem nederbörd väntas också öka i stort sett över hela landet. Sådan nederbörd ger lokala extrema flöden. Medelavrinningen lokalt, räknat på cirka 1 000 avrinningsområden à 400 km<sup>2</sup>, ökar i västra Götaland, västra Svealand och i stora delar av Norrland. Ser man till förändringarna i de mer extrema flödena med 100-års återkomsttid är det främst västra Götaland och västra Svealand som utmärker sig, men även delar av fjällen och nordöstra Götaland. Andra delar av landet väntas få oförändrade eller minskade 100-års flöden, vilket framförallt beror på en utjämnad snösmältningssäsong med mindre vårflod, men även på ökad avdunstning, se figur 4.24. Ett 100-årsflöde innebär att sannolikheten är 1 på 100 för varje enskilt år att flödet uppnår samt 63 procent risk för att det inträffar någon gång under 100-årsperioden.

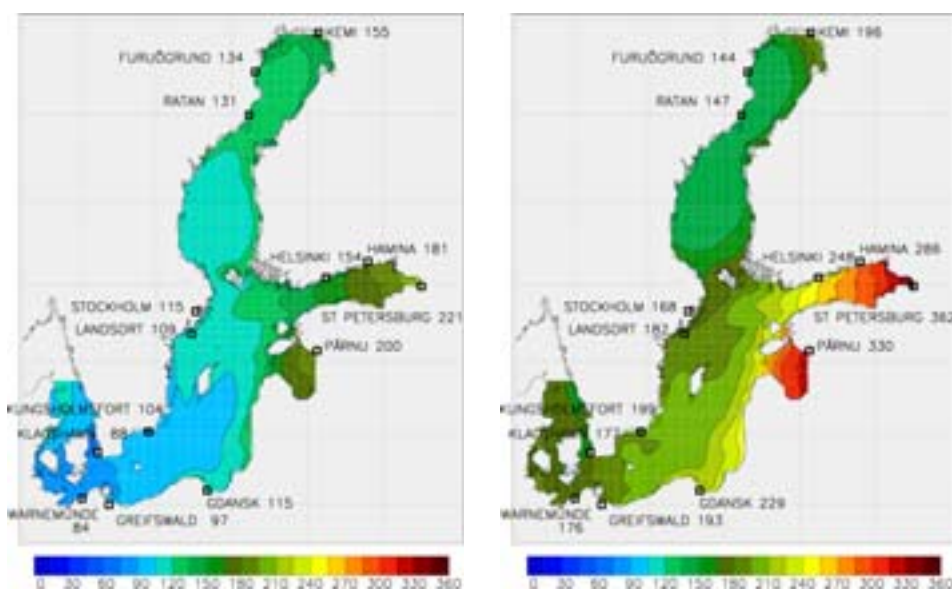
Figur 4.24 Procentuell förändring i lokala 100-årsflöden, 2071–2100 relativt 1961–1990. Resultatet visas för 4 olika klimatscenerier (från vänster RCAO-EA2, RCAO-EB2, RCAO-HA2, RCAO-HB2)



Källa: Carlsson et al, 2006.

En höjd havsnivå väntas längs stora delar av kusten på grund av världshavens höjning. Detta medför konsekvenser för bl.a. bebyggelsen. Vi har utgått från SMHI:s klimatscenarier med havsnivåhöjningar på 9 cm, 48 cm och 88 cm, vilka grundar sig på IPCC:s scenarier från den tredje utvärderingsrapporten. I scenarierna har hänsyn tagits till landhöjning, vilken varierar mellan minus 0,5 mm per år i sydligaste Sverige till plus 8 mm per år vid Bottenvikens kust. Längst i norr kompenseras alltså havsnivåhöjningen i stort av landhöjningen även i fallet med stor havsnivåhöjning. De högsta vattenståndet kommer att förändras på ett liknande sätt som medelvattenståndet. Här spelar även lågtryckens förändrade banor och förändrade vindmönster en roll. Vi har studerat det högsta förväntade vattenståndet om hundra år, se figur 4.25.

**Figur 4.25** Vänster bild visar 100-årsvattenstånd 1961–1990, höger bild 100-årsvattenstånd 2071–2100 (RCO-EA2) vid en global havsnivåhöjning på 88 cm. Nivåerna är givna i cm över medelvattenståndet för perioden 1903–1998



Källa: Meier, 2006, med tillstånd av Springer Science and Business media.

### Konsekvenser av översvämning längs vattendrag i dagens klimat samt skadekostnader

Perioden från början av 1960-talet till början av 1980-talet var relativt nederbördsfattig och tillfällen med höga flöden var relativt sällsynta. Allteftersom regleringsgraden hos reglerade vattendrag ökade minskade också frekvensen av höga flöden, då snösmältningen i regel kunde tas om hand i magasinen. Magasinen har också ofta kunnat fungera som buffert vid regnperioder och bebyggelsen har kommit att krypa allt närmare vattendragen. Sedan början på 1990-talet har vid flera tillfällen höga flöden och översvämningar inträffat på grund av långa och intensiva regnperioder som inträffat vid andra årstider än vid vårfloden. Flödena har medfört skador på byggnader, infrastruktur och miljö. Reglerade vattendrag kan uppträda som oreglerade om t.ex. långvariga regn inträffar efter en kraftig vårflod och fyllnadsgraden i magasinen redan är hög. Överskottet måste då släppas förbi magasinet.

Att bebyggelsen kryper närmare vattendrag och sjöar är ett generellt problem och förekommer i såväl reglerade som oreglerade vattendrag. En analys har gjorts inom utredningen för att få en övergripande uppfattning om hur stor del av den befintliga bebyggelsen vid vattendrag som ligger i riskzonen för att översvämmas av dagens 100-årsflöde samt vilka kostnader det skulle medföra, se Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat, bilaga B 14. Beräkningarna utgår från Räddningsverkets översiktliga översvämningskarteringar och från Lantmäteriets så kallade GSD-Terrängkartan. Dessa karteringar omfattar 800 mil i de 56 vattendrag som hittills bedömts vara de högst prioriterade. De uppgifter som fås är översvämmad areal uppdelad per markklass (låg, sluten och hög bebyggelse, fritidshus, friliggande bebyggelse och industrier). Beräkningen av byggnadsytor har gjorts utifrån schabloner över några tätorter av olika storlek och läge och från GSD-Fastighetskartan. Skadekostnadsberäkningarna grundar sig på försäkringsbranschens uppgifter om skadekostnader för översvämmade byggnader, och ligger inom intervallet 1 000–4 950 kronor per m<sup>2</sup> beroende på byggnadstyp och omfattar främst saneringskostnader. Analysen beaktar inte översvämningar på grund av intensiva regn. Detta behandlas i avsnitt 4.3.4. Tabell 4.14 visar arealen översvämmad befintlig bebyggelse med dagens 100-årsflöde samt skadekostnader.

**Tabell 4.14 Översvämmad befintlig bebyggelse (2006) längs vattendrag vid 100-årsflöde i dagens klimat samt beräknade kostnader per översvämningstillfälle (km<sup>2</sup>, miljoner kronor, bilaga B 14)**

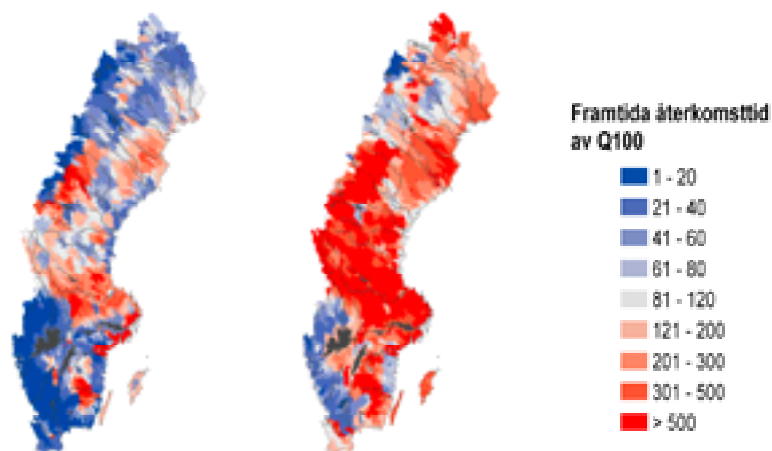
	Låg bebyggelse	Fritidshus	Friliggande bebyggelse	Sluten och hög bebyggelse	Industrier	Summa
Byggnadsarealer	1,6	0,1	1,0	0,8	2,7	6,2
Skadekostnader	7 700	250	5 700	2 150	2 700	18 500

Om dagens 100-årsflöde skulle inträffa i alla översiktligt översvämningskarterade vattendrag skulle den totala skadekostnaden för befintliga byggnader uppgå till 18,5 miljarder kronor för ett sådant översvämningstillfälle. Detta motsvarar cirka 2,3 miljoner kronor per km vattendrag och drabbar främst låg och friliggande bebyggelse. I detta ingår inte översvämningar vid lägre eller högre flöden, utan bara vid just det aktuella 100-årsflödet. Klimatförändringar är inte beaktade. De 800 milen karterade vattendragen motsvarar 8 procent av landets totala andel vattendrag.

### Konsekvenser av översvämning längs vattendrag i ett förändrat klimat

Figur 4.26 visar den återkomsttid dagens lokala 100-årsflöde kan komma att få i ett framtida klimat. Ändringarna i extremvärden har beräknats med en modell utvecklad för att räkna förändringar i medelvärden, vilket gör dem något osäkra. Mycket tyder på att ett ändrat klimat innebär ökad variabilitet med större ändringar i extremer än i medelklimatet, vilket gör det troligt att resultaten snarare visar för långa återkomsttider än för korta (bilaga B 14).

Figur 4.26 Den återkomsttid dagens lokala 100-årsflöde väntas få 2071–2100, kortaste tiderna (vänster bild) respektive längsta tiderna (höger bild), (RCAO-EA2, RCAO-EB2, RCAO-HA2 och RCAO-HB2)



Källa: Andréasson et al, 2007b och bilaga B 14.

I bilaga B 14 har den förändrade frekvensen för dagens lokala 100-årsflöden uppskattats för de oreglerade eller lågt reglerade vattendragen i ett förändrat klimat, se figur 4.27. För övriga reglerade vattendrag är osäkerheterna för stora kring framtida tappningsstrategier för att en bedömning ska kunna göras. Det finns dock en risk att de ökade lokala 100-årsflödena i fjälltrakterna kan fortplanta sig i hela vattendragen ned till mynningen, eftersom avrinningen från fjälltrakterna dominerar flödet i flera av dessa vattendrag. Situationen behöver därför inte vara så problemfri som kartorna över den lokala avrinningen antyder. En beräkning av den reglerade Umeälven visar på detta resultat, se bilaga B 10. Det är dock svårt att dra generella slutsatser för andra reglerade Norrlandsälvar ur ett specifikt resultat.

Figur 4.27 Förändrad frekvens av dagens 100-årsflöden i oreglerade och lågt reglerade vattendrag 2071–2100. Kraftigt reglerade vattendrag ingår ej (bilaga B 14)



Delar av de områden som redan i dag har problem med höga flöden väntas oftare eller mycket oftare få återkommande översvämningar, medan andra områden får mer sällan återkommande höga flöden. Tabell 4.15 visar översvämning av befintlig bebyggelse och skadekostnader av dagens 100-årsflöde enligt bilaga B 14 fördelade efter den bedömda frekvens dagens 100-årsflöde får i framtiden. Bedömningarna visar att de byggnadsarealer som riskerar att översvämmas av dagens 100-årsflöde i ett framtida klimat minskar i omfattning, baserat på de 8 procent av vattendragen som är karterade i dag.

**Tabell 4.15 Översvämmad befintlig bebyggelse längs vattendrag av 100-årsflöde i dagens klimat, fördelat efter 100-årsflödets förändrade frekvens 2071–2100 (km<sup>2</sup>, miljoner kronor)**

Förändring i frekvens	Mindre ofta	Ungefär lika ofta	Oftare	Mycket oftare	Reglerat
Byggnadsarealer	2,9	0,8	0,3	0,8	1,4
Skadekostnader idag	8 300	2 500	1 100	2 100	4 400

Vattendrag med hög regleringsgrad ingår inte, varför det inte går att få en total bild av den förändrade risken.<sup>5</sup> Som framgår ovan finns det en risk att de ökade 100-årsflödena i fjälltrakterna fortplantar sig i hela vattendragen med översvämningar som följd. Översvämningar med lägre eller högre flöden än just vid dagens 100-årsflöde ingår inte i analysen. Enligt figur 4.27 kommer dagens 100-årsflöde i landets västra/sydvästra delar att återkomma mycket oftare. Denna kortare återkomsttid gör att de kan inträffa flera gånger under seklet. Detta betyder också att 100-årsflödet i ett förändrat klimat inom dessa områden kommer att bli betydligt högre och innebära att större områden blir översvämmade. Inom landets östra delar tenderar i stället återkomsttiderna att bli längre.

### Konsekvenser av översvämning längs hav i ett förändrat klimat samt skadekostnader

Längs havet finns ingen översvämningsskartering utförd som den för vattendragen. För att få en översiktlig bild av mängden bebyggelse i riskzonen för översvämning på grund av ökade havsnivåer har två övergripande analyser gjorts, bilaga B 14. I den ena har bebyggelseytan lokaliserad lägre än den första höjdkurvan (+5 meter över havet) uppskattats på lika sätt som arealberäkningarna för vattendragen, se tabell 4.16. I den andra har översvämmad befintlig bebyggelse vid 100-årsvattenstånd och en global havsnivåhöjning på 88 cm kartlagts i tre referenskommuner. Anledningen till att analysen längs hela kusten inte gjorts noggrannare beror på att det saknas mer detaljerad höjdinformation.

<sup>5</sup> De reglerade vattendragen är Faxälven, Fjällsjöälven, Göta älv och Nordre älv, Indalsälven, Klarälven, Lagan, Ljungan, Ljusnan, Luleälven, Skellefteälven och Ångermanälven.



**Tabell 4.16 Befintlig byggnadsyta (km<sup>2</sup>) mellan karterad strandlinje och höjdkurvan +5 m, 2006 (bilaga B 14)**

	Sluten och hög bebyggelse	Låg bebyggelse	Fritidshus	Friliggande byggnader	Industrier	Summa
Södra*) Sverige	9,6	18,8	3,2	3,0	14,9	49,5
Norra Sverige	1,1	3,4	0,3	0,4	5,3	10,5

\*) Södra Sverige omfattar i analysen kuststräckan t.o.m. Uppsala län.

Kusterna längs västra, södra och sydöstra Sverige samt Stockholms län har stor mängd bebyggelse under 5 metersnivån. Dessa områden utgör cirka 75 procent av den totala ytan enligt den övergripande analysen. I Skåne befinner sig 5 metersnivån långt in i landet på grund av flack terräng och bebyggelsen under 5 metersnivån motsvarar närmare 30 procent av den totala bebyggelseytan under denna nivå. I Stockholms län är bebyggelsen relativt tät på öar och längs kusten.

Värdet på byggnadsytan under 5-metersnivån beräknat på schablonen från försäkringsbranschen blir för södra Sverige 164,1 miljarder kronor. Inget av klimatscenerierna som utredningen grundar sig på tyder emellertid på en sådan stor havsnivåhöjning under de kommande 100 åren. Mot slutet av seklet kommer 100-årsvattennivån i havet i södra Sverige bli cirka 0,8 till 2,0 meter över dagens medelvattennivå 2071–2100 beroende på klimatscenario, se avsnitt 3.5.4.

Tre referenskommuner, Göteborg, Ystad och Sundsvall, har kartlagt den befintliga bebyggelse som skulle översvämmas vid en global havsnivåhöjning på 88 cm. Valet av detta *högscenari*, se figur 4.25, grundar sig på att bebyggelsen utgör ett system med mycket lång livslängd samt att havsnivåerna bedöms fortsätta stiga även efter detta århundrade. Höjningen av 100-årsvattenståndet 2071–2100 relativt dagens 100-årsvattenstånd är med hänsyn tagen till landhöjning/sänkning 0,18 meter i Sundsvall, 0,95 meter i Ystad och 0,90 i Göteborg. I beräkningarna ingår lågtrycks- och vindpåverkan samt landhöjning.

Problembilden varierar högst avsevärt mellan kommunerna. Med den lilla ökningen i havsnivå beroende på landhöjningens inverkan och den topografi som råder i Sundsvallstrakten, blir konsekvenserna små. Skadekostnaden bedöms bli 18 miljoner

kronor enligt schablonen från försäkringsbranschen. Att extrapolera resultatet till övriga delen av Norrlandskusten är vanskligt då Höga kusten skiljer sig från t.ex. Västerbottens och Norrbottens mer flacka kustlinje. I södra Sverige blir konsekvenserna större. Skillnaden mellan dagens medelvattenstånd och det framtida 100-årsvattenståndet är närmare 2 meter. I Ystads kommun beräknas totalt 4,1 km<sup>2</sup> översvämmas av kommunens totala 352 km<sup>2</sup>. Till stor del utgörs dessa arealer av naturmark, men även bebyggelse och infrastruktur skulle drabbas. Skadekostnaden för översvämning av bebyggelsen beräknas till 172 miljoner kronor. Om man däremot antar att hälften av havsnivåhöjningen utgörs av ett ökat medelvattenstånd skulle skadekostnaden öka till 580 miljoner kronor, då marknadsvärdet utgör beräkningsgrund. För Göteborg skulle en havsvattennivå på 0,9 meter global höjning över högsta högvatten innebära en försäkringsskada på 7 500 miljoner kronor. Den totala översvämmade byggnadsarean är beräknad till 2,1 km<sup>2</sup> av totalt 23,0 km<sup>2</sup> i de tre studerade zonerna inom Göteborg.

Antal översvämmade byggnader i Ystads och Sundsvalls kommun respektive antal byggnader inom höjdkurvan +5 meter är för Ystad 168 respektive 859 och för Sundsvall 50 respektive 849. Den grova analysen över översvämningshotad bebyggelse inom 5 meters höjdkurvan överskattar följaktligen antalet hotade byggnader i Ystad 5 gånger och i Sundsvall 17 gånger. Dessa resultat ger en mycket översiktlig bild av översvämningförhållanden längs kusten av ett 100-årsvattenstånd vid en global havsnivåhöjning på 88 cm. Detta skulle i mycket grova drag innebära en översvämningrisk på cirka 20 procent av bebyggelsen under 5-meterskurvan i landets södra delar och cirka 5 procent i landets norra delar.

Den globala havsnivåhöjningen på 88 cm enligt klimatkartorna, se avsnitt 3.5.4, ger en höjning av medelvattenståndet på cirka 80 cm i södra Sverige i slutet på seklet, med hänsyn tagen till landsänkning. I norra Sverige kompenseras i stort sett landhöjningen och havsnivåhöjningen varandra. I södra delarna av landet innebär höjningen inte enbart översvämningar, utan att områden permanent sätts under vatten. Detta innebär större skadekostnader samt givetvis kostnader för förebyggande åtgärder. Falsterbohalvön är ett exempel på ett mycket utsatt område.

## Möjliga tekniska åtgärder för att minska översvämningsskador

Olika tekniska åtgärder finns för att minska skaderiskerna framförallt i befintlig bebyggelse. Möjliga åtgärder är:

- dämpning av flöde genom ändrad hantering av reglering alternativt avledning till andra områden,
- ökning av avbördningskapaciteten genom ökning av vattendragets tvärsnitt, ombyggnad av dammar, alternativt fåra,
- invallning,
- uppfyllnad/höjning av fastigheter,
- anpassning av byggnader samt av nyttjandet.

Samtliga åtgärder kan tillämpas på översvämning i vattendrag, medan möjligheterna vid ökade havsnivåer är begränsat till de tre sista. De två första utförs som regel i större sammanhang, medan uppfyllnad och anpassning och i viss mån invallning kan genomföras av den enskilde. Tidsaspekten har också betydelse. Vid högflöde är som regel förvarningstiden kort, vilket ställer krav på förebyggande och helst permanenta åtgärder. Om man inte vidtagit permanenta lösningar, står i första hand tillfällig invallning och pumpning till buds. Även dessa åtgärder behöver planeras. Krav ställs på tillgång till material, personal, kännedom om dagvattensystems läge och geotekniska kunskaper.

## Anpassningsåtgärder mot översvämning av strandnära bebyggelse och överväganden

Ett säkert sätt att minska risker för översvämningsskador är att undvika nybyggnation inom riskområden för översvämning. I synnerhet som klimatet förändras successivt och bebyggelsen har mycket lång livslängd är det viktigt att tidigt beakta och ta hänsyn till de förväntade ökade översvämningsskadorna till följd av förändrad nederbörd, förändrade flöden och höjda havsnivåer, samt de osäkerheter som råder kring hur omfattande riskökningarna blir, se vidare avsnitt 5.5. I proposition (2006/07:122) *Ett första steg för en enklare plan- och bygglag* har regeringen i de grundläggande bestämmelserna förtydligat att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till de boendes och övrigas hälsa, till deras säkerhet, samt med hänsyn till risken för olyckor, översvämning och erosion.

Kommunerna behöver ta ökad hänsyn till översvämningsrisker i översikts- och detaljplaneringen. Ökad hänsyn till klimatförändringar behöver också tas vid planering av infrastruktur. Länsstyrelserna har här en viktig roll, se avsnitt 5.10. Översvämningsriskerna kommer att öka längs vattendrag framförallt i västra och sydvästra Sverige, men även inom andra områden, liksom längs kusten. I andra delar av landet kan riskerna minska.

I många kommuner finns behov av att kompetensen höjs kring översvämningsrisker. Vi bedömer att denna kompetenshöjning bör kunna åstadkommas genom att Sveriges Kommuner och Landsting sprider information till kommunerna om klimatförändringar och dess effekter som grund för en säker lokalisering av bebyggelsen.

SMHI bör få ett utökat ansvar att svara för kunskapsförsörjning om klimatförändringar och skapa en förstärkt informationsfunktion gentemot olika grupper, särskilt gentemot kommuner, sektorsmyndigheter och länsstyrelser, se vidare avsnitt 5.10.

Kommunerna har en viktig roll att identifiera, analysera och prioritera områden med risk för olika naturolyckor, bl.a. översvämningar. Kommuner och fastighetsägare bör inom prioriterade områden genomföra åtgärder för att anpassa den bebyggda miljön för att undvika skador samt ha beredskap och resurser för att minska konsekvenserna vid inträffade olyckor. Ovanstående permanenta tekniska åtgärder är lösningar som, vid tydliga krav och rätt utformning, kan skydda befintliga och nya byggnader.

Räddningsverket ansvarar i dag för översvämningskarteringar längs vattendrag. Vi anser att det är viktigt att dessa karteringar fortsätter och utökas till att omfatta även förändringar i klimatet. Räddningsverket bör också klargöra behovet av översyn av redan karterade områden med avseende på klimatförändringar, se vidare avsnitt 5.1. Detta arbete ställer krav på topografisk information av god kvalitet. Det finns därför behov av en nationell höjddatabas med högre precision än dagens GSD-Höjddata, se avsnitt 5.2. Genomförda karteringar kan även behöva ses över när en ny höjddatabas finns tillgänglig.

Tillförlitliga data om nederbörd och flöden är en viktig förutsättning för en säker samhällsplanering. SMHI har i dag en prognos- och varningsverksamhet vad gäller bl.a. höga flöden och ett nät av nederbörds- och flödesstationer som täcker landet, se vidare avsnitt 5.2 och 5.3.

Älvgrupper finns för flertalet stora vattendrag. Uppgiften att regionalt samverka om frågor som rör flöden och flödeshantering,

förebyggande åtgärder m.m. mot översvämningar specifika för varje vattendrag kommer att vara viktig framöver. Vi anser att länsstyrelserna bör vara den part som tar initiativ till att älvgrupper bildas, se vidare avsnitt 5.10.

### Forskning och utveckling

Frågor kring extremväder och klimatförändringar och dess konsekvenser rör många samhällssektorer vilket aktualiserar ett nära samarbete mellan flera myndigheter, exempelvis Räddningsverket, Boverket, SGU, SGI, SMHI och Naturvårdsverket. Det finns behov av forskningsprogram för frågor som fokuserar på samhällskonsekvenser och åtgärder kring mark, miljö och byggnad. Ett sådant forskningsprogram bör kunna utformas i samverkan med Räddningsverkets uppdrag om Nationell plattform för arbete med naturolyckor. Viktiga uppgifter är att:

- öka kunskapen om samspelet mellan den bebyggda miljön och marken,
- anpassa befintliga byggnader och infrastruktur för stora vattenflöden och vattennivåer,
- anpassa samhällsutvecklingen och att utforma nya konstruktioner för de klimatförhållanden som förväntas de närmaste 50–100 åren.

### Förslag

Vi lämnar förslag angående flera områden. Förslagen rör följande och beskrivs vidare i nämnda avsnitt:

- avsnitt 5.1: översvämningskarteringar,
- avsnitt 5.2: höjddatabas, observationsdata,
- avsnitt 5.5: fysisk planering, myndighetsstöd i den fysiska planeringen,
- avsnitt 5.10: ansvarsförhållanden,
- avsnitt 5.10: älvgrupper.

### 4.3.2 Ras, skred och erosion

*Klimatförändringarna med större och intensivare nederbörds mängder liksom förändrade grundvattennivåer ökar sannolikt benägenheten för ras, skred och erosion. Särskilt landets sydvästra/västra delar och delar av den östra kusten är utsatta. Framförallt låg bebyggelse ligger inom de skredbenägna områdena. Inom andra områden minskar i stället risken då snösmältnings säsongen blir förlängd och vårfloden minskar liksom de höga flödena.*

#### Landskap i förändring

Landskapet är under ständig förändring. De geologiska processerna bygger upp och bryter ned landskapsformationer i ett mycket stort geologiskt kretslopp. Dessa processer påverkar markens egenskaper som grund för infrastruktur, bebyggelse och miljön. Förståelsen av hur de geologiska processerna uppträder och verkar är grundläggande för att rätt tolka hur klimatet påverkar olika typer av jordrörelser och de konsekvenser detta får för markens byggharhet.

Jordars hållfasthet liksom benägenheten för olika typer av massrörelser är starkt beroende av jordens inre fördelning mellan fasta partiklar, vatten och porgas. I grova jordar verkar friktionen som sammanhållande kraft och storleken på denna är beroende av vattentrycket i jorden. Jordrörelser i friktionsjordar sker exempelvis som långsamma sättningar eller som snabba ras vid stora rasvinklar. I finkorniga jordar, som lera och silt, verkar även den molekylära attraktionskraften, kohesion, mellan de minsta partiklarna. Jordrörelserna kan, förutom långsamma sättningar eller kryprörelser, vara snabba skred där stora jordmassor glider ut. Exempelvis Göta älvdalen och andra delar av Västsverige utgör skredkänsliga områden med kvicklera. Kvicklera kan förlora sin hållfasthet och bli flytande vid störning, vilket medför att sådana skred kan drabba stora områden med åtföljande konsekvenser för samhället. De mest erosionsbenägna jordarna har en kornstorlek mellan fin- och mellansand. I Sverige har främst vattenerosion betydelse för bebyggd miljö. Erosionsbenägenheten är begränsad i jordar av många kornstorlekar.

## Ansvarsförhållanden idag

SGI ska som statens sakkunnigorgan i skred-, ras- och erosionsfrågor medverka till att minska riskerna inom det geotekniska området med utgångspunkt att människor ska kunna bo på säker grund, så att liv och egendom inte går till spillo vid naturolyckor av typen skred, ras, erosion. SGI har ett särskilt ansvar att övervaka stabilitetsförhållanden i Göta älvdalen och utgör stöd till länsstyrelsen och kommuner inom Västra Götaland. Myndigheten medverkar också som tekniskt stöd åt Räddningsverket vid behandling av anslag till förebyggande åtgärder mot naturolyckor. I akuta lägen, när ras och skred inträffat eller befaras inträffa, biträder SGI bl.a. den kommunala räddningstjänsten. Till SGI är också knuten en delegation för ras- och skredfrågor, ett kontakt- och samverkansorgan för myndigheter som är involverade i ras- och skredfrågor.

SGU ansvarar för frågor som rör landets geologiska beskaffenhet och mineralhantering och har till uppgift att tillhandahålla geologisk information avseende miljö och hälsa, fysisk planering m.m. Genom SGU:s berggrunds- och jordartsinformation finns tillgång till grundläggande geoinformation vid planering av byggande och undersökning av mark. Vid SGU genomförs grundvattenkartering och -dokumentation. SGU deltar i bl.a. i skredundersökningar och i Delegationen för ras- och skredfrågor.

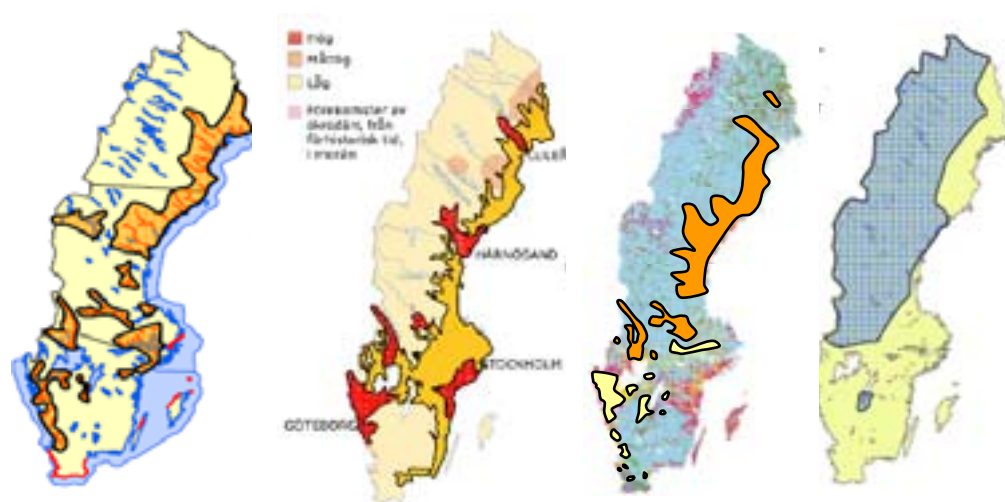
## Områden som i dag är utsatta för ras, skred och erosion i vatten

Stora skred som fått omfattande konsekvenser för människoliv och bebyggelse har framförallt inträffat längs Göta älvdalen – Surteskredet, Götaskredet, Tuveskredet. I Vagnhärad inträffade också ett stort skred 1997. Den direkta kostnaden för skredet i Vagnhärad har beräknats till 120–130 miljoner kronor. Under perioden 1996–2005 har 64 kommuner utfört 131 räddningsinsatser beroende på jordskred eller jordras, och fram till 2006 har 73 kommuner ansökt om statligt bidrag drygt 400 gånger för förebyggande åtgärder. Det finns alltså ett uttalat problem med skredrisker redan idag.

I *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*, bilaga B 14, redovisas en analys av hur förutsättningarna för skred, ras och erosion i

vatten kan komma att förändras i samband med en klimatförändring. För detta ändamål har översiktliga kartor sammanställts över förutsättningar för *erosion, skred och ras, ravinutveckling i slänter av lera, silt och sand samt moränkskred och slamströmmar inklusive ravinutveckling i moränslänter* i dagens klimat, se figur 4.28. Kartorna bygger främst på underlag från SGU, SGI och Räddningsverket. Erosion längs kusten redovisas separat i avsnitt 4.3.3.

**Figur 4.28** Olika riskområden i dagsläget. Från vänster erosionskänsliga jordar; ras- och skredrisk i lera och silt; ravinrisk i lera, silt och sand; risk för moränkskred, slamströmmar och raviner i moränslänter



Källa: Fallsvik et al, 2007.

### Klimatfaktorer som påverkar jordars stabilitet

Klimatscenerierna pekar generellt på både ökad och intensivare nederbörd i stora delar av landet. Den lokala avrinningen ökar i större delen av landet, medan de lokala 100-årsflödena ökar framförallt i sydvästra/västra delarna liksom i fjälltrakterna.

Nederbördsökningar påverkar jordars stabilitet negativt med inverkan på skredbenägenheten. Ett ökat vattentryck i markens porer minskar hållfastheten. Grundvattenförändringar påverkar portrycket. Ökad nederbörd kan också leda till ökad avrinning och



erosion vilket påverkar släntstabiliteten. Höga flöden, både extrema och mer frekventa, ökar erosionen längs vattendrag och sjöar. Långa perioder med hög nederbörd som ger vattenmättad mark samt intensiva regn med ytavrinning och erosionsangrepp bidrar till ravinutveckling. Intensiva regn och vattenmättade jordlager ökar också benägenheten för skred i moränmark och slamströmmar.

Klimatscenerierna visar att nederbördsökningen blir störst under vinterhalvåret när avdunstningen är låg, vilket ger höga vattennivåer. Sommartid blir förhållandena torrare särskilt i södra Sverige. Vattennivåerna sjunker när sommaren kommer och den mothållande kraften minskar. Detta medför att skredrisken ökar på grund av att markens vattentryck fortfarande kan vara förhöjt.

Förändrad benägenhet för ras, skred och erosion i ett framtida klimat

I bilaga B 14 redovisas bedömningar av ändrad benägenhet för:

- erosion i vattendrag och sjöar,
- skred och ras,
- ravinutveckling,
- moränskred och slamströmmar,

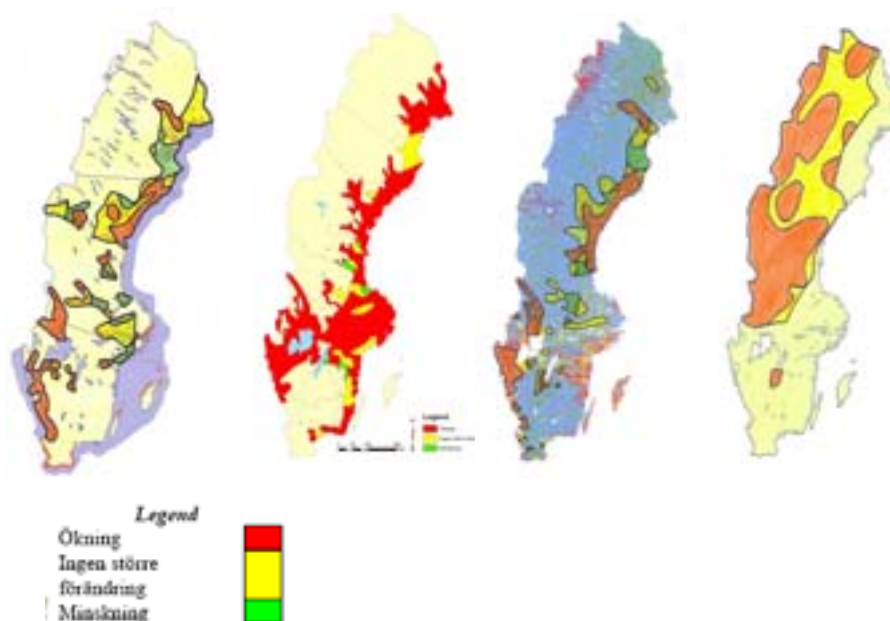
samt en översiktlig bedömning av konsekvenserna för den bebyggda miljön. Bedömningarna av jordrörelser har utarbetats av en arbetsgrupp knuten till utredningen i samverkan med SGI, SGU, SRV, SMHI och Vägverket Konsult (Fallsvik et al, 2007).

Bedömningarna av jordrörelser har gjorts i tre klasser, ingen större förändring, ökad respektive minskad förändring av respektive jordrörelses frekvens. Bedömningarna är avgränsade till att omfatta de områden som i dag är kända problemområden redovisade på underlagskartorna ovan, figur 4.28. Dagens stabilitetsrisker i jordar har sammanvägts med de klimatfaktorer som bedömts ha störst betydelse för respektive jordrörelse. De klimatindex som använts är intensiva regn >25 mm/dygn, lokala 100-årsflöden, lokal avrinning och säsongsnederbörd under sommaren. Samtliga ingående värden, underlagskartor och klimatindex, har viktats lika utom för moränskred och slamströmmar där ökningen av den intensiva nederbörden bedömts ha tre gånger så stor betydelse som förändringen i medelnederbörden. Ravinbildningar finns även i brantare slänter där jordlagren huvudsakligen består av morän. Utvecklingen av dessa ravinbildningar innefattas i bedömningarna för moränslänter. Analysen utgår från EA2. Bedöm-

ningarna av förändrad benägenhet för olika jordrörelser på grund av förändringar i klimatet visas i figur 4.29.

Den valda modellen bygger på vissa förenklingar, t.ex. ett enkelt samband mellan avrinning, grundvattenbildning och portryck. Ingen hänsyn har heller tagits till topografi. Den svenska naturen kännetecknas av stora variationer inom korta avstånd. Resultaten kan därför endast användas för generella bedömningar av konsekvenser för hela landet eller regioner, inte för lokala bedömningar. En analys av sådan detaljeringsgrad har inte varit möjlig att genomföra inom utredningens ram.

**Figur 4.29** Förändrad benägenhet för erosion, ras, skred, ravinutveckling och slamströmmar, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA0/RCA3-EA2). Från vänster erosion; ras och skred i lera och silt; ravinutveckling i lera, silt och sand; moränskred, slamströmmar och raviner i moränslänter.



Källa: Fallsvik et al, 2007.

*Erosion* bedöms öka främst i sydvästra och västra Sverige och delar av mellersta Norrland beroende på ökad intensiv nederbörd och ökade höga flöden. Den bedöms vara oförändrad eller minska i östra Mellansverige samt i delar av Norrland beroende på en

förlängd och utjämnad snösmältningssäsong, minskad vårflod och minskade höga flöden. *Ras- och skredrisken* bedöms öka inom stora delar av landet beroende på ökad erosion och ökade lokala flöden med ökade grundvattennivåer och porttryck. I vissa områden i östra och norra Sverige bedöms situationen bli mer eller mindre oförändrad. Anledningen är där minskad erosion. Ökad benägenhet för *ravinutveckling* förväntas i delar av Svealand, västra och södra Götaland, delar av mellersta och norra Norrland beroende på ökad intensiv nederbörd och ökade höga flöden. Detta leder till vattenmättade jordlager och erosion, liksom ökad grundvattenbildning och inre erosion. I delar av Norrlands kustland och Svealand kan problemen minska eller vara oförändrade på grund av minskad frekvens av höga flöden. I Norra fjälltrakterna, i större delen av södra Norrland och norra Svealand bedöms benägenheten öka för *moränskred, slamströmmar och ravinutveckling i moränslänter* på grund av ökad frekvens av intensiva regn och ökad medelnederbörd under sommaren. I Norrlands inland bedöms situationen i stort bli oförändrad. Av kartorna sammantaget framgår att vissa områden riskerar att vara mer utsatta än andra. Västkusten, Klarälven och mellersta Norrlandskusten är sådana områden.

### **Konsekvenser för den bebyggda miljön av klimatförändringar samt skadekostnader**

Förändringar av markens egenskaper påverkar bl.a. bebyggelsen. Sårbarheten beror på hur väl samhället har anpassat sig till olika förändringar, i vilken mån hänsyn har tagits i den fysiska planeringen och i utformningen av infrastruktur och byggnader.

Erosion längs vattendrag och sjöar påverkar naturmiljö och bebyggelse. Erosion i vattendrag innebär också sedimenttransport med konsekvenser utanför själva angreppet. Många skred och ras har initialt startat med erosionsangrepp. Raviner kan utvecklas långsamt genom inre grundvattenerosion eller snabbt genom yttre erosion och utvecklas ofta genom skred. Raviner hotar sällan bebyggd miljö i någon större utsträckning. Områden med högst benägenhet för moränskred och slamströmmar är mindre befolkade. Dock utgör ofta ansamlingsområdet för jordmassorna intressanta platser för bebyggelse, nedanför sluttningar, nära vatten och på fast mark. Faran för konsekvenser av nya strömmar är stor på dessa platser.

Skred och ras är de jordrörelser som kan drabba den bebyggda miljön med störst konsekvens. Även människoliv riskerar att gå till spillo. Vi har dock inte kunnat beräkna omfattningen för människoriv på grund av ökad skredrisk. För att få en översiktlig bild av hur stor andel av den i dag befintliga bebyggelsen och vilka värden som hotas inom de områden där benägenheten för ras och skred bedöms öka, har en översiktlig beräkning gjorts av antalet fastigheter och deras värde, se tabell 4.17 och 4.18, bilaga B 14. Eftersom problem med skred i huvudsak uppstår i närheten till vatten har beräkningarna begränsats till att gälla en 100 meter bred zon från sjö, vattendrag och hav. Detta innebär ändå sannolikt en överskattning av problemet då all bebyggelse inte kommer att vara hotad inom dessa områden. Markslagen är uppdelade efter låg, hög respektive sluten bebyggelse, fritidshus, industrier. Även åker- och skogsmark ingår. Inventeringen av markslag har skett utifrån Lantmäteriets GSD-Terrängkartan. Antal fastigheter per markslag bygger på statistik från SCB (Statistikdatabasen, SCB).

**Tabell 4.17 Ökad benägenhet för ras och skred år 2071–2100 jämfört med 1961–1990, antal befintliga fastigheter inom 100 meter från vatten (bilaga B 14)**

	Låg bebyggelse	Fritidshus	Hög och sluten bebyggelse	Friliggande byggnader	Industrier
Fastigheter (antal)	36 800	25 000	1 900	151 600	3 600

Framförallt är det låg bebyggelse, fritidshus och friliggande hus som ligger inom områden med ökad skredbenägenhet. Närmare 40 procent ligger i Stockholms och Västra Götalands län. Skogsmark och åkermark m.m. som bedömts vara utsatt motsvarar 6 910 respektive 759 km<sup>2</sup>, till stor del i Västra Götaland, Värmland och Västernorrland.

En övergripande beräkning av vilka värden som hotas har utförts. Kostnadsberäkningen grundar sig på genomsnittliga tomtarealer per kommun och fastighetsslag samt på genomsnittligt pris för respektive fastighetsslag och kommun (SCB, Statistikdatabasen). Åkermark har värderats efter ett genomsnittspris per hektar och län. Värderingen av skogsmark utgår från taxeringsvärde med justering till marknadsvärde och närhet till vattendrag.

**Tabell 4.18** Totalt värde på befintlig bebyggelse med ökad benägenhet för ras och skred inom 100 meter från vatten, år 2071–2100 relativt 1961–1990, 2005 års prisnivå (miljoner kronor, bilaga B 14)

Låg och friliggande bebyggelse	Fritidshus	Hög och sluten bebyggelse	Industrier	Summa
233 000	30 300	37 300	15 600	316 200

Det saknas underlag för att kostnadsbedöma ökad benägenhet för erosion och ravinutveckling. Båda kan dock ses som ett skredproblem och har därför ansetts ligga i kostnaden för ökad benägenhet för skred och ras i bebyggelse. Någon kostnadsbedömning av moränskred har inte gjorts på grund av brist på underlag.

Hotade värden för skogs- och åkermark utgör i 2005 års prisnivå cirka 14 respektive 1,5 miljarder kronor. Kostnader för skador på va-system har uppskattats till cirka 16 miljarder kronor.

Beräkningarna ska tolkas som en mycket övergripande uppskattning av det hotade kapitalet. Alla dessa värden kommer inte att förstöras. Vissa områden kommer sannolikt inte alls att drabbas. Hela fastigheter kommer inte heller alltid att drabbas utan endast delar. En successiv anpassning kommer även att ske genom förebyggande åtgärder m.m. Hotade värden inom områden som inte ligger i närheten till vatten ingår inte i beräkningarna. Det kan även finnas ett visst överlapp avseende hotade värden i kustområden till följd av stranderosion.

Enligt den statistik SGI har för Göta älv, så kommer minst 2 procent av den skredbenägna sträckan (områden med lera) att drabbas av skred under en tidsperiod av 50 år (SGI, 2007). Om detta scenario skulle gälla för hela landet, så innebär det att 4 procent av de skredbenägna områdena inom landet skulle drabbas av skred under de närmaste 100 åren. Detta motsvarar enligt beräkningarna ovan fastighetsvärden för cirka 12 miljarder kronor samt värden för va-nät, skogs- och jordbruksmark motsvarande drygt 1 miljard kronor.

Skred i förorenade massor längs vattendrag påverkar miljön. Kunskapen om hur olika jordrörelser kan komma att samverka vid ett förändrat klimat är i dag bristfällig och det saknas en samlad bild av hur den bebyggda miljön kan komma att påverkas inom olika delar av landet, se vidare avsnitt 4.3.6.

### Möjliga förstärkningsåtgärder i fin- och grovkorniga jordar

Det finns olika typer av förstärkningsmetoder för att motverka skred och ras i finkorniga jordar. Metoder samt ungefärliga kostnader för dessa är:

- erosionsskydd längs vattendragets kant (400–450 kronor per m<sup>3</sup>),
- stödfyllning, schaktning, utfläckning (200–500 kronor per m<sup>3</sup>),
- förstärkning med kalkcementpelare (t.ex. 25 000 kronor per m för skivor med cc 2,0 m, bredd 10 m, djup 15 m),
- sänkning eller begränsning av grundvattenstryck (40 000 kronor per brunn),
- jordspikning (t.ex. 1,3 miljoner kronor för en yta på 1 300 m<sup>2</sup>).

För att skydda bebyggelse i och nedanför långa, branta slänter i grovkorniga jordar väljs metoder med hänsyn till terrängen och lokala nederbördsförhållanden. Dräneringssystem syftar till att långsiktigt dränera fuktiga släntavsnitt och sänka grundvattenytan. Vegetation kan etableras för att minska risken för skred, ras och slamströmmar. Dammar kan också anläggas. Metoder att skydda mot raviner i grovkorniga jordar är:

- erosionstrappor (t.ex. 1,35 miljoner kronor för sex erosions-trappor samt skydd av mellanliggande sträckor, totalt 45 meter),
- sedimentationsdammar (t.ex. 5,3 miljoner kronor för en dammvolymer på 10 000 m<sup>3</sup>),
- kanalisering av strömfåra.

De olika jordrörelserna är naturliga processer i det geologiska kretsloppet. När dessa hotar den bebyggda miljön uppstår konsekvenser som kan medföra stora kostnader och lidande. Tabell 4.19 visar på beräknade skadekostnader och kostnader för förebyggande åtgärder från en studie över tre exempelområden. För varje område har tre omfattningar av ett skred bedömts, vilka bygger på geotekniska utredningar. Resultaten visar att kostnader för att förstärka är mycket låga i relation till de skadekostnader som kan uppstå (Räddningsverket, 1996).

**Tabell 4.19** Beräknade exempel på skadekostnader och kostnader för förstärkningsåtgärder, 1996 års penningvärde (miljoner kronor, bilaga B 14)

Område	Liten omfattning	Mest sannolik omfattning	Stor omfattning	Förstärknings åtgärder
Lilla Edet	34	209	1401	9
Lidköping	66	616	489	4
Umeå	5	13	80	6

### Anpassningsåtgärder mot ras, skred och erosion samt överväganden

Den kommunala fysiska planeringen enligt PBL är det viktigaste instrumentet för att undvika att ny bebyggelse kommer till stånd inom områden som är hotade eller med tiden kan komma att bli hotade, se vidare avsnitt 5.5. Ett förändrat klimat skapar förändrade geotekniska förutsättningar, vilket bl.a. innebär behov av ökade säkerhetsmarginaler som ökad säkerhet mot markbrott. Åtgärder måste väljas i förhållande till de geologiska lokala förhållandena. Det är viktigt att valet av förstärkningsåtgärd syftar till att motverka orsaken till den otillfredsställande stabiliteten, med andra ord att motverka problemet och inte symtomen. Nya områden kommer att hotas av ras och skred i ett förändrat klimat. Det finns därför behov av att kompetensen i många kommuner höjs kring dessa företeelser. Det är likaså viktigt att Sveriges Kommuner och Landsting sprider information till kommunerna om klimatförändringar och dess effekter som grund för en säker lokalisering av bebyggelsen.

SGI har i dag ansvar att stödja länsstyrelsen och kommuner inom Västra Götaland i den kommunala planeringsprocessen. De ökade risker som förändrad stabilitet i jordar innebär för bebyggd miljö anser vi utgör grund för att SGI:s ansvar ska utökas till att stödja länsstyrelser och kommuner i andra områden som är känsliga ur stabilitetssynpunkt i samband med kommuners översikts- och detaljplanering. Detta innebär en utökad kostnad med 4,7–6,3 miljoner kronor per år, se vidare avsnitt 5.5. SGI bör också verka för att miljögeotekniska frågor granskas i planer, då risken bedöms öka som en följd av förändringar i klimatet. Kostnaden bedöms utgöra 1,3–2,4 miljoner kronor per år. Kostnaderna härrör från SGI:s handlingsplan och är i den beräknad för en period under tre år. (SGI, 2006)

Räddningsverket ansvarar i dag för framställande av stabilitetskarteringar av bebyggda områden med förutsättningar för skred. Utifrån den beskrivna analysen om jordars förändrade stabilitet anser vi att det är viktigt att dessa karteringar fortsätter och utökas till att även beakta förändringar i klimatet. Räddningsverket bör också klargöra behovet av översyn av redan utförda karteringar med beaktande av klimatförändringar, se vidare avsnitt 5.1.

Det är angeläget att en fördjupad analys utförs av geografiska områden med förutsättningar för ras och skred mot bakgrund av klimatförändringar. En sådan analys är värdefull inom fysisk planering av bebyggelse och inom potentiella exploateringsområden. Analysen bör utgöra en fortsättning på arbetet med övergripande kartor över jordars förändrade stabilitet som tagits fram inom utredningen under SGI:s ansvar (Fallsvik et al, 2007). Denna geografiska fördjupning kan lämpligen inledningsvis ingå i den föreslagna nationella skreddatabasen, se avsnitt 5.2, för att begränsa och fokusera kartdatabasens omfattning.

SGI har i samarbete med SGU, Lantmäteriet och Räddningsverket tidigare redovisat en modell för en nationell översiktlig kartdatabas över skredförutsättningar i ler- och siltjordar, som stöd för översiktlig planering. Vi anser att det är viktigt att denna övergripande nationella kartdatabas inom bebyggda och obebyggda områden upprättas, och som också beaktar klimatförändringar, se vidare avsnitt 5.2.

SGI stödjer i dag bl a. den kommunala räddningstjänsten när ras och skred inträffat eller befaras inträffa. Denna typ av insatser har ökat under senare år och bedöms öka framöver till följd av bl.a. erosion. Vi föreslår att detta arbete förstärks.

Kunskap om hur de geotekniska förhållandena påverkas av ett förändrat klimat är mycket viktig och har grundläggande betydelse för många olika infrastruktursystem. Ämnet klimatförändringar bör inkluderas i den tekniska högskoleutbildningen.

## Forskning och utveckling

Marken utgör ett komplext system av fast materia, gas och vatten. Dess respons på förändrad nederbörd och temperatur är svår att förutsäga i detalj. I samspelet mellan den bebyggda miljön och marken krävs överväganden och bedömningar kring risker och åtgärder. En ökad kunskap om förändrade förutsättningar för



erosion, ras och skred i ett förändrat klimat är grundläggande. En viktig uppgift framåt är att anpassa befintlig bebyggelse. En annan är att anpassa samhällsutvecklingen och utforma nya konstruktioner.

Utvecklad geoteknisk och miljögeoteknisk kunskap kommer att krävas till stöd för planering och byggande. Det rör bl.a. modeller för spridning av föroreningar i mark, kunskap om metoder för att kartlägga och förebygga moränkskred, studier av ravinbildningar, metoder för yttäckande kartering av områden med kvicklera, utvärdering av förstärkningsmetoder och utveckling av riskbase-erade beslutsstödm modeller.

Det är angeläget att befintlig och ny kunskap implementeras, vilket förutsätter ett nära samarbete mellan olika parter. Effektivt vid tvärvetenskaplig forskning är att denna knyts direkt till infrastrukturprojekt.

## Förslag

- I instruktionen till SGI och SGU ska framgå att respektive myndighet får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom eget ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.

Förslag lämnas också rörande ett antal uppgifter, vilka beskrivs vidare i nämnda avsnitt:

- avsnitt 5.1: kartering av risker för ras och skred i bebyggd miljö,
- avsnitt 5.2: kartdatabas över skredförutsättningar,
- avsnitt 5.3: jourverksamhet m.a.p. ras, skred och erosion,
- avsnitt 5.5: fysisk planering och myndighetsstöd i den kommunala planeringsprocessen.

### 4.3.3 Kusterosion

*Ökade havsnivåer och kraftigare vindar kan komma att innebära väsentligt ökade problem med stranderosion längs kusten med konsekvenser för bebyggelse och infrastruktur. Detta kan medföra stora värdeförluster. Framförallt landets sydligaste kuster är utsatta.*

## Stranderosion

Längs Sveriges 11 500 km långa kust finns olika kustformationer representerade. Dessa kan indelas i sandkust, klintkust, deltakust och landhöjningskust. Erosion av berggrund är en mycket långsam process. Vår analys inriktar sig därför på erosion i jordtäckte längs havet, och framförallt erosion vid sandkuster där förändringar innebär snabbare processer.

Med stranderosion avses den process som leder till förlust av material, som sand och grus, från stranden och botten i strandområdet. Erosion och sedimentation är en ständigt pågående naturlig process i landskapet. Det kan råda balans både tvärs en strand och längs den genom omväxlande erosion och ackumulatation. 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, särskilt vid stormar.

## Ansvarsförhållanden i dag

SGI har ansvar att medverka till att minska riskerna inom det geotekniska området med utgångspunkt att människor ska kunna bo på säker grund. SGI ansvarar för samordning av frågor om stranderosion mellan olika myndigheter, är kontaktorgan mot myndigheter inom EU och remissinstans till länsstyrelser och kommuner vid förebyggande insatser och åtgärder mot stranderosion i fysisk planering samt biträder miljödomstolar vid tillståndärenden.

SGU ansvarar för bl.a. frågor om landets geologiska beskaffenhet. Vid SGU genomförs grundvattenkartering och grundvattendokumentation, liksom maringeologisk kartläggning, som har betydelse för att klargöra materialdynamiken på havsbotten, vilket påverkar kusterosion.

## Områden som i dag är utsatta för stranderosion längs kusten

Det finns många platser längs Sveriges kuster där det finns erosionsbenägen jord. Detta är särskilt framträdande för stora delar av kusterna i Skåne, Halland, på Öland och Gotland. Mest frekvent är stranderosion längst Skånes sydkust, främst kusterna i Ystads

kommun där erosion har konstaterats sedan början på 1800-talet. De svåraste skadorna har uppkommit vid högvatten och sydostliga vindar då strandlinjen förskjutits tiotals meter. Vid Löderups Strandbad har under den senaste 30-årsperioden strandlinjen förskjutits på över 150 meter inåt land. Enligt SGI:s översiktliga inventering finns förutsättningar för stranderosion vid cirka 15 procent av Sveriges kuster, motsvarande cirka 1 800 km (Rydell et al, 2006). Värden som kan vara i riskzonen är bebyggelse, infrastruktur som vägar, järnvägar, va-system, turistanläggningar, värdefull mark, värdefulla naturmiljöer och rekreationsområden (Rankka et al, 2005).

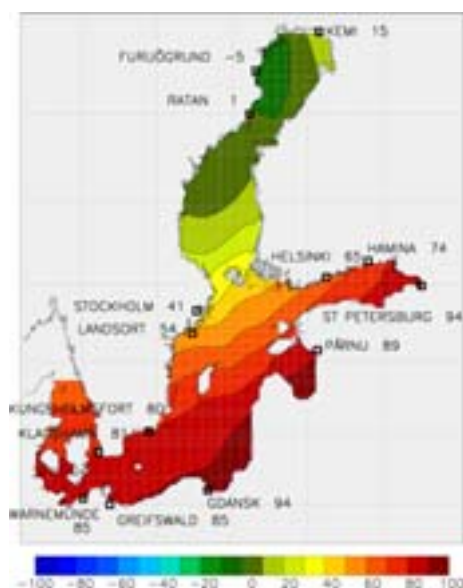
### Faktorer som påverkar erosion längs kusten

Huvudsakligen påverkas kusterosion av följande förhållanden:

- vattennivåer i havet med hänsyn tagen till landhöjning,
- vågförhållanden – höjd, frekvens, riktning, extrema förhållanden,
- vind- och strömförhållanden - riktning, intensitet,
- geologi/jordarter på land och havsbotten,
- topografi och morfologi – höjder på dyner och bakomliggande områden samt strandlinjens utformning,
- batymetri – nivåförhållanden och lutningar på havsbotten.

De tre förstnämnda är direkt kopplade till klimatet och påverkar de senare. Enligt klimatscenerierna kommer havsnivåerna att öka då havet stiger globalt och når därmed tidigare opåverkade strandområden. Medelvattennivån bedöms vara den dominerande med en långsam kontinuerlig påverkan över året. Lokalt kan mycket kraftiga vågor i kombination med högt vattenstånd orsaka stor påverkan. Huruvida nuvarande erosiondrivande förhållanden kommer att förstärkas på grund av vindar och stormar till följd av ändringar i klimatet är däremot inte helt klarlagt. Enligt Echammodellen kommer medelvinden att öka något liksom byvinden, medan Hadammodellen visar på obetydliga ökningar av medelvinden. Kraftigare vindar kan ge högre vågor och därmed större eroderande krafter. Figur 4.30 visar medelvattenståndet längs Sveriges kust i slutet av seklet vid en global höjning av havsnivån med 88 cm, det högscenari som beskrivs i avsnitt 3.5.4.

Figur 4.30 Havets medelvattennivå 2071–2100 relativt 1903–1990 vid en global höjning av havsnivån med 88 cm (RCO-EA2)



Källa: Meier et al, 2004, med tillstånd av Inter Research.

### Konsekvenser av stranderosion längs kusten i ett förändrat klimat samt skadekostnader

I *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*, bilaga B 14, redovisas en mycket översiktlig analys av hur stor del av den kustnära bebyggelsen som kan vara utsatt för erosion 2071–2100. Analysen utgår från SGI:s översiktliga inventering av kustområden med förutsättningar för erosion utifrån geologiska förhållanden (Rydell et al, 2006). De redovisade sträckorna i inventeringen avser områden där kusten främst utgörs av sand och silt. Utifrån en global havsnivåhöjning på 88 cm har landet delats i tre zoner med 80 cm höjning av havsnivån i södra Sverige (t.o.m. Östergötland), 50 cm i de mellersta delarna (t.o.m. Uppland) och 20 cm i de norra delarna.

Uppgifter om höjdförhållanden med tillräcklig noggrannhet saknas för huvuddelen av de svenska kuststräckorna. För bedömning av vilka strandnära områden som kan komma att påverkas har

därför en modell använts som bygger på ett samband mellan havsnivåhöjning och påverkan på stränder (Bruun, 1988). En generell uppskattning är, enligt modellen, att 1 cm höjning av havsnivån har påverkan 1 meter upp på stranden. Ett tillägg har gjorts med cirka 25 procent på bredden av den antagna påverkade kustremsan för lokala effekter som stormar m.m. De zoner som därmed bedöms påverkas får bredderna 100, 65 respektive 30 meter räknat från söder till norr. Den globala höjningen på 88 cm (högscenariot) har valts med tanke på att bebyggelse utgör ett system med lång livslängd, samt att havet fortsatt bedöms stiga även efter detta århundrade, se avsnitt 3.5.4.

Drabbade arealer för respektive markslag och kustkommun har räknats utifrån Lantmäteriets terrängkartor. Markslagen är uppdelade efter låg och hög bebyggelse, fritidshus och industrier samt åkermark. Antal fastigheter per markslag bygger på statistik från SCB (Statistikdatabasen, SCB).

Totalt beräknas drygt 1 135 km<sup>2</sup> kunna drabbas, varav låg bebyggelse motsvarar 222 km<sup>2</sup>, fritidsbebyggelse 84 km<sup>2</sup>, hög bebyggelse 0,5 km<sup>2</sup>, industrier 62 km<sup>2</sup> och åker m.m. 767 km<sup>2</sup>. 60 procent av den totala erosionsbenägna ytan ligger i Skåne. Skogsmark och övrig mark ingår i markslagen, men har inte beräknats eller värderats.

I tabell 4.20 framgår antal befintliga fastigheter som enligt de övergripande beräkningarna hotas av erosion längs kusten år 2071–2100. I tabell 4.21 visas det totala värdet på den hotade bebyggelsen och åkermarken. Kostnadsberäkningen av värdet av hotad bebyggelse grundar sig på genomsnittliga tomtarealer och pris per fastighetsslag och kommun (SCB, Statistikdatabasen). Åkermark har värderats efter ett genomsnittspris per hektar och län. Beräkningarna avser perioden 2071–2100.

**Tabell 4.20 Ökad risk för stranderosion längs kusten vid en global havsnivåhöjning på 88 cm år 2071–2100, antal hotade befintliga fastigheter (bilaga B 14)**

Låg bebyggelse	Fritidshus	Hög bebyggelse	Industrier	Summa
116 900	32 400	100	3 500	152 900

**Tabell 4.21** Totalt värde på hotad befintlig bebyggelse år 2071–2100 samt åkermark, 2005 års prisnivå (miljoner kronor, bilaga B 14)

Låg bebygg.	Fritidshus	Hög bebygg.	Industrier	Åker	Summa
168 400	33 900	1 200	16 900	4 000	224 400

Värdet på den hotade bebyggelsen av kusterosion i Skåne, Halland, Blekinge och Stockholms län utgör cirka 75 procent av det totala hotade värdet, Skåne ensamt utgör cirka 40 procent. Låg bebyggelse är mest utsatt. Hotad småhusbebyggelse beräknas motsvara drygt 4 procent av det totala småhusbeståndet vilket motsvarar cirka 10 procent av dess värde. Utöver skador på drabbad bebyggelse så tillkommer även skador på lokal infrastruktur som gator, va-system, el- och teleledningar. I bilaga B 14 har kostnader för skador på va-system fram till fastighet på grund av stranderosion överslagsmässigt beräknats till 10,7 miljarder kronor.

Sannolikt kommer inte alla dessa värden att förstöras. Bristen på höjddata med tillräcklig noggrannhet har medfört att en förenklad modell har använts för beräkningarna av den påverkade strandens bredd. Detta gör att beräkningarna av antalet utsatta fastigheter samt det totala värdet på dessa är osäkra. Vissa områden kommer sannolikt inte alls att vara hotade. Hela fastigheter kommer inte heller alltid att drabbas utan endast delar. En successiv anpassning kommer även att ske genom förebyggande åtgärder m.m. som minskar riskerna för erosion.

En analys från Ystad kommun visar på konsekvenser samt värden som kan gå förlorade på grund av stranderosion vid en havsnivåhöjning på 0,5 meter inom 100 år om inga åtgärder vidtas. Detta skulle medföra att strandlinjen flyttas i genomsnitt 100 meter inåt varvid 415 000 m<sup>2</sup> av strandzonen skulle gå förlorad. Den sammanlagda förlusten uppskattas till 488 miljoner kronor i 2005 års prisnivå. I beräkningarna ingår inte att turismen skulle drabbas i så stor omfattning då det skulle vara möjligt att bygga ett nytt strandområde längre in.

Utöver att badstränder, campingplatser kan komma att drabbas längs kustavsnitten, med förlorade intäkter och kostnader som följd, riskerar även naturmiljövärden att gå förlorade. Många naturområden, som strandängar, har en begränsad bredd och gränsar till vägar och bebyggelse. Om sådana områden eroderar bort riskerar den bebyggda miljön att utsättas för erosion och översvämning.

## Möjliga åtgärder för skydd av kustområden samt kostnader för dessa

Det finns olika åtgärder för att begränsa och förhindra erosion och eventuella översvämningar av kustområden. Syftet med ett kustskydd/erosionsskydd är att:

- utgöra en barriär mellan vattnet och det erosionskänsliga strandmaterialet,
- dämpa energin i vågor och strömmar,
- styra vattenströmmar och sedimentströmmar så att önskvärd transport och sedimentation sker,
- förhindra vatten att översvämma byggd miljö och andra områden.

Olika typer av kustskydd finns. Vilken typ av skydd som väljs beror på tekniska och miljömässiga faktorer, lokala förhållanden som topografi, vattendjup och vågklimat samt ekonomiska faktorer. Ofta kombineras flera typer. Effektiviteten hos olika skydd är i dag inte helt klarlagd. Exempel på skydd och kostnader för dessa är:

- strandskoning, sponter, kajkonstruktioner (800–1 200 kronor/m<sup>2</sup>),
- strandfodring (fyllning med sand, 40–100 kronor per m<sup>3</sup>),
- vågbrytare (exempel från Ystad 1,25 miljoner kronor, längd 50 meter, djup 3 meter),
- hövder (enkla 10 000–20 000 kronor per meter, brygga 30 000–40 000 kronor per meter),
- förstärkning av naturliga kustskydd, dyner eller bukter mellan uddar (beror av lokala förhållanden),
- vegetation (armerad sandvall med plantering 200 kronor per m<sup>2</sup>),
- stranddränering (200 meter samt pumpstation 1,5 miljoner kronor),
- fenor på botten (ännu ej färdigutvecklat).

SGI har gjort en överslagsberäkning för hur långa kuststräckor som kan behöva skyddas mot erosion (Rydell, 2007). I denna beräkning antas att kustskydden utförs genom strandfodring i kombination med strandskoning med släntskydd av sten. Enligt Lantmäteriets fastighetskarta finns bebyggelse längs cirka 220 km av de sträckor

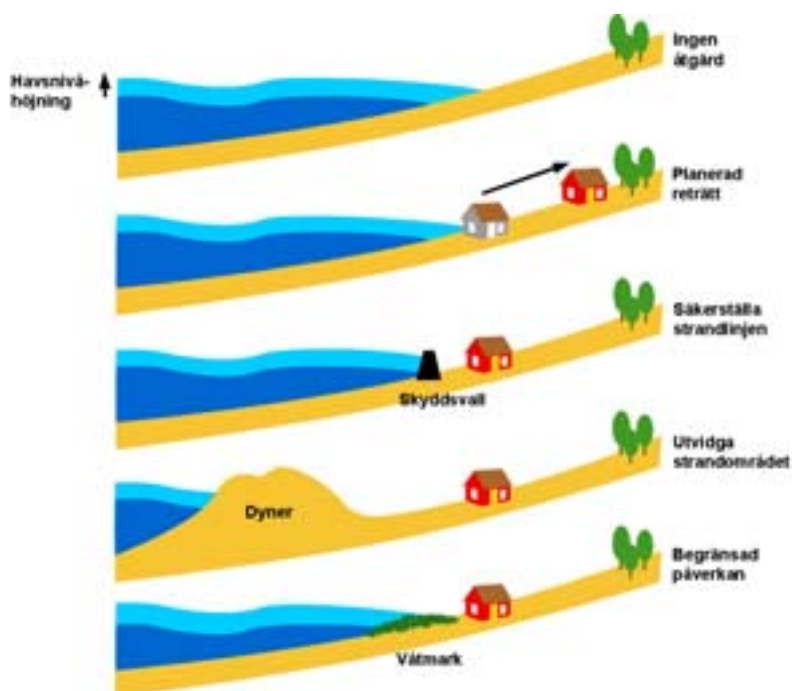
som har förutsättningar för erosion, motsvarande cirka 12 procent av den totala erosionsbenägna sträckan. Detta stämmer väl överens med en jämförelse med kända erosionsområden i Ystads kommun, där bebyggelse finns inom cirka 15 procent av de erosionskänsliga avsnitten i kommunen. Anläggningskostnaden för både strandfodring och strandskoning har i beräkningarna antagits till cirka 15 000–20 000 kronor per meter kust. Strandfodring behöver underhållas ungefär vart femte år, och strandskoning vart 30 år. Investeringskostnaden av skydd längs en sträcka på 180–270 km motsvarande 10–15 procent av den erosionsbenägna sträckan bedöms med nämnda förutsättningar ligga inom intervallet 2 700–5 400 miljoner kronor. Detta bör ställas i relation till de översiktliga beräkningarna av hotade värden som uppgår till 224 miljarder kronor enligt ovan.

### **Anpassningsåtgärder mot stranderosion längs kusten samt överväganden**

Vi anser att erosion längs kusten bör ses i ett helhetsperspektiv utifrån samhällets intressen. Utgångspunkten bör vara att naturen har sin gång i områden där det inte finns enskilda eller allmänna intressen eller värden som hotas. Kommunen ansvarar genom planprocessen för att bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet. Om värden av vikt hotas, som bebyggelse, infrastruktur och andra skyddsvärda områden, kan det bli aktuellt att vidta åtgärder, se vidare avsnitt 5.6. I figur 4.31 visas olika strategier för att skydda stränder mot erosion.



Figur 4.31 Strategier för skydd av kustområden



Källa: Bilaga B 14.

Klimatförändringar måste beaktas i den fysiska planeringen. Den kommunala fysiska planeringen är ett av de viktigaste instrumenten för att undvika ny bebyggelse i områden med risk för bl.a. kusterosion. Bebyggelse ska enligt PBL lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet. Ett hållbart samhälle ställer krav på att markanvändning sker med ett långsiktigt perspektiv. Bebyggelse – byggnader och infrastruktur – har lång livslängd, vilket gör att erosionsrisker behöver bedömas mycket långsiktigt. Vid nyprojektering av konstruktioner i havet är det likaså viktigt att hänsyn tas till de eventuella konsekvenser som dessa kan medföra för erosionskänsliga områden. Kommunerna måste därför i ökad utsträckning ta hänsyn till risker för framtida kusterosion i sitt planarbete. Se vidare avsnitt 5.5.

För att stärka den fysiska planeringen bör länsstyrelsens skyldighet att tillhandahålla underlag för kommunernas planering utökas och förtydligas, se vidare avsnitt 5.5. SGI bör få i uppdrag

att stödja länsstyrelser och kommuner i arbetet med den kommunala planeringsprocessen.

SIG har genomfört en nationell översiktlig kartläggning över kustområden med förutsättningar för stranderosion som analysen ovan är byggd på. Vi anser att denna bör fullföljas med en kartläggning av risker för stranderosion i bebyggda områden och som kan ligga till grund för mer detaljerade utredningar och behov av förstärkningsåtgärder, se vidare avsnitt 5.1. Hänsyn behöver tas till klimatförändringar. Områden av stort natur- och rekreationsvärde kan också vara viktiga att skydda, men bör komma i andra hand.

Karteringar ställer krav på uppgifter om höjdförhållanden med tillräcklig noggrannhet. Sådana saknas i dag för huvuddelen av de svenska kusterna. Det finns behov av en nationell höjddatabas med tätare och noggrannare höjddata än dagens höjddatabas. Lantmäteriet bör därför få i uppdrag att utveckla en sådan, se avsnitt 5.2. Det saknas också generellt batymetriska uppgifter samt uppgifter om havsbottens förändringar till följd av erosion och ackumulation med betydelse för kustnära processer. Sjöfartsverket bör få i uppgift att sammanställa och tillgängliggöra batymetriskt kartunderlag för den svenska havskusten, se vidare avsnitt 5.2.

Vi anser att ersättningssystemet för förebyggande åtgärder vid naturolycka även ska omfatta stranderosion. Erosion har hittills tolkats som naturolycka med långsamt förlopp, trots att det slutligen kan leda till snabba förlopp med stor förlust av mark eller bebyggelse. Klimatförändringar med höjda havsnivåer, ökade vindar och eventuellt förändrade strömmar kan leda till att hotade värden riskerar att öka, se vidare avsnitt 5.6.

### Forskning och utveckling

Det finns ett fortsatt behov av ökad kunskap och erfarenhet om kusterosion och effekter av skyddsåtgärder. I MESSINA-projektet, där SIG och Erosionsskadecentrum deltagit, har avsikten varit att samla och byta erfarenheter om hur strandområden kan skyddas. Arbetet har genomförts i samverkan mellan myndigheter, kommuner, universitet och praktiskt verksamma på lokal och regional nivå i olika europeiska länder. Vi anser det viktigt att denna typ av kunskapsutbyte och kunskapsåterföring sker mellan olika aktörer och länder.

Det är osäkert hur olika konstruktioner i vatten påverkar förekomsten och utvecklingen av strömmar med åtföljande erosion och ackumulation, avseende både erosionskydd och andra vattenkonstruktioner. Vi anser att fortsatt forskning krävs för att öka kunskapen om olika åtgärders påverkan på strömbildning, förflyttning av sediment m.m.

## Förslag

Förslag lämnas rörande ett flertal uppgifter och beskrivs vidare i nämnda avsnitt:

- avsnitt 5.1: kartläggning av risker för erosion i bebyggd miljö,
- avsnitt 5.2: höjddatabas,
- avsnitt 5.2: batymetriskt kartunderlag,
- avsnitt 5.5: fysisk planering,
- avsnitt 5.5: myndighetsstöd i den kommunala planeringsprocessen,
- avsnitt 5.6: ersättningssystemet för förebyggande åtgärder.

### 4.3.4 Dagvattensystem och bräddning av avloppsvatten

*Avloppssystemen kommer att belastas kraftigt i ett förändrat klimat på grund av ökade regnmängder och en omfördelning av regn till höst, vinter och vår när avdunstningen är låg och marken är vattenmättad. Extrema skyfall innebär att ledningarna bli överbelastade. Riskerna för bakåtströmmande vatten med källaröversvämningar som följd ökar, liksom bräddning av avloppsvatten med åtföljande hälsorisker.*

### Ansvarsförhållanden

Ansvar för allmänna avloppssystem ligger på den kommunala VA-huvudmannen och omfattar ledningar inom fastställda verksamhetsområden fram till förbindelsepunkt till abonnenter. Innanför förbindelsepunkten är fastighetsägaren ansvarig. Kommunen har ett lagstadgat ansvar genom plan- och bygglagen och översiktplaneringen att förebygga översvämningar. VA-huvudmannen kan

vara ansvarig vid översvämningsskada vid uppträngning via allmänna avloppsledningar beroende på omständigheterna i det särskilda fallet. Den nya lagen om allmänna vattentjänster utvidgade skadeståndsansvaret till att även omfatta översvämning av ytledes rinnande vatten från öppna dagvattenlösningar som tillhör den allmänna VA-anläggningen. Det förutsätts i lagstiftningen att översvämningsskadan har uppstått i ett VA-förhållande, det vill säga i förhållandet mellan VA-huvudman och abonnent/avgiftsskyldig.

### Avloppsnäten i dag

Begreppet avloppsledningsnät omfattar både spillvattenförande ledningar och dagvattenledningar. I princip finns tre systemtyper för avloppsnät. I ett kombinerat system avleds spill-, dag- och dräneringsvatten i en gemensam ledning. I systemet ingår bräddavlopp för att skydda lågt liggande bebyggelse vid kraftig nederbörd. Duplikatsystem avleder spill- och dagvatten i olika ledningar. Dräneringsvattnet kan avledas till någon av dessa. I separatsystem avleds spillvattnet i egen ledning. Dagvattnet hanteras lokalt eller i diken och dräneringsvattnet avleds i egen ledning eller tillsammans med de övriga. Separatsystemet kan ses som en föregångare till det som i dag benämns *långsiktigt hållbar dagvattenhantering* och började användas i villaområden under början av 1900-talet.

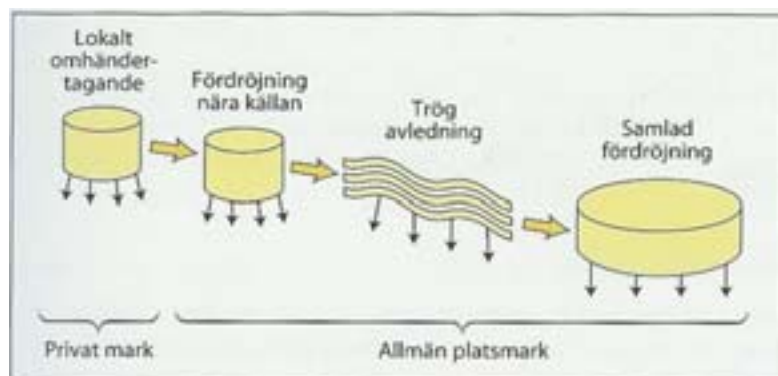
Utbyggnaden av avloppssystemen startade i större städer i slutet av 1800-talet. Utbyggnaden ökade kraftigt från 1950-talet i takt med övrig samhällsutbyggnad, men också beroende på att man övergick från kombinerat till duplikat system. Längden på näten är drygt 100 000 km varav 90 procent är byggt från 1950-talet och hälften från 1970-talet. Dagvattenledningarna utgör 35 procent, spillvattenledningarna 57 procent och de kombinerade 8 procent. En tredjedel av kommunerna har avloppsnät som delvis består av kombinerade delar, oftast belägna i städernas centrala och äldre delar. Servisledningarnas tillkommer med en längd på cirka 20–30 000 km. Den genomsnittliga utspädningsgraden av spillvattnet i reningsverk beroende på tillskottsvatten är i dag 200 procent, dvs. andelen tillskottsvatten är lika stor som andelen spillvatten.

Ledningars livslängd varierar. Vid bristande funktion kan även yngre ledningar kräva åtgärder samtidigt som andra avlopps-

ledningarna kan fungera utan problem i mer än 100 år, allt beroende på markförhållanden, anläggningssätt och kvalitet. Ofta är det därför delar av en avloppsanläggning som förnyas och inte hela anläggningen. Förnyelsetakten av både spill- och dagvattenledningar är i dag lägre än en procent per år.

Sedan 10–20 år pågår ett systemskifte avseende dagvattenhanteringen. Syftet är att minimera de avledda dagvattenflödena, behålla grundvattenbalansen inom bebyggelseområdena, göra områdena tåliga mot kraftig nederbörd samt minska föroreningsbelastningarna på recipienten, se figur 4.32.

Figur 4.32 En långsiktig hållbar dagvattenhantering



Källa: Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem – Problembeskrivning, kostnader och åtgärdsförslag, bilaga B 16.

### Sårbarheter i dagens system och inträffade extremhändelser

Kombinerade system innebär översvämningensrisk för lågt belägna källare med risk för bakåtströmning vid överfullt system. Till det kombinerade systemet hör bräddavlopp för att skydda lågt liggande byggnader. Avvattning från garagedrifter till dag- eller kombinerad ledning kan vid mycket kraftig nederbörd ge översvämmade källare, på grund av att flödena leds ned mot nedfarten och inte avbördas i tillräcklig omfattning. Situationen kan förvärras om avloppsledningen är överbelastad och bakåtströmning sker. Lågt belägna dräneringssystem anslutna till dagvattensystem till fastigheter med källare kan också belastas med bakåtströmmande dagvatten, vilket ställer krav på att källarmurar ska tåla att stå under

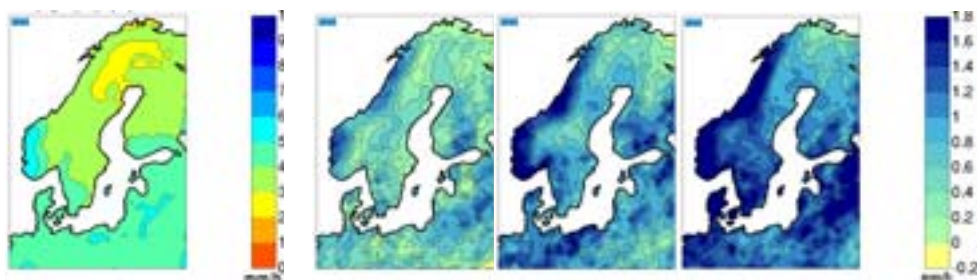
kortvarig dämning. Av antalet anmälda översvämningsskador till försäkringsbolagen utgör cirka 75–80 procent översvämning som uppstått genom bakåtströmmande vatten via spillvattenavloppet.

Extrema skyfall kan vålla skador i minst samma storleksordning som översvämningar vid höga vattenstånd i vattendrag och sjöar. Stora översvämningar beroende på skyfall inträffade 2002 och 2003 på Orust och i Kalmar med kostnader på 123 respektive 63 miljoner kronor. Totalt antal källaröversvämningar åren 2003–2005 redovisade till Svenskt Vatten samt extrapolerade till att gälla för hela landet uppgår till 5 700 sammantaget under dessa tre år, varav en extrem händelse, skyfallet i Kalmar 2003, svarar för drygt 600 av dessa. (Svenskt Vatten VASS; Bilaga B 16)

### **Konsekvenser av kraftig nederbörd och höga vattennivåer samt skadekostnader**

Korttidsnederbörd är av stor betydelse för avloppssystem då intensiva, kortvariga regn ger ökade volymer att avleda med risk för översvämning och bräddning. I modellerna som används i klimatscenerierna har varje ruta en storlek på 2 500 km<sup>2</sup>. Tidssteget för beräkningarna är 30 minuter. Översvämning av avloppssystem kan dock ske till följd av mer lokala skyfall och under kortare tid. Bedömningarna enligt bilaga B 16 har därför utgått från dagens nederbördsmönster med hänsyn tagen till nederbördsförändringar enligt klimatscenerierna. Dessa visar att nederbördsmängden, frekvensen och intensiteten kommer att öka, vilket ger värre översvämningar. Figur 4.33 visar den årliga förändringen av nederbördens intensitet i ett förändrat klimat.

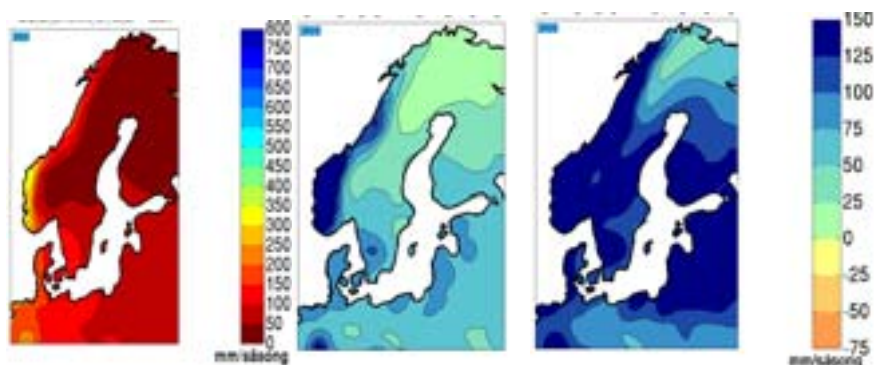
**Figur 4.33** Intensiteten i de kraftigaste regnen, mm/h och år, för perioderna 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Årsnederbörden ökar totalt medan sommarnederbörden minskar i landets södra och mellersta delarna. Denna omfördelning av regn till höst-, vinter- och vårperiod med låg avdunstning och vattenmättad mark ger ökad tillförsel av tillskottsvatten till avloppssystemen, vilket kommer att ställa ökande krav på systemen som helhet. Figur 4.34 visar förändring i vinternederbörd i form av regn.

**Figur 4.34** Förändring i regnmängder, dec-jan, perioderna 2011–2040 och 2071–2100 relativt 1961–1990 (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Utsläppsscenario B 2 uppvisar samma mönster, men med något mindre nederbörd. De områden som i dag är kritiska kommer fortsatt att vara detta och utbredningen av översvämningarna kommer att bli större. Nya kritiska områden kan tillkomma.

Även höga vattenstånd i hav, vattendrag och sjöar kan ge stora öknings av volymen tillskottsvatten på grund av ökad dränering. Medelavrinningen väntas öka i stora delar av landet och 100-årsflödet bedöms öka framförallt i västra Götaland och västra Svealand, men även i delar av fjällen och nordöstra Götaland. De ökade havsnivåerna drabbar framförallt södra delarna av landet, där landhöjningen är obefintlig eller låg. Avledning av dagvatten försvåras om recipienten dämmer längre in i systemen. Dagvattenförande ledningar med utlopp under vattenytan är utsatta vid en höjning av vattennivån genom risk för bakåtströmning. Risk finns även för återströmning i brädd- och nödavlöpp. Figur 4.35 visar höga nivåer i recipienten med åtföljande dämning. I bilaga B 16 redovisas exempel från Malmös och Göteborgs kommuner avseende fysisk planering med hänsyn tagen till VA-system och risker för översvämning.

**Figur 4.35** Mycket höga vattennivåer med dämnda servisleddningar och översvämmade källare



Källa: Bilaga B 16.

Det är svårt att uppskatta framtida skadekostnader till följd av mer kraftig korttidsnederbörd då klimatscenerierna inte har den upplösning som är bestämmande för avrinning från hårdgjorda ytor. För att få en bild av skadekostnadernas storlek görs en uppskattning enligt dagens situation. Skadekostnaderna grundar sig på inträffade översvämningar från Malmö och Göteborg åren 2003–2005 med ett kostnadsintervall på 15 000–50 000 kronor per



fastighet, se tabell 4.22. Siffrorna är sannolikt något överskattade, då även översvämningar som beror på stopp i avloppsledningsnät ingår, vilket inte behöver vara relaterat till kraftig nederbörd.

**Tabell 4.22 Uppskattad årlig total kostnad för källaröversvämningar åren 2003–2005 (miljoner kronor; bilaga B 16)**

Årtal	Uppskattat antal översvämningar	Total kostnad (15 000 kr/fastighet)	Total kostnad (50 000 kr/fastighet)
2005	1600	24	80
2004	1700	26	85
2003	2400	36	120

### Bräddning av avloppssystem

Vid höga flöden i anslutning till kraftig nederbörd överskrids stundtals ledningskapaciteten i kombinerade system och överskottsflödet passerar då utspätt med regnvatten, men orenat, ut till recipienten via bräddutlopp. Även vid avloppsreningsverk sker bräddning vid inflöden som överskrider vad som kan hanteras. Avledning till recipienten sker då vanligen efter grovrengningssteget. Principen vid bräddning, både i ledningsnät och på avloppsreningsverk, är att avloppsvattnet avleds till recipienten via en överfallskant.

Nödavledning, exempelvis i samband med pumpstopp i pumpstationer, innebär utsläpp av orenat spillvatten. Sådana utsläpp innebär spridning av mikrobiologiska halter i högre koncentration jämfört med koncentrationerna vid bräddning av kombinerade system, där en utspädning sker med dagvatten. I Sverige ställs i dag inga mikrobiologiska krav på avloppsvatten som når recipient, även om det finns vissa krav på registrering av exempelvis volym vid bräddpunkter.

Kommunala avloppsreningsverk är ofta lågt belägna, då strävan i så stor utsträckning som möjligt är att använda självfall. Anläggningarna är därför ibland känsliga för översvämningar.

Ökad nederbörd i ett förändrat klimat, och då framförallt ökad frekvens av intensiva skyfall, kan innebära mer frekventa och mer omfattande bräddningar. Detta kan medföra ökad mikrobiologisk belastning med åtföljande hälsorisker för råvattnet, se avsnitt 4.3.6. Åtskilliga studier har visat på kopplingen mellan kraftig nederbörd och vattenburna sjukdomsutbrott. Statistik från utbrott i USA

under åren 1948 till 1994 visar att 51 procent av de vattenburna sjukdomsutbrotten föregicks av kraftiga regnhändelser, se även avsnitt 4.6. (Åström et al, 2007)

### **Anpassningsåtgärder mot höjda vattennivåer och kraftig nederbörd, kostnader samt överväganden**

Krav på höjdsättning av mark och högsta tillåtna nivå för vatten och avlopp uppges inte alltid få den roll som krävs för ett säkert byggande. Avloppsvattenhanteringen måste, i ett klimat med ökad och intensivare nederbörd samt höjda vattennivåer, i än högre grad än i dag säkerställas tidigt i kommunens planprocess. Planeringsprocessen måste ses som en helhet och säkerhetsfrågorna lyftas fram tidigt så att de kan ses i samspel också med eventuella andra åtgärder som ligger utanför PBL:s ramar. Behov finns också av en tydlig ansvarsfördelning vid olika typer av översvämningar.

Det säkraste sättet att undvika problem i framtida bebyggelseområden vid vattendrag, sjöar och hav är att med en framsynt planering säkerställa en säker höjdsättning i förhållande till omgivande vatten. I denna planering måste ett förändrat klimat beaktas i ett långsiktigt perspektiv och med den osäkerhet som råder, se avsnitt 4.3.1 och avsnitt 5.5 om översvämning av strandnära bebyggelse samt fysisk planering. I proposition (2006/07:122) *Ett första steg för en enklare plan- och bygglag*, har regeringen i de grundläggande bestämmelserna förtydligat att bebyggelse ska lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till de boendes och övrigas hälsa, till deras säkerhet, samt med hänsyn till risken för olyckor, översvämning och erosion.

Boverket bör upprätta allmänna råd för planering, lokalisering och höjdsättning av bebyggelse inklusive VA-system med hänsyn tagen till översvämning, ras, skred och erosion som stöd till kommuner och länsstyrelser. Boverket bör också upprätta allmänna råd för planering och säkerställande av åtgärder för att skydda befintlig bebyggelse mot ovannämnda naturolyckor liksom avseende vatteninträngning i avloppssystem, se vidare avsnitt 5.5.

Befintliga dagvattenledningar är dimensionerade för att klara *normala* regn idag. Nederbörds mängderna i ett förändrat klimat bedöms öka i stort, frekvensen och intensiteten likaså. Extrema skyfall kan innebära att ledningarna bli tillfälligt överbelastade. Behov kommer att finnas av att säkra dagvattensystemen, så att

inte befintlig bebyggelse översvämmas av bakåtströmmande vatten från recipient under exempelvis byggda skyddsvallar. Genom att förse ledningarna med backventil eller pumpar kan fastigheter skyddas mot bakåtströmmande vatten från dagvattenledning.

Strävan ska rimligen vara att så långt möjligt minska mängden dagvatten som behöver avledas i ledningssystem. En lokalt inriktad dagvattenhantering med inslag av öppna lösningar tillsammans med en genomtänkt höjdsättning av hela bebyggelseområdet minimerar risken för översvämningar. Vid överbelastning av rörsystem behöver flöden kunna styras mot okänsliga områden eller avledas ytligt på säkert sätt, med exempelvis utjämningsmagasin, kompletterande kanaler, diken m.m. Andra tekniska åtgärder är byggande av alternativ dagvattenledning för toppflöden och utökad ledningskapacitet. Tekniska åtgärder kommer också att behöva vidtas mot högvatten, som invallning och dag- och dränvattenpumpning. (Svenskt Vatten, 2004)

Vi bedömer risken som stor att översvämningar ökar i befintliga avloppssystem på grund av ökad kraftig nederbörd om inga ytterligare åtgärder vidtas. Förnyelsetakten är i dag cirka 0,4 procent per år av ledningsnäten och bedöms gradvis komma att öka under de närmaste decennierna och nå ett balansläge om 25–50 år. En beräkning har gjorts i bilaga B 16 över kostnaden för dagens förnyelse, en bedömd gradvis ökande förnyelse under 25 år samt en extra satsning på *hydrauliskt kritiska områden* motsvarande 10–15 procent av avloppsnäten. I kostnaden har även hänsyn tagits till överlapp i förnyelsen, se tabell 4.23.

**Tabell 4.23 Anpassningskostnad av avloppsnät under den kommande 25-års perioden, dagens penningvärde (miljoner kronor, bilaga B 16)**

Normal förnyelse	Gradvis ökad normal förnyelse	Kritiska områden (visst överlapp med förnyelse)	Kritiska områden (inget överlapp med förnyelse)
25	25	24–36	10–20

Kostnaden för anpassning till klimatförändringar enligt tabell 4.23 av det allmänna avloppssystemet med beaktande av kraftigt ökad nederbörd innebär en ökning på 10-20 miljarder kronor utöver den *normala och gradvis ökande normala förnyelsen* på 50 miljarder kronor. Vi bedömer det som viktigt att förnyelsetakten ökar.

Anpassning till ett framtida klimat måste bygga på ett helhetsperspektiv som omfattar såväl privata som allmänna ledningsnät för

att vidtagna åtgärder ska få så stor effekt som möjligt. Ingen bedömning finns angående hur privata VA-installationer påverkas av det framtida klimatet. Det finns ett stort behov av att utreda hur förnyelsen av de privata VA-ledningarna ska genomföras där även hänsyn tas till klimatförändringar. En grov bedömning enligt bilaga B 16 är att kostnaderna för förnyelse av de privata VA-installationerna (servisledningarna) torde uppgå till cirka 40 procent av de allmänna kostnaderna, vilket ger en tillkommande förnyelsekostnad på 4–8 miljarder kronor under 25-års perioden. Viktiga frågor som behöver lösas är hur anpassningen i de allmänna näten ska koordineras med de privata, och vilken part som ska vara drivande för klimatanpassningen på privat mark.

Vi förespråkar att Svenskt Vatten fortsätter arbetet med att stödja branschen genom rekommendationer och kompetensspridning om att bygga översvämningssäkert i dagens och framtidens klimat.

Ämnet klimatförändringar och dess effekter behöver inkluderas i utbildningarna avseende teknisk infrastruktur. Väsentliga områden är bland annat den fysiska planeringen av bebyggelse och infrastruktur samt dimensionering av VA-system.

### Forskning och utveckling

Det finns behov av mer högupplösta regnserier för olika tätorter i Sverige som grund för dimensionering av VA-system, exempelvis tio minuters till två timmars varaktighet och med utbredning på cirka en km<sup>2</sup>. Se vidare avsnitt 5.2. och 5.9. Inom VA-branschen pågår olika projekt om nederbörd och dimensionering av avrinning på tätortsnivå. Det är viktigt att projekten bedrivs i ett nära och utökat samarbete med SMHI.

Behov finns också av forskning kring hur förnyelseplanering ska bedrivs för att förnya VA-systemen på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt med hänsyn till framtida klimat. Forskningen bör bedrivs i nära samarbete med branschorganisationen Svenskt Vatten, dess medlemmar och teknisk högskola.

## Förslag

Förslag lämnas rörande följande punkter vilka beskrivs vidare i nämnda avsnitt:

- avsnitt 5.5: fysisk planering
- avsnitt 5.10: ansvarsförhållanden.

### 4.3.5 Byggnadskonstruktioner

*Klimatförändringarna kan allvarligt påverka befintliga och framtida byggnadskonstruktioner. Ökad nederbörd medför större risk för fukt och mögelskador samt överfulla avloppssystem och översvämningar av källare. Det yttre underhållsbehovet kommer att öka. Den ökade temperaturen ger ett minskat uppvärmningsbehov, men samtidigt kommer kylbehovet att öka.*

#### Ansvarsförhållanden

Boverket är den nationella myndigheten för frågor om samhällsplanering, stads- och bebyggelseutveckling, byggande och förvaltning och för bostadsfrågor. Boverket tar bl.a. fram föreskrifter för nya byggnader och följer hur den fysiska planeringen utvecklas och föreslår förändringar i planlagstiftningen.

#### En beskrivning av byggnadsbeståndet och dess sårbarhet idag

Det finns cirka 3,1 miljoner fastigheter i Sverige av olika byggnadstyper och varierande ålder. Ett sätt att klassificera byggnader är att göra en indelning i flerbostadshus och lokalbyggnader, småhus och fritidshus samt industrier. För bakgrund till detta avsnitt, se *Byggnader i förändrat klimat*, bilaga B 17.

Sveriges befolkning har 1996–2005 ökat med 169 000 invånare. Samtidigt har 97 procent av de nya bostäderna tillkommit i kustzonen, de närmaste 5 kilometrarna från havet (Boverket, 2006). I kustzonen finns nära en miljon av landets totalt 3,1 miljoner fastigheter. Bebyggelsens lokalisering framgår i avsnitt 4.3.1.

*Flerbostadshus och lokalbyggnader:* I Sverige finns cirka 125 000 fastigheter med hyreshus och andra kommersiella byggnader (SCB, 2005). Därtill kommer ytterligare cirka 87 000 specialfastigheter

med bl.a. distribution, vård, undervisning, bad-, sport- och idrottsanläggning, kultur, kommunikation och offentliga byggnader. Den totala arean för flerbostadshus är cirka 157 miljoner m<sup>2</sup> och för lokaler cirka 166 miljoner m<sup>2</sup>. Flerbostadshus är ofta byggda av betongstomme med fasad av puts eller tegel. Andra vanliga fasadmaterier är trä, framförallt för byggnader uppförda under 80- och 90-talen samt plåt, för byggnader uppförda under 60- och 70-talen. Kalksandsten och asbestcement förekommer i mindre utsträckning. I moderna byggnader finns allt oftare stora ytor av glas. Vanligaste materialet för takbeläggning är tegel- eller betongpannor. Plåt respektive pappmaterial finns i något mindre omfattning.

*Småhus och fritidshus:* Antal småhusfastigheter inklusive jordbruks- och fritidshusfastigheter är cirka 2,6 miljoner. Dessa byggnader har vanligtvis en stomme av trä. Fasadmaterialet är också i stor utsträckning trä. Tegel användes under främst 60- och 70-talen och puts under 40- och 50-talen. Även kalksandsten förekommer. I ordningsföljd är taktäckning av betongpannor vanligast följt av tegelpannor, papp, stålplåt, aluminiumplåt och asbestcement. Grundläggningsförhållanden är källare till 60 procent, kryprum 20 procent och platta på mark 20 procent. Platta på mark har ökat sedan 1970-talet.

*Industribyggnader:* Ungefär 150 000 industrifastigheter finns varav drygt 50 000 är bebyggda. Industribyggnader består ofta av en pelarstomme av stål eller betong. I byggnader uppförda innan 1960-talet är även bärande väggar vanliga. Takmaterial av papp dominerar, men korrugerad plåt är även vanligt förekommande. Fasader av tegel är vanliga i byggnader uppförda innan 1960-talet. Från 1980 och framåt förekommer ett flertal fasadkonstruktioner, t.ex. lättbetongelement eller stålregelväggar.

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser**

Analysen i bilaga B 17 utgår främst från klimatscenarioet RCA3-EA2 och tidsperspektivet 2071–2100. Fokus ligger på hur olika klimatfaktorer kan komma att påverka byggnaders klimatskal (ytterväggar, fönster, dörrar, tak och grund). Hänsyn har tagits till skillnader mellan scenarierna. Tabell 4.24 visar de klimatfaktorer

som främst har betydelse för byggnadskonstruktioner samt en översiktlig beskrivning av deras påverkan.

**Tabell 4.24 Olika klimatfaktorerers övergripande påverkan på byggnader (bilaga B 17)**

Klimatförändring	Effekt
Snölast	Maximal snölast räknat som snöns vatteninnehåll minskar generellt. Av klimatscenerierna framgår enstaka höga extremvärden i södra Sverige. Detta indikerar snarast ett behov av ökad forskning kring denna faktor.*
Nederbörd	Ökad nederbörds mängd ökar risken för översvämningar av avloppssystem och källare samt risken för ras och skred, se 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3., samt ökat slitage av utvändiga material.
Slagregn (horisontell nederbörd)	Ökad frekvens av intensiva regn och slagregn ger ökad risk för fukt- och rötskador samt eventuell frostsprängning på byggnadsmaterial.
Temperaturökning	Ökad temperatur ger minskat uppvärmningsbehov med 10-40 procent, beroende på landsdel, samt ökat kylbehov, se 4.2.3. En temperaturökning kan medföra allvarliga hälsokonsekvenser ifall inte åtgärder vidtas, se 4.6.
Nollgenomgångar	Antal nollgenomgångar ökar i norra Sverige under dec-feb samt minskar i övriga landet. Sammantaget innebär detta minskat slitage, då majoriteten av bebyggelsen ligger i södra Sverige.
Högre luftfuktighet	Luftfuktigheten ökar i norr under hela året, medan den minskar i söder under sommaren. Detta innebär ökad risk för fuktskador och korrosion, ökat antal frostsprängningar i putsade fasader i norr och snabbare nedbrytning av utvändiga material.
Högre luftfuktighet och högre temperatur	Kombinationen ger ökad risk för mögel, röta (rötskadat trä har nedsatt hållfasthet) och insektsangrepp.
Extrema vindlaster	En eventuell ökning av extremvind ger ökat antal stormskador**. Luftrörelser inuti byggnader påverkas, vilket ger ökat värmebehov.

*Källa:* Bilaga 17.

\*Maximal snölast ligger till grund för byggnaders dimensioneringsregler. Större säkerhet krävs angående framtida förändringar av klimatfaktorerna snömängd och snöns vatteninnehåll som grund för ändrade dimensioneringsregler. En ökning av maximal snölast skulle innebära behov av förstärkning av takbalkar och underhåll.

\*\*Enligt uppgifter från Länsförsäkringar uppgick bolagets kostnader för stormskador på byggnader till nära 1,3 miljarder kronor mellan åren 1999–2006.

### Konsekvenser för tak och fasader, fönster samt grunder

*Takmaterial:* Låglutande platta tak klädda med papp förekommer både på småhus, lokaler som industrier. Pappens beständighet är temperaturberoende och stark sol eller kyla och is ökar förslitningen. Högre temperaturer kan förkorta papptakens livslängd med 10 procent (från 20 till 18 år). Ökade vindlaster kan förväntas öka skadorna på plåt och takpannor. Plåtpannor är känsliga för temperaturvariationer.

*Fasadmaterial:* En träfasads färgförslitning är beroende av hur mycket den utsätts för solens ultraviolettera strålar och höga temperaturer. Tydliga skillnader i underhållsintervall kan ses mellan norr- och söderfasader. Med ökad solstrålning och nederbörd kan underhåll (ommålning) behöva ske i genomsnitt vart nionde år och inte som i dagsläget vart tionde år. Oskadade tegelfasader är mycket tåliga och ska i normala fall inte påverkas av temperaturvariationer. Dock måste avrinningen från tak vara väl fungerande, för att teglet ska behålla livslängden. Puts tål inte konstant väta och det är därför av vikt att takavvattning fungerar väl. En ökning av frekvensen extrema regn samt direkta slagregn kan leda till ett ökat antal frostsprängningar. Spricker putsen förlorar den sin funktion med risk för att underliggande konstruktion skadas.

*Fönster:* Träfönster kan komma att behöva underhållas oftare. En eventuell ökad kondens kan innebära en snabbare nedbrytning med ommålning i genomsnitt vart sjätte år, istället för vart sjunde.

*Grunder:* Om perioder med ökad luftfuktighet förlängs kommer risken för skador relaterade till kryppgrunder att öka. Det finns också risk för ökat antal källaröversvämningar på grund av högre vattennivåer i hav, sjöar och vattendrag samt ökade extrema nederbördsmängder, se avsnitt 4.3.1 och 4.3.4.

### Konsekvenser av klimatförändringar för kulturellt värdefull bebyggelse

Den kulturellt värdefulla bebyggelsen kan till viss del drabbas av samma problem som övrig bebyggelse vid en klimatförändring. Ett varmare och fuktigare klimat kan innebära större mögel- och rötproblem än de man har i dagsläget. Även inomhusmiljön, inte minst i byggnader som helt eller delvis står ouppvärmade, kyrkor och slott samt de inventarier som förvaras i den kulturellt



värdefulla bebyggelsen kan påverkas. Det faktum att många äldre byggnader har överlevt till dags datum tyder på en viss robusthet mot förändringar i klimatet. Ett förändrat klimat kan dock innebära att den kulturellt värdefulla bebyggelsens nedbrytningstakt ökar, såvida inte underhållsåtgärder sätts in i tid. Underhållskostnaderna, vilka redan i dagsläget är stora för dessa byggnader, kommer sannolikt att öka i ett förändrat klimat. Även olika typer av anpassnings- och skyddsåtgärder, exempelvis invallningar, kan påtagligt påverka kulturmiljöerna.

### Anpassningsåtgärder, kostnader samt överväganden

Analysen visar att byggnaders klimatskal kommer att påverkas av klimatförändringar, framförallt i negativ riktning. I bilaga B 17 lämnas ett flertal förslag på anpassningsåtgärder, som behöver utföras för att skadekostnaderna ska minimeras. Vi bedömer att det är av vikt att sådana åtgärder vidtas. Vi anser det angeläget att Boverket får i uppdrag att göra en översyn av Boverkets byggregler, BBR, och Boverkets ändringsråd, BÄR, samt anpassa dessa till ett förändrat klimat.

Generellt kommer det i ett framtida klimat bli viktigt att byggnadskonstruktörer använder sig av byggnadsmaterial som håller nere underhållsbehoven. Det kan även bli nödvändigt med nyttjande av nya material. Underhållsåtgärderna bedöms generellt öka.

Avrinnings- och avloppssystem behöver dimensioneras efter en förväntad ökad nederbörd. Befintliga dagvattenledningar är dimensionerade för att klara "normala" regn idag. Nederbörds mängderna bedöms öka i stort, frekvensen och intensiteten likaså. Extrema skyfall kan innebära att ledningarna bli tillfälligt överbelastade. Genom installation av backventil eller pump kan fastigheter skyddas mot bakåtströmmande vatten från dagvattenledningar, som orsakar vattenskadorna. Avrinnings- och avloppssystem måste även regelbundet rensas och ses över för att undvika att stopp uppstår vid höga vattenflöden, se även avsnitt 4.3.4.

För att minska risken för fuktskador bör fuktskydd ges högre prioritet vid nybyggnad, ombyggnad och tillbyggnad. Fuktkvoten bör i ökad utsträckning kontrolleras under byggtiden.

Risk finns för ökade mögelskador. Detta kan motverkas genom att byggnaders grunder värms med inneluft eller med värmefläkt.

För att motverka att kylbehovet ökar i större omfattning vid ett varmare klimat bör solavskärmning användas i ökad utsträckning.

En eventuell ökning av den maximala byvinden och vindlaster kan innebära behov av vissa förebyggande förstärkningar som att takstolar, takpannor, plåtar och åsar kan behöva förankras bättre i byggkonstruktionen.

Generellt minskar snöns vatteninnehåll och snötäcket utbredning. Snömängderna minskar i södra Sverige, men ökar något i norra Sverige på kort sikt, för att sedan successivt avta. Klimatscenerierna uppvisar enstaka extrema värden på maximalt vatteninnehåll i snön inom begränsade geografiska områden i södra Sverige. Takkonstruktioner dimensioneras efter maximal snölast och större laster kan innebära behov av förstärkning av takbalkar eller aktiva system. Vi anser att det finns behov av ytterligare forskning kring dessa snöfaktorer för att säkerställa eventuellt behov av förändringar av dimensionerande värde för snölast för nybyggnad. Aktiva system avseende snölaster är t.ex. varningssystem för nedböjning av takbalkar. Råd och information om hur packningsgrader och varningssignaler ska tolkas är andra typer på åtgärder.

Underhållskostnaderna avseende tak och fasader förväntas öka i södra Sverige och minska i norra. Nedanstående tabell 4.25 visar nuvärdet av ökade underhållskostnader orsakade av klimatförändringar i olika framtidsperspektiv.

**Tabell 4.25 Nuvärde av ökade underhållskostnader för tak och fasader med avseende på tidsperspektiven 2011–2040, 2041–2070, 2071–2100, miljoner kronor (bilaga B 17)**

Tidsperiod	Papptak	Tegel och putsfasader	Träfasader	Ommålning fönster	Summa
2011-2040	0	0	1 000	1 000	2 000
2041-2070	4 000	1 000	4 000	6 000	15 000
2071-2100	7 000	2 000	8 000	8 000	25 000

Källa: Bilaga 17.

Kunskapen om klimatförändringar och dess effekter för byggnadskonstruktioner liksom för uppvärmnings- och kylbehov behöver ökas. Vi anser det angeläget att ämnet klimatförändringar inkluderas i den grundläggande tekniska högskoleutbildningen.

## Forskning och utveckling

Behov finns av fortsatt forskning kring extrema snölaster och dess vatteninnehåll samt av ändringar i solinstrålning i ett förändrat klimat.

## Förslag

- I instruktionen till Boverket och Riksantikvarieämbetet ska framgå att respektive myndighet får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom eget ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2.
- Boverket bör få i uppdrag att göra en översyn av Boverkets byggregler, BBR, och Boverkets ändringsråd, BÄR, och anpassa dem till ett förändrat klimat.

### 4.3.6 Föroreningsspridning vid översvämningar, ras och skred

*Den ökade risken för översvämningar och särskilt för ras och skred innebär att kemiska ämnen och smittämnen kan spridas från förorenad mark och gamla deponier. Det finns därför en ökad risk för förorening av framför allt lokala vattentäkter och betesmarker.*

### Klimatförändringarna ökar riskerna för spridning av föroreningar

De scenarier vi arbetat med pekar mot ökad medelnederbörd i större delen av Sverige. Det kommer att bli fler nederbördsdagar och häftigare regn. Nederbörden ökar på hösten, vintern och våren. Under dessa årstider kommer skyfallen att bli kraftigare, men inte mer än som kan förväntas på grund av medelförändringen i nederbörden. På sommaren däremot beräknas nederbörden bli intensivare trots att nederbörden i medeltal minskar i de södra delarna av landet. De högsta flöden, 100-årsflödena, kommer att öka framför allt i västra delarna av Götaland och Svealand samt i Norrland, särskilt i fjälltrakterna. I övriga delar kan en minskad vårflood leda till minskade 100-årsflöden. Den höjda havsnivån samt förändringarna i nederbörd och snösmältning kommer att påverka vattenflöden och grundvattennivåer.

En effekt av översvämningar, höga och kraftiga flöden samt skyfall är den ökade risken för spridning av föroreningar i miljön. Föroreningarna kan vara metaller eller organiska ämnen, men även riskerna för smittspridning ökar. De flesta ämnen, lösta såväl som partikelbundna, spolats med ytvatten ut i sjöar och vattendrag. Extrema regn leder till snabbare transporter av vatten vilket kan ge föroreningarpulser till yt- och grundvatten. En höjning av yt- och grundvattennivåer leder till ökad risk för utlakning av föroreningar i och med att nya områden utsätts för vattengenomströmning.

Fluktuerande grundvattennivåer gör att kemiska förhållanden i marken påverkas avsevärt och de flesta markföroreningar blir då betydligt mer mobila. Till exempel kan sulfidmineral oxideras vid låga grundvattennivåer under torra perioder. Metallföreningar som är mer vattenlösliga än de ursprungliga sulfiderna kan då spridas långa sträckor. Detta gäller för både naturliga förekomster och gruvavfall.

Ändrade nederbördsförhållanden, yt- och grundvattennivåer ökar risken för erosion, ras och skred, vilket kan frigöra kemiska ämnen och smittämnen. Markföroreningar som i dag ligger relativt orörliga i marken kan, som en följd av ras, skred och erosion, komma upp i markytan, där de kan utgöra ett hot mot människor och djur på plats eller längre ned i vattnets flödesriktning. Spridning av föroreningar riskerar påverka ekosystem, dricksvattenkvalitet, jordbruksmark, fiske mm.

Av speciellt intresse är en ökad spridning av bakterier och andra mikroorganismer. Under vissa förhållanden kan även översvämning av förorenad mark med höga halter lätt urlakningsbara ämnen hamna i brunnar vars vattenkvalitet kan påverkas.

Jordbruks-, åker- och betesmark kan påverkas av föroreningar som sprids och kommer i omlopp i samband med översvämningar. För betesmark är ökad spridning av mikroorganismer och andra föroreningar en risk som kan påverka betande djur. För uppodlad mark är metaller och bioackumulerbara ämnen, liksom toxiska mikroorganismer av störst intresse för hälsoeffekter på människa.

De områden och verksamheter som kan bidra till en spridning av föroreningar vid översvämning eller ras, skred och erosion är bl.a. förorenad mark, deponier, industrier och industrimark, avloppsrening, bensinstationer, upplag av miljöskadliga ämnen m.m. Förorenad mark kan vara områden för soptippar, deponier, gruvavfall, gamla bensinstationer, impregneringsanläggningar,

föroreningar avsatta i sediment i sjöar och vattendrag m.m. (Andersson-Sköld et al, 2007)

### Föroreningsspridning från olika verksamheter

Statens geotekniska institut (SGI) har på utredningens uppdrag gjort beräkningar för riskerna vid översvämningar eller ras och skred för ett antal fall (Andersson-Sköld et al, 2007b). De verksamheter eller områden som studerats är följande:

- kloralkalifabrik,
- impregneringsanläggning,
- glasbrukstomt och markföroreningar vid metallverksamhet.

Slutsatsen från beräkningarna är att skred eller motsvarande händelse i dessa fall leder till kortvarigt förhöjda halter som påverkar dricksvattenkvaliteten för samtliga studerade områden. Översvämning ger i sig inte någon direkt akut effekt på halter i närliggande vattendrag. Dricksvatten i närliggande brunnar bedöms inte heller påverkas av enstaka översvämningar som drabbar någon av de studerade verksamheterna på grund av samtidig utspädning. Om flera verksamheter ligger nära varandra och samtidigt påverkar en recipient så kan enskilda brunnar påverkas betydligt mer.

Gruvor och gruvavfall innehåller stora mängder metaller som vid en spridning i miljön skulle ge stor påverkan på miljön och kunna förorena vattentäkter m.m. Generellt anses inte gruvor utgöra någon risk för förorening vid översvämningar. Den största risken vid äldre eller pågående gruvverksamhet uppstår vid dammbrott i sandmagasin eller andra olyckor som påverkar gruvavfall, se avsnitt 4.2.2. Större avdunstning och periodvis mindre nederbörd sommartid skulle kunna frilägga avfall med metallsulfider i vattentäckta magasin som vid exponering för luft kan öka utlakningen av metallföroreningar.

En studie av konsekvenserna vid ett eventuellt haveri i ett sandmagasin har utförts av ett konsultbolag (Golder Associates AB, 2004). För ett av magasinerna innebär det att totalt 12,9 miljoner m<sup>3</sup> vatten kan frigöras och därutöver cirka 3,5 miljoner m<sup>3</sup> sand. Dammbrott under dessa förhållanden innebär stora konsekvenser med en flodvåg som följd. Flodvågens maximala höjd beräknas bli 5,5 meter. Närliggande brunnar bedöms översvämmas. Efter cirka en och en halv timme når vattnet enligt beräkningarna den näralig-

gande älven, som är en ytvattentäkt. Totala halterna av cyanid, bly och arsenik i älven kommer sannolikt att överskrida de gränsvärden som anges i dricksvattennormen. För att minska konsekvenser för dricksvattnet bör därför intaget av råvatten temporärt stoppas i vattenverk nedströms.

Sannolikheten för ett dammbrott är låg, se avsnitt 4.2.2. Det har dock skett dammbrott tidigare. Vid det dammbrott som skedde i Aitik den 8 september år 2000, fann man en såväl haltmässig som tidsmässig begränsad förhöjning av kopparhalten i vattnet. Kopparutsläppet var i detta fall inte högre än vad som var tillåtet. Några biologiska effekter har inte kunnat konstateras, förutom en tendens till försämring i bottenfaunasamhället. Det är dock osäkert om detta kan kopplas till dammhaveriet. (Benckert och Göransson, 2001)

Det finns i dag inventeringar av deponier och förorenad mark vid länsstyrelserna. Det kan finnas brister i underlaget och allt är inte sammanställt. Bland annat finns gravar med djur som dött i antrax (mjältbrand). Smittoriskerna finns kvar i många årtionden och kan komma att utgöra en risk vid översvämning, ras eller skred.

### Föroreningsbelastningen ökar i Göta älv vid ökad nederbörd

Vid mätningar i Mölndalsån, Säveån och Göta älv visar preliminära resultat på att halterna av miljögifter var högre 2006 än 2005. Den mest troliga förklaringen är att halterna ökat på grund av att nederbörden och flödena i vattendragen var högre 2006 än året innan. Ökad nederbörd leder till att bland annat oljerester spolats av vägbanor och att olika föroreningar i ökad utsträckning lakas ut från förorenad mark.

Länsstyrelsen i Västra Götaland har låtit utföra beräkningar av vad en ökad nederbörd sammantaget skulle medföra för hela Göta älv. Tidigare fallberäkningar har endast avsett påverkan från enstaka verksamheter eller markområden var för sig, för enstaka översvämningstillfällen.

Rapporten visar att en ökning av nederbörden med 30 procent ger en ökning av föroreningsbelastningen med 23 procent. Tabell 4.26, visar resultaten för metaller, men trenden bedöms vara likartad för suspenderat material och organiskt material.

**Tabell 4.26 Uppskattad mängd metaller som årligen tillförs Göta älv via dagvatten vid en bedömd årlig ökning av nederbörden med 30 procent**

		800 mm/år	+30 % nederbörd
Pb	Kg/år	625	769
Cu	Kg/år	1 064	1 309
Cd	Kg/år	12	15
Cr	Kg/år	172	212
Ni	Kg/år	219	269
Hg	Kg/år	2,4	3
Zn	Kg/år	4 089	5 029

*Källa:* Länsstyrelsen i Västra Götaland, Publikation 2003:57.

### Kartering av verksamheter och förorenad mark som kan bidra till ökad förorenings-spridning vid översvämning

På uppdrag av utredningen har SGI tillsammans med Räddningsverket inventerat verksamheter och förorenad mark inom riskområden för översvämningar vid dagens 100-årsflöden (Andersson-Sköld et al, 2007b). Karteringen bygger på Räddningsverkets översiktliga översvämningsskartering och på databaserna MIFO och EMIR. MIFO innehåller data om potentiellt förorenade områden. EMIR innehåller information om miljöfarlig verksamhet enligt Miljöbalken, så kallad A- och B-verksamheter. Figur 4.36 visar den geografiska fördelningen av förorenade områden och miljöfarliga verksamheter som ligger inom riskområden för översvämningar.

Vidare har även påverkansområden inventerats. Brunnarsarkivdata har använts för att beskriva antalet brunnar inom det potentiella översvämningssområdet. Figur 4.37 visar den geografiska fördelningen.

Resultaten från studien visar följande:

Det finns totalt 376 pågående A- och B-verksamheter (EMIR) inom riskområden för översvämning av dagens 100-årsflöden. Inom riskområdena finns också 932 områden som kan vara förorenade. Bredden och variationen inom de miljöfarliga verksamheterna och de förorenade områdena är mycket stor. Beroende på typ av händelse kan dessa potentiella föroreningskällor bidra till en ökad förorenings-spridning i samband med översvämningar. Förorenings-

belastningen kan påverka vattendrag och sjöar samt de slutliga utloppsområdena Östersjön och Västerhavet.

Längs de översvämningskarterade vattendragen finns ett stort antal enskilda brunnar och även andra vattentäkter. Inom riskområdet för översvämningar (100-årsflöden) finns enligt SGU:s brunnsarkiv cirka 3 300 brunnar. 2 500 av dessa finns i Svealand. I Västra Götaland finns betydligt färre antal brunnar. Göta älv är å andra sidan vattentäkt för Göteborgsområdet.

De översvämningskarterade riskområdena längs vattendragen består av 82 000 hektar öppen mark varav 38 000 hektar åker. Såväl potentiella föroreningskällor som brunnar och öppen mark ligger ofta väl spridda längs hela vattendragen.

För den mer detaljerade informationen om ovanstående karteringar hänvisas till underlagsrapporterna från SGI (Andersson-Sköld et al, 2007 och 2007b).

**Figur 4.36** Pågående miljöfarliga verksamheter (EMIR) och förorenade markområden (MIFO) inom riskområden för översvämning, dagens 100-årsflöden

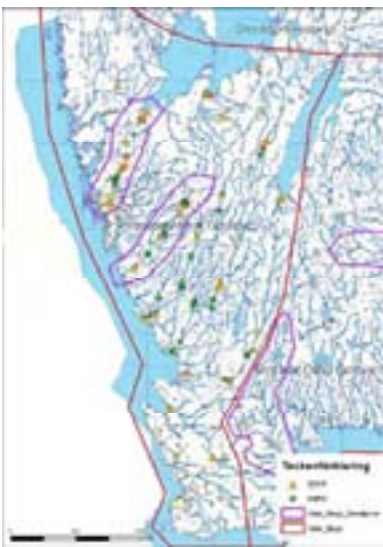




**Svealand**



**Västra Götaland**

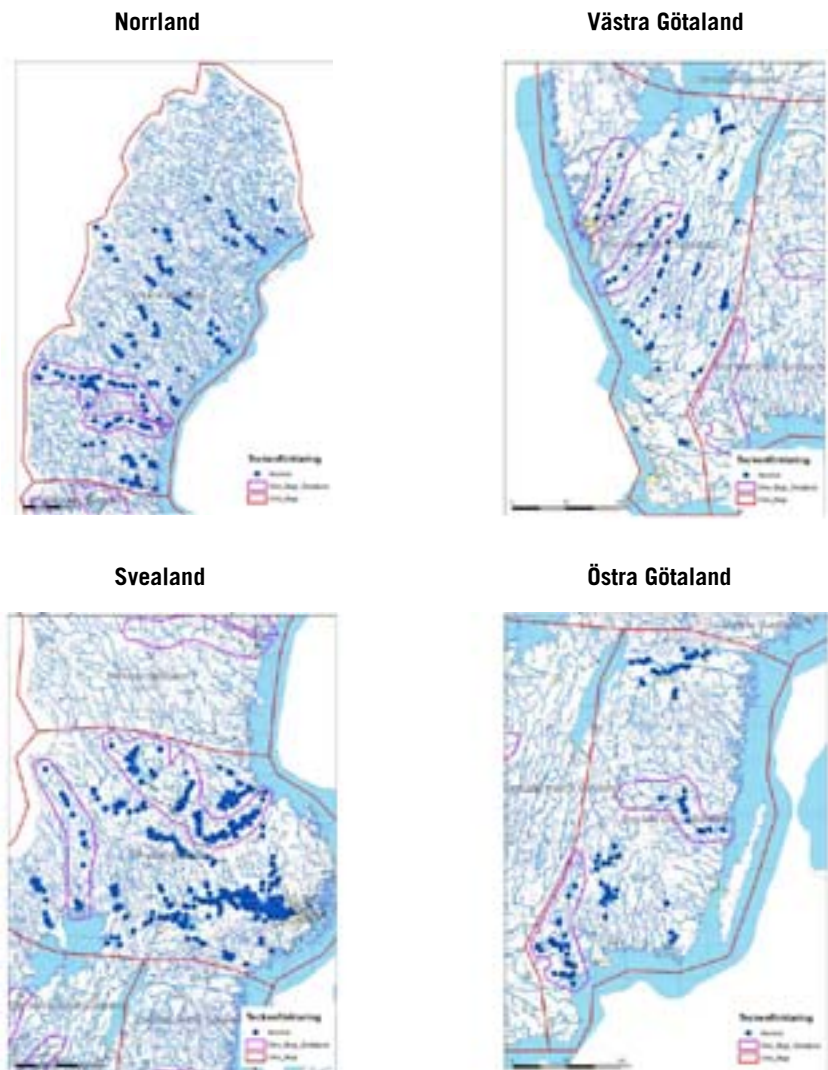


**Östra Götaland**



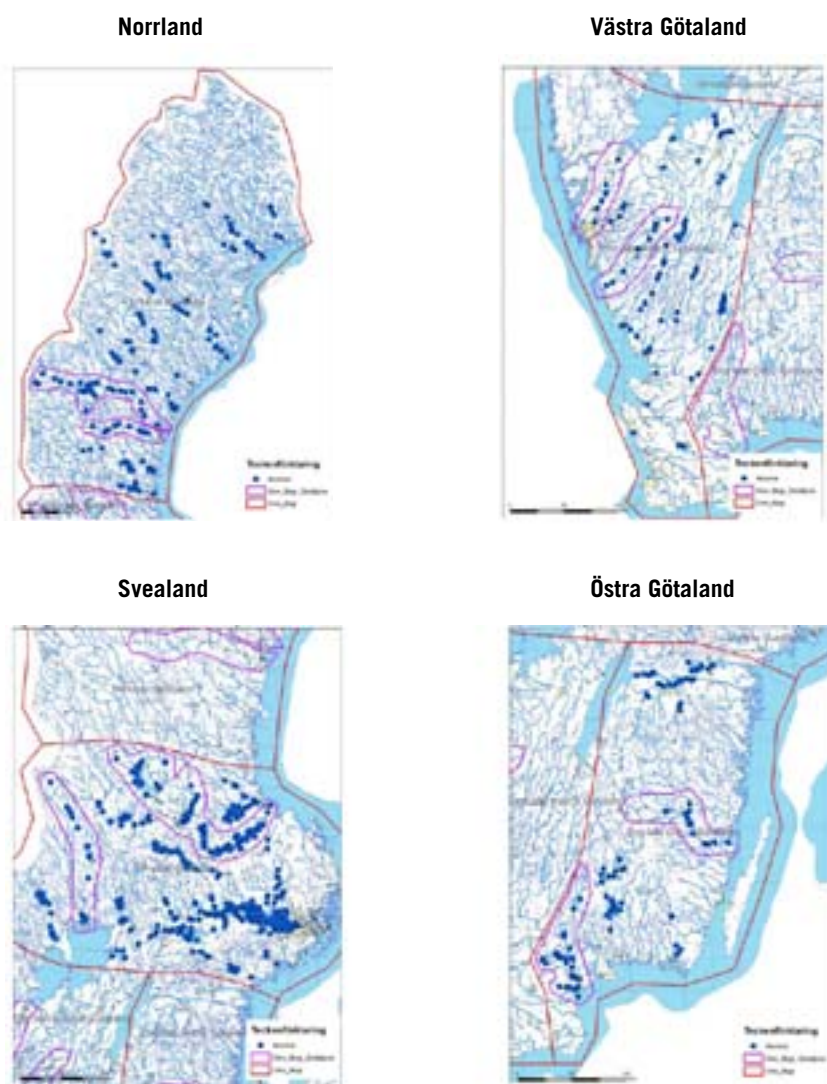
*Källa:* Föroreningsspridning vid översvämningar. Etapp II, Statens geotekniska institut, 2007.

Figur 4.37 Brunnar inom riskområden för översvämning, dagens 100-årsflöden



Källa: Föroreningsspridning vid översvämningar. Etapp II, Statens Geotekniska institut, 2007.

Figur 4.38 Brunnar inom riskområden för översvämning, dagens 100-årsflöden



Källa: Föreningsspridning vid översvämningar. Etapp II, Statens Geotekniska institut, 2007.

## Anpassningsåtgärder och överväganden

Det förändrade klimatet kommer att öka översvämningensriskerna inom vissa områden i landet. Särskilt utsatt är Västra Götaland och delar av Norrland. Intensiteten i kortvariga regn kommer också att öka på de flesta håll, vilket gör att risken för lokala översvämningar ökar.

Karteringar visar att ett stort antal föroreningskällor och dricksvattentäkter och ligger inom översvämningshotade områden. Underlag i form av uppdaterade översvämningsskarteringar är därför viktigt för att kunna bedöma riskerna för förorenings-spridning, se avsnitt 5.1.

Länsstyrelserna bör inom ramen för det utvidgade ansvar för klimatanpassning som vi föreslår kartlägga kända deponier, industrimark och antraxgravar etc. mot bakgrund av de ökade översvämningensriskerna. Särskilt riskerna för förorening av dricksvattentäkter och betesmark bör uppmärksammas.

## Förslag

Förslag lämnas inom följande områden.

- 4.2.5: förslag angående uppdrag att se över skyddet av dricksvattentäkter.
- 5.10: förslag angående länsstyrelsernas utvidgade ansvar för klimatanpassning.

## 4.4 Areella näringar och turism

### 4.4.1 Skogsbruket

*Konsekvenserna för den svenska skogen och skogsbruket kommer att bli betydande. Ökad tillväxt ger större virkesproduktion, men ökad frekvens och omfattning av skador från främst insekter, svampar och storm samt blötare skogsmark kan föra med sig stora kostnader.*

#### Skogsbruket och skogsindustrin – varandras förutsättningar

Den svenska skogen och skogsbruket är grunden för den svenska skogsindustrin, som är en av landets viktigaste näringar. År 2003 var skogsindustrins produktionsvärde 181 miljarder kronor vilket utgjorde 13 procent av tillverkningsindustrins totala förädlingsvärde. Skogsindustrins och skogsbrukets samlade förädlingsvärde utgjorde 3 procent av BNP (SCB, 2006). Pappers- och kartongproduktionen är viktigast sett till det totala förädlingsvärdet medan produktionen av timmer för trävaror står för 2/3 av virkets värde (SOU 2006:81). Tall och gran är de viktigaste trädslagen i svenskt skogsbruk och -industri. Under senare decennier har biobränslen från skogen åter blivit viktiga sortiment vid sidan av sortimenten för trävaru-, pappers- och förpackningsändamål.

Av Sveriges totala yta på 41 miljoner hektar är 23 miljoner hektar produktiv skogsmark. Av virkesförrådet på cirka 3 miljarder skogskubikmeter ( $m^3sk$ ) utgörs av 42 procent av gran, 39 procent av tall, 11 procent av björk och cirka 6 procent av övrigt löv. År 2000 fanns cirka 354 000 skogsägare, många privata med små skogsinnehav.

Inom skogsbruket varierar normal slutavverkningsålder varierar från cirka 45 år till över 100 år. Klimatet kommer därför sannolikt att hinna ändras påtagligt för den skog som tillskapas idag. Skogens tillväxt varierar starkt med klimat, växtplatsens övriga förutsättningar och trädslag, från mer än 10  $m^3sk$  per ha och år (skogskubikmeter/hektar) på goda marker i södra Sverige ner till gränsen för vad som kallas produktiv skogsmark, 1  $m^3sk$  per ha och år, på magra, blöta eller fjällnära marker. Volymtillväxten är liten i plantstadiet men ökar snabbt när träden växer till. Den vanligaste skötselformen i Sverige är trakthyggesbruk. När beståndet är tillräckligt gammalt görs en slutavverkning av merparten av träden,

efter vilken det fordras återbeskogningsåtgärder via naturlig föryngring eller plantering.

Under 1600- och 1700-talen minskade virkesförråden i tätare befolkade delar av Sverige på grund av bl.a. svedjebränning, bete samt ved- och timmerfångst. Under sågverksboomen under 1800-talet och början av 1900-talet tömdes Norrlands skogar i hög grad på sågbart virke, utan att man säkrade återväxten. Mycket till följd av denna utveckling infördes lagkrav på föryngring år 1902.

Sedan 1920-talet har en betydande ökning av tillväxten och virkesförrådet i svenska skogar ägt rum. Sedan över femtio år bekämpas dessutom skogsbränder relativt effektivt. Dessa skulle annars ha en betydande inverkan på skogslandskapet.

Skogens tillväxt sker genom omvandling, via fotosyntes, av luftens koldioxid till kolhydrater. Tillgången på vatten och näringsämnen, speciellt kväve, och vegetationsperiodens längd är faktorer som påverkar tillväxten. I sydöstra Sverige är det inte ovanligt att vattentillgången begränsar trädens tillväxt delar av sommaren.

### Skador som drabbar skog och skogsbruk

Skador på skogen orsakas främst av insekter, svampar, betande djur, fällande stormvindar samt tung blötsnö. Skogsbruket kan också drabbas av vädermässiga begränsningar på annat sätt. Riklig nederbörd och ringa tjälbildning hämmar möjligheterna till drivning, dvs. avverkning och uttransport från skog till skogsbilväg. Översvämningar kan ge liknande problem men skador sällan stående skog i någon större omfattning. Tjällossning kan göra det svårt att frakta virket vidare från uppläggsplats via skogsbilväg- och det allmänna vägnätet.

Historiskt har stormar stått för de största ekonomiska skadorna i skogsbruket. Stormen Gudrun 2005 fällde eller skadade cirka 75 miljoner m<sup>3</sup>sk (skogskubikmeter) vilket nästan motsvarar en årsavverkning i Sverige. De totala kostnaderna för skogsbruket beräknades till mellan 11–12 miljarder kronor (Skogsstyrelsen, 2006). Stormen Per i januari 2007 beräknas ha fällt cirka 16 miljoner m<sup>3</sup>sk. Även tidigare har stormar stått för stora enskilda skador. Mer dolda skadegörare, som t.ex. rotröta på gran beräknas årligen kosta cirka 500–1 000 miljoner kronor i nedsatt virkesvärde. Snytbaggeangrepp i planteringar och viltskador är också ekonomiskt betydelsefulla. I dag är betestrycket från främst älg mycket allvarligt. Skogsstyrelsen

har i sin senaste utvärdering slagit fast att *Skadenivån i ungskogarna ligger på en mycket hög nivå. För närvarande är 46 procent av tallstammarna skadade. Trädbildning av asp och rönn i ungskog har avtagit sedan sekelskiftet* (Skogsstyrelsen, 2007). Detta är en av orsakerna till att gran i dag väljs på upp till 38 procent av de marker i Götaland där tall annars skulle vara det mest lämpliga trädslaget (SOU 2006:81). Lönsamheten för ädellövskogsbruk begränsas starkt av att det kräver kostsam stängsling.

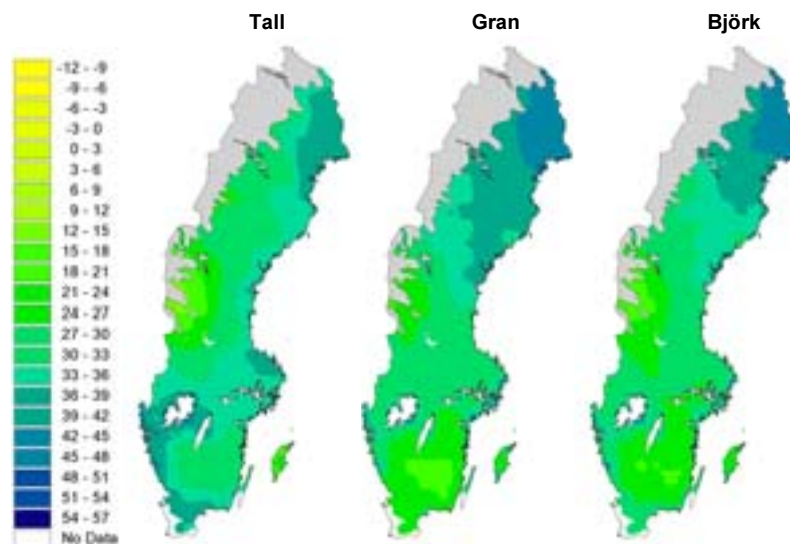
### Ökad tillväxt och fler trädslag i ett varmare klimat.

Det allmänt varmare klimatet, en längre vegetationssäsong och ökad koldioxidhalt i atmosfären väntas föra med sig att tillväxten i skogen ökar. Stående, befintlig, skog kommer dock att vara sämre anpassad till det nya klimatet och kommer därmed inte fullt ut att kunna utnyttja en längre vegetationsperiod. Nya trädslag och träd med andra härkomster (provenienser) kan då i vissa fall ge en ännu högre produktion förutsatt att de kan klara det kritiska plantstadiet i dagens klimat. Utan ett aktivt skogsbruk skulle på sikt betydande förändringar ske i skogen i takt med klimatförändringarna. Ädla lövträd skulle vandra allt längre norrut i landet och granen skulle tryckas tillbaka, se bilaga B 23.

I en studie för utredningen har framtida tillväxt hos några av våra vanligaste skogsträd på den vanligaste marktypen, frisk mark, beräknats med hjälp av en skogsproduktionsmodell avpassad för boreala skogar, se bilaga B 19. Resultaten baseras på studier av scenarierna EA2 respektive EB2 och visar att tillväxten av såväl tall, gran och björk successivt kommer att öka så att den i slutet av seklet är cirka 20–40 procent större än idag. Ökningen väntas bli relativt sett störst i norr och i huvudsak större i EA2 än i EB2. Gran och björk förbättrar sin konkurrenskraft gentemot tallen i Norrland medan det omvända gäller i Svealand och Götaland. I söder innebär torrare somrar att tillväxtökningen för gran vänds till en minskning under senare delen av seklet. Även bok och sitkagran har studerats med hjälp av modellen. Bok ökar sin tillväxt ungefär lika mycket som tall. Sitkagranens tillväxt utvecklas som granens eller något sämre. Med ett antaget genomsnittligt nettovirkesvärde på 230 kr per m<sup>3</sup>fub (kronor/kubikmeter, fast mått under bark) skulle tillväxtökningen kunna ge skogsägarna ökade inkomster med

5–9 miljarder kronor per år. Därtill kommer ett ökat förädlingsvärde i industrin förutsatt att virket kan tas om hand inom landet.

Figur 4.39 Relativa produktionsförändringarna enligt EA2 scenariot hos tall, gran och björk för perioden 2071–2100 jämfört med perioden 1961–1990



Källa: Bilaga B 19.

Med högre tillväxt kan omloppstiderna, från planta till fullvuxet träd, kortas. Ett varmare klimat ger också möjlighet till odling av nya trädslag för virkesproduktion vars nordgräns i dag går genom de sydligaste delarna av vårt land eller ännu längre söderut.

Bland de ädla lövträden nämns ofta ek och bok som möjliga att expandera norrut. Alm är sedan många år på stark tillbakagång till följd av almsjukan som sprids av almsplintborren. Sedan 2005 är ask drabbad av en ny sjukdom kallad askskottsjuka. Snabbväxande lövträd som hybridasp och poppel kan bli betydelsefulla med ett ökande sug efter biobränslen.

Generellt gäller dock att lövträden är hårt utsatta för betning av klövvilt vilket ofta i praktiken kräver kostsam stängsling vid plantering. Förekomsten av betande vilt kommer enligt våra bedömningar att öka ytterligare i ett varmare klimat med oförändrat jakt- och rovdjurstryck. I så fall begränsas möjligheterna att sprida risker och



anpassa skogsbruket via trädslagsval påtagligt. Dessutom försämras möjligheterna att skydda den biologiska mångfald som är knuten till de trädslag som betas hårt, se bilaga B 18.

Främmande barrträd som redan i dag odlas i begränsad skala är hybridlärk och sitka- och douglasgran. Förutsättningarna för att odla dessa kommer att förbättras i en stor del av landet i det framtida klimatet, men sannolikt inte mer än för vissa av våra inhemska trädslag. Dessutom påverkar de främmande barrträden natur och kulturmiljön, landskapsbilden och biologisk mångfald, i många fall i negativ riktning.

### **Risk för sämre kvalitet på barrträd i varmare klimat – bättre för vissa lövträd**

Med hög kvalitet på sågtimmer avses ofta rakt, kvistfritt virke utan skador och missfärgningar. Relativt grova dimensioner och hög densitet eftersträvas också. Med snabbare tillväxt minskar densiteten hos barrträden medan kvistigheten ökar. Krökar kan också bli vanligare. För befintlig, lite äldre, skog kan ett varmare klimat främst komma att avspelas i en snabbare volymstillväxt. Kvaliteten grundas främst i trädens ungdom och i ett kortare perspektiv kan kvalitén därför komma att öka för stående skog. Ett förändrat klimat kan alltså leda till försämrad kvalitet i ordets traditionella bemärkelse för barrsågtimmer. Samtidigt kan vi förvänta oss grövre dimensioner, en kvalitetsfaktor som förändras i positiv riktning. För massaved och energived är en densitetsminskning negativt på så sätt att volymer som ska hanteras och transporteras ökar utan att fiberutbytet ökar i samma grad.

För s.k. bandporiga lövträd, t.ex. ek, ask och alm, är ett varmare klimat med en snabbare tillväxt positivt även ur densitets- och kvalitetssynpunkt, se bilaga B 18.

### **Effekter på skogen av förändrade nederbördsförhållanden**

Klimatscenerierna pekar på minskad sommarnederbörd, framför allt i Götaland och Svealand. På torra marker kommer detta att innebära att torkkänsliga trädslag som gran och björk missgynnas, medan mer torktåliga som tall och ek gynnas. På marker med bättre vattentillgång, friska och fuktiga marker, kan sannolikt gran och

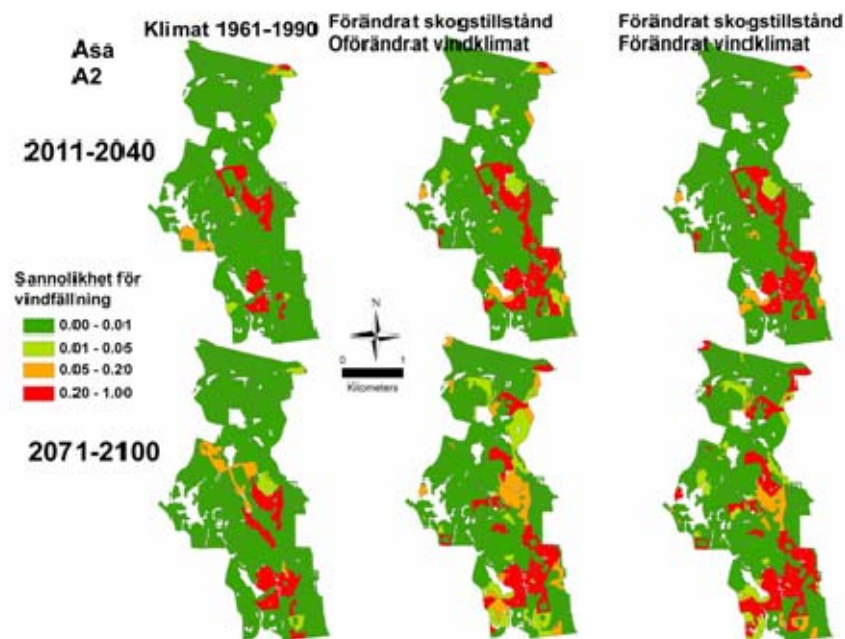
björk hävda sig väl i stora delar av landet åtminstone fram till mitten av seklet. I sydöstra Götaland kan dock torkan bli ett betydande problem, särskilt mot slutet av seklet. Långliggande fältförsök kan ge svar på olika trädslags utveckling i ett torrare klimat. Risken för försumpning som leder till nedsatt tillväxt i områden där nederbörden ökar bedömer vi som relativt begränsad eftersom avdunstningen också ökar. Möjligen kan en viss ökning ske i Norrland och i områden där torvjordars nedbrytning leder till sjunkande marknivå. Försumpade marker är ofta värdefulla ur biologisk mångfaldssynpunkt.

### Ökad risk för vindfällning i ett förändrat klimat

Gran är det mest stormkänsliga trädslaget följt av tall. Lövträden klarar sig i regel bättre eftersom de oftast är avlövide under den blåsiga höst- och vintersäsongen. Vindfällningar har historiskt sett gett upphov till stora och kostsamma skador. Klimatscenerierna pekar inte entydigt på att frekvensen hårda vindar kommer att öka. Enligt HadAM3H ökar inte förekomsten av hårda vindar i Sverige, utom vintertid i sydligaste Sverige. Enligt Echam4 sker dock en mer uttalad ökning av hårda vindar (över 21 m/s), framför allt i södra Sverige.

SLU Alnarp har på utredningens uppdrag studerat risken för vindskador i ett framtida klimat med hjälp av olika vind- och skogsproduktionsmodeller i två fallstudier, se Bilaga B 19. Resultaten visar att ökande tillväxt och det därmed förändrade skogstillståndet, med bl.a. högre träd, i sig leder till ökad risk för vindfällning. Likaså kan en ändring i trädslagsfördelningen leda i samma riktning. Trädens förankring påverkas också negativt av minskad tjälförekomst, särskilt i södra Sverige. Hur tjälförekomsten förändras i norr är mer osäkert. Blötare förhållanden vintertid bidrar också till ökad risk för stormfällning. Om frekvensen hårda vindar dessutom ökar bidrar detta ytterligare till en ökning av risken för vindfällning. Ökningen är påtaglig redan till 2020-talet, se figur 4.40.

Figur 4.40 Sannolikheten för vindfällning i ett skogsområde i Asa försöks-park (södra Småland) under 2011–2040 samt 2071–2100 i dagens klimat, i ett framtida skogstillstånd samt i ett förändrat klimat och skogstillstånd



Källa: Bilaga B 19.

Risken för snöbrott kommer sannolikt att minska i södra Sverige i det framtida klimatet, men kan istället öka i Svealand och Norrland, där tung blötsnö kan bli vanligare, se bilaga B 18.

### Risk för mer brand, svamp-, insekts- och viltskador i ett förändrat klimat

Under 1900-talet har skogsbränder i Sverige sällan lett till särskilt omfattande virkesförluster. Kostnaderna för släckning uppgick under 90-talet och inledningen av 2000-talet till i genomsnitt 7–8 miljoner kronor, baserat på *utbetalad ersättning* enligt 37 § Räddningstjänstlagen. Totala släckningskostnaderna är dock större och till detta kommer förlorat virkesvärde. Enligt en studie för utredningen av SMHI, SLU och Räddningsverket kan skogs-

brandsfrekvensen komma att öka påtagligt i ett förändrat klimat enligt de klimatscenarier vi studerat. Ökningen väntas bli störst i södra Sverige. Enbart släckningskostnaderna kan årligen komma att uppgå till 200–300 miljoner kronor ganska snart, se vidare bilaga B 21.

Rotröta, som orsakas av rottickan och främst drabbar gran, innebär i dag skador på i storleksordningen 500–1 000 miljoner kronor per år, se bilaga B 18. Rottickan sprids i samband med avverkning eller annan blottläggning av ved och rötter vid lufttemperaturer på mer än cirka 5 grader. Den tränger in i granarnas rotsystem och sprider sig mellan träden. Biologiska motmedel finns och används idag, främst vid gallring. I ett varmare klimat kan rotrötan, som i dag är vanlig främst i södra Sverige och längs Norrlandskusten, bli vanligare i en större del av landet.

Insekter som snytbagge och granbarkborre orsakar omfattande skador i skogen. De kemiska behandlingsmetoder som i dag används utbrett för att motverka snytbaggaskador i planteringar ska avvecklas senast 2009 enligt gällande tidplan (Kemikalieinspektionen, 2005). Skogsbrukets kostnad för snytbaggaskador utan fungerande plantskydd har beräknats till 0,5–1,0 miljarder kronor per år, medan kostnaden för plantbehandling kan beräknas till i storleksordning 100 miljoner kronor per år, se bilaga B 18. För närvarande pågår försök att hitta tillräckligt väl fungerande alternativa metoder på flera håll. I ett varmare klimat riskerar snytbaggaskadorna att öka.

Granbarkborren gynnas av stor förekomst av nyligen död granved följt av en varm torr sommar. Efter stormen Gudrun 2005 och den varma sommaren 2006 har skadorna ökat snabbt i omfattning. Motåtgärder är bl.a. att forsla bort allt virke från skogen innan svärmningen på våren/försommaren och att anlägga speciella fällor. I ett varmare klimat kommer granbarkborren regelmässigt att hinna med fler svärmningar under ett och samma år. I kombination med risken för ökad vindfällning innebär klimatscenarierna betydande risker för svåra och kostsamma angrepp från granbarkborre på stående granskog i framtiden.

Insekter som orsakar stora skador på andra håll i världen kan i ett varmare klimat komma att spridas i vårt land. Ett par arter som skulle kunna skapa problem framöver är tallprocessionsspinnare och tallvedsnematod. Den senare har medfört mycket stora skador i bl.a. Japan. Tallvedsnematoden finns i dag i Portugal, sannolikt införd med förpackningsvirke via båt.

Diffusa skador med t.ex. ökade kådflöden och nedsättning av vitalitet hos gran har observerades i början av 1990-talet i Danmark och Sverige. Skadorna i Sverige har dock hittills varit begränsade och bestånden har ofta återhämtat sig. Orsakerna till denna typ av skador är inte klarlagd men risken finns att denna typ av skador som främst drabbar granen på randen av eller utanför dess naturliga utbredningsområde kan komma att öka i ett varmare klimat. På danska jordar med mycket hög lerhalt (>20 procent) dör ofta granarna vid cirka 45–50 års ålder, men kan växa mycket bra innan dess, se bilaga B 18.

Ett varmare klimat innebär ökad nettoprimärproduktion av växtmaterial. Med kortare rotationstider kommer också andelen ungskog att öka vilket ger större fodermängder. Detta torde ge förutsättningar för ökade viltstammar. Med kraftigt ökade temperaturer kan älgen komma att missgynnas, medan annat klövvilt inte är lika temperaturkänsligt. Sammantaget kommer ett varmare klimat sannolikt få tätare stammar av och högre betningstryck från växtätande vilt. Rovdjurs- och jakttryck är dock avgörande för dessa viltstammars storlek. Skadornas omfattning är också sannolikt beroende av skogsskötseln. Med mer satsning på lövföryngring bör betningstrycket på enskilda bestånd kunna minska. I annat fall kan skadorna komma att öka om inte rovdjursstammarna eller jakttrycket ökar.

### Svårare drivningsförhållanden

Skogsindustrin är beroende av ett kontinuerligt virkesflöde. Minskad förekomst av stabil tjäle vintertid och ökad nederbörd under vinterhalvåret kommer sannolikt att försvåra drivning, dvs. avverkning och uttransport till bilväg, av virke under denna tid på året. Körning över fuktiga marker leder också till körskador och ökar utlakningen av organiska ämnen, sediment och kvicksilver. Detta kan medföra skador på den biologiska mångfalden i avrinnande vatten, se Bilaga B 18.

Upprepade och längre tjällossningsperioder riskerar också öka framkomlighetsproblemen på skogsbilvägar och allmänna vägar vintertid. Dessa problem kommer inledningsvis antagligen att vara störst i södra Sverige men kan successivt förskjutas norrut under seklets gång.

## Anpassningsåtgärder för att utnyttja klimatförändringar och minimera skador samt överväganden

Ett framtida klimat kommer att innebära ökad tillväxtpotential för våra viktigaste trädslag, men också ökande risker för skador. Granen är sannolikt det trädslag för vilket de största farhågorna finns. Granen hotas av exempelvis ökad stormfällning och barkborrar samt, tillsammans med flera lövträd, av extrem torka vissa år, speciellt i södra Sverige. Samtidigt har granen i dag den högsta värdeproduktionen på medelgoda och bättre skogsmarker i landet. Det är inte omöjligt att den sammantaget behåller en ledande position, i större delen av landet, trots ökande skador under åtminstone de närmaste decennierna.

Den ökade risken för vindfällning kan i viss mån motverkas med kortare omloppstider. Man kan gallra hårt och tidigt och på så sätt få mer stormfast skog i vindutsatta bestånd. Vidare bör man kunna hitta system som förbättrar möjligheterna för mindre skogsägare att anpassa sin avverkningsplanering till grannarnas, så att uppkomsten av extremt vindutsatta hyggeskanter minskar, bilaga B 18.

Hur pass framgångsrika metoderna för att bekämpa granbarkborre genom bortforsling av död granved från skogen och anläggning av fällor kan bli i praktiken är osäkert. Ett framtida klimat kommer sannolikt att öka riskerna för omfattande barkborreangrepp och ställa krav på utvecklade metoder för omhändertagande av skadad skog samtidigt som de beaktar fördelarna med förekomst av död ved ur biologisk mångfaldssynpunkt.

Risken för torkskador och minskad tillväxt kan motverkas genom en ökad satsning på exempelvis tall, blandbestånd och ek på framför allt de redan i dag torrare markerna i södra Sverige.

Osäkerheten kring den exakta klimatutvecklingen och framtida efterfrågan på olika trädslag är betydande. Markägarna måste dock vara beredda på att riskerna, särskilt i ett traditionellt skogsbruk inriktat på maximal produktion, ökar över tiden. Den ökade produktionen kommer för många att väga upp skadorna, men enskilda markägare kan drabbas hårt.

Ur ett samhällsperspektiv bör man också väga in de negativa effekter som särskilt stormfällning av skog har på många andra samhällsfunktioner som el, tele, vägar och järnvägar och de verksamheter som är beroende av dessa. Det kan vara motiverat att vidta särskilda åtgärder i speciellt vindutsatta bestånd. Styrmedel för att åstadkomma sådana åtgärder bör övervägas. Även i övrigt

förefaller det klart att klimatförändringarna motiverar en ökad variation och riskspridning i skogsbruket i hela landet, särskilt i södra Sverige där risken för stormskador och andra klimatrelaterade skador sannolikt kommer att vara störst.

Försäkringar mot skogsbrand och stormfällning erbjuds av försäkringsbranschen, men ger knappast ett heltäckande skydd. Villkoren ger sällan full ersättning för skador i virkesrika bestånd medan skador som bara drabbar små områden men kanske flera bestånd i regel inte alls ersätts. En uppföljning av hur skador och gällande försäkringsvillkor påverkar ekonomin för enskilda skogsägare bör komma till stånd.

Ökad variation i skogsbruket kan åstadkommas på flera olika sätt, t.ex. genom användning av fler trädslag. Björken kan odlas mer aktivt, gärna i blandbestånd med barrträd. Den släpper in mer ljus än granen och är därigenom positiv för den biologiska mångfalden. Tall bör komma ifråga på torrare marker. Ek och bok har lång omloppstid. Framför allt eken är mer torktålig än granen. Både ek och bok har för närvarande lägre lönsamhet än granen och väljs kanske främst av den som vill sprida riskerna, tror på en gynnsam utveckling av efterfrågan på dessa trädslag på sikt, värderar landskapsbilden högt och/eller vill gynna den biologiska mångfalden. Andra ädla lövträd kan också vara aktuella. Nya och snabbväxande trädslag som hybridasp poppel, sitkagran och hybridlärk är andra alternativ som dock, i varierande utsträckning, har nackdelar ur naturmiljösynpunkt eftersom de är främmande trädslag. Jämfört med rena granbestånd kan dessa medföra ökad variation och i de flesta fall ökat ljusinsläpp till marken. Kunskapen om optimal skötsel av blandbestånd och andra trädslag än gran och tall är dock bristfällig och behöver utvecklas för att kvaliteten i en bredare rådgivning ska bli god.

Ytterligare sätt att sprida riskerna är användning av olika, dock tillräckligt härdiga, provenienser, ökad variation i gallringsregim och avverkningsform, t.ex. kontinuitetsskogsbruk på vissa marker.

Det finns således ett behov av översyn av regler och rekommendationer för trädslagsval, proveniensval, röjning, gallring och slutavverkning liksom för gödsling, användning av främmande trädslag, omloppstider och regler syftande till minimering av skadegörare. Översynen bör inriktas på att stärka möjligheterna att i ett förändrat klimat nå skogspolitikens båda målsättningar om god avkastning och skydd av biologisk mångfald i ett hållbart skogsbruk.

Vilt orsakar stora skador på skogen och skadorna riskerar öka i ett förändrat klimat. Förvaltningen av älgstammen (eller annat vilt) sker i dag inte primärt utifrån uppgifter om foderbetingelser eller skadenivå. Förutsättningarna för odling av de flesta lövträd saknas på många håll med dagens viltstammar utan kostsam stängsling. På vissa marker skulle lövträd i högre grad än i dag kunna bli ett komplement till det dominerande barrskogsbruket och ett viktigt inslag för att stärka den biologiska mångfalden i ett förändrat klimat. Då fordras emellertid nya kostnadseffektiva skyddsmetoder för plantor och ungskog eller en anpassning av viltförvaltningen. Sannolikt kan en större tillgång på bete i skogen, genom att skogsbruket i högre grad tillåter eller satsar på löv, ge mindre skador på ungskog. Med oförändrad betestillgång kan istället större avskjutning fordras för att möjliggöra användning av t.ex. ädla lövträd. Överhuvudtaget bör viltförvaltningen i högre grad utvecklas mot att balansera olika samhällsnyttor och kostnader. Målet bör vara att hålla viltstammarna på en nivå där god (ädel)lövföryngring kan åstadkommas samtidigt som meningsfull jakt kan bedrivas. För att möjliggöra en sådan förändring fordras ett bättre kunskapsunderlag om bl.a. viltets födoval, populationsdynamik och effekter av ett förändrat klimat och skogstillstånd.

Förebyggande åtgärder mot rotröta genom stubbehandling vid avverkning, är en relativt billig åtgärd som bör kunna löna sig i ökad utsträckning om man tar klimatförändringarna med i kostnads/nyttoanalysen. Kemiska motmedel mot snytbagge finns, men deras negativa miljöeffekter och planerade förbud mot de pesticider som används gör att nya metoder behöver utvecklas.

Skogsbränderna kommer av allt att döma att öka. Förebyggande insatser kommer att bli viktigare. Dels är det fråga om att kommunicera eldningsrestriktioner och se till att dessa efterlevs. Det kan också bli nödvändigt att avstå från vissa skogsbruksåtgärder under extremt torra perioder. Brandövervakning är en central uppgift som bör tillförsäkras resurser även i framtiden eftersom tidig upptäckt av bränder är avgörande för hur snabbt de kan släckas och hur stor resursåtgången blir. Vidare bör Sverige tillsammans med övriga länder i nordligare delen av Europa dra nytta av erfarenheter från Sydeuropa och utveckla den operativa beredskapen och förmågan genom att i större omfattning planera, delta och bidra med resurser i det internationella samarbetet. Även samarbetet med östeuropeiska länder bör stärkas då klimat- och skogsförhållandena i dessa i många fall liknar de svenska.



Generellt bör systemen för rapportering, uppföljning och utvärdering av skador i skogen till följd av storm, insekter, svampar, viltbete, körskadorna och skador på biologisk mångfald utvecklas. Även de ekonomiska effekterna av skador för enskilda skogsägare bör följas upp. Detta behövs av flera skäl. Förutom att i allmänhet ge underlag för framtida anpassningsåtgärder kan en sådan rapportering, uppföljning och utvärdering användas för att urskilja trender i skademönster, ge underlag för forskning om klimatfaktorerens betydelse för olika skador samt möjligheter till snabba förebyggande insatser vid och efter inträffad omfattande vindfällning. Det kan också vara lämpligt att etablera fler försöksytor i olika delar av landet där olika skötselmetoder och trädslagsval provas. Samarbete med intresserade skogsägare bör eftersträvas för att hålla nere kostnaderna.

Klimatscenerierna talar entydigt om betydligt mildare vintrar med mer nederbörd i form av regn. Detta innebär att bärigheten såväl i skog och mark som på allmänna vägar och skogsbilvägar kommer att försämrats. Förhållandena som rådde under senhösten och vintern 2006–2007 i Mellansverige riskerar bli allt vanligare och ännu värre. Kostnaden för stängning av allmänna vägnätet motsvarar i dag en total årlig kostnad på cirka 750 respektive 900 miljoner kronor per år eller 13–15 kronor per m<sup>3</sup>fub (kubikmeter fast mått under bark). För att motverka dessa problem kan lagren vid skogsindustrierna ökas. Merkostnaden för en lagerökning på 50–100 procent jämfört med i dag kan vara 9–19 kronor per m<sup>3</sup>fub i dagens penningvärde, se bilaga B 20.

Kostnaden för olika tekniska hjälpmedel vid avverkning som skulle kunna minska problemen vid drivning bedöms vara beskedliga cirka 2 kronor per m<sup>3</sup>fub. Sådana hjälpmedel skulle också påtagligt kunna motverka risken för skador på den biologiska mångfalden i avrinnande vatten. Regler behöver således utvecklas som medför att sådana hjälpmedel tas i bruk där behov finns eller uppstår. Metoderna och hjälpmedlen kan också behöva förbättras.

Nya skogsbilvägar över myrstråk kan i framtiden komma att vara en förutsättning för avverkningar på områden som i dag kan nås vid tjäle. Här bör dock en noggrann utvärdering av de biologiska värdena i de våtmarker som påverkas krävas, innan sådana åtgärder medges. Reglerna och rekommendationerna för drivning och anläggning av skogsbilväg i fuktiga områden och vid vattendrag bör ses över. Risken finns annars för negativ påverkan på miljömålen *Levande sjöar och vattendrag* och *Myllrande våtmarker*.

Eventuellt kan ett särskilt prövningsförfarande vid nyanläggning av skogsbilväg behöva införas.

Ökad dikesrensning inom skogsbruket är en annan åtgärd som skulle kunna bidra till minskade problem vid drivning men som ofta missgynnar den biologiska mångfalden. I dag gäller generellt förbud mot nyanläggning av diken. Här bör miljöaspekterna och risken för negativ påverkan, främst på nyss nämnda miljömål, beaktas.

En förbättring av standarden på existerande skogsbilvägar och allmänna vägar är angelägen med ett mer instabilt vinterklimat. Att förbättra 70 procent av skogsbilvägarna till en högre standard som medger transport under en större del av året och att utrusta en lika stor andel av lastbilarna med variabelt lufttryck skulle kosta cirka 2 kronor per m<sup>3</sup>fub respektive 1,5 kronor per m<sup>3</sup>fub, se bilaga B 20. Kostnaden för förbättringar av det allmänna vägnätet är sannolikt i samma storleksordning. Åtgärder för att höja standarden i vägnäten, såväl skogsbilvägar som allmänna vägar och förbättra lastbilarna kan således motiveras ur samhällsekonomisk synvinkel. Detta bör beaktas av Vägverket när framtida underhållsplaner för det allmänna vägnätet utarbetas medan det i första hand bör bli fråga om att informera skogsägarna om nyttan med högre standard på skogsbilvägar.

Tydligare inkludering av frågor kring klimatförändringar i all grundläggande skoglig utbildning och fortbildning är ett viktigt inslag för att höja kunskapen om hur klimatförändringarna kan påverka skogen och skogsnäringen. Vidare behövs uthålliga och omfattande insatser för att förmedla kunskap om klimatförändringarna och dess effekter på skogen till de många enskilda skogsägarna. Den avreglerade skogspolitiken innebär att det i hög grad är skogsägarnas egna beslut i dag och under de närmaste decennierna som styr det skogstillståndet under detta sekel, vilket har stor betydelse för en av våra viktigaste näringar liksom för andra samhällsfunktioner. De många privata skogsägarna äger en stor del av Sveriges skogsmark. De utgör en heterogen grupp, många har skogsbruk som en bisyssla. I allmänhet har de privata skogsägarna begränsade möjligheter att ta till sig ny kunskap. En viktig kanal för informationsförmedling är skogsstyrelsens regionala organisation. Skogsstyrelsen, dess regionala organisation och skogsnäringens organisationer bör samverka kring en informationskampanj för att förmedla kunskap kring klimatförändringarna

och skogsbruk till i första hand de privata skogsägarna. Särskilda resurser bör tillföras Skogsstyrelsen för genomförandet.

### Kunskapsuppbyggnad, forskning och utveckling

Kunskapen om hur klimatförändringarna påverkar skogen och skogsekosystemen är fortfarande begränsad. Kunskapen kring skötsel av lövträd, blandbestånd och nya trädslag är generellt svag. Vidare behövs ökad kunskap om genetiska variationer hos skogs-träd och hur man kan dra nytta av dessa. Skador på skog följer ofta komplexa samband där många olika faktorer spelar in. Förståelsen kring dynamiken bakom vindskadors omfattning och utbredning samt kopplingen till olika klimatvariabler behöver öka. Likaså behöver forskningen kring skogsbränder förstärkas. Olika skadegörarens populationsdynamik, känslighet för klimatfaktorer och förmåga att sprida sig har stor betydelse för vilka effekter som uppstår. Mer övervakning och uppföljning av skador och långliggande försök är en viktig grund för den utökade forskning som måste till om skogsnäringen ska kunna dra nytta av den potentiellt större tillväxten i ett varmare klimat.

Sammanfattningsvis ser vi ett behov av utökad forskning, utveckling och kunskapssammanställningar kring:

- Klimatscenarier, klimatindex och lokala variationer.
- Metoder för riskspridning inklusive kartläggning av marker och geografiska områden och deras lämplighet för olika trädslag/provenienser/förädlat material i förändrat klimat.
- Kunskapsuppbyggnad kring optimal skötsel av blandbestånd, lövbestånd och kontinuitetsskogar, inklusive avsättningsmöjligheter, bl.a. genom långliggande försök.
- Utvecklade/anpassade generella hänsynsåtgärder för det praktiska skogsbruket som kan balansera negativa effekter av klimatförändringar på den biologiska mångfalden i skogen.
- Skadegörare (granbarkborre, snytbagge m.fl. lövträdssjukdomar) och motmedel.
- Viltets födoval, populationsdynamik, effekter av ett förändrat klimat och skogstillstånd.
- Utvecklade verktyg för beståndsplanering och avverkningsplanering inklusive modellering och minimering av vindfällning.

- Utveckling av nya verktyg för att underlätta virkesfångst och minimera skador i samband med drivning på fuktig, otjälad, mark.
- Konsekvenser avseende skogsbränders intensitet, spridning, omfattning och förlopp i ett förändrat klimat med förändrat skogstillstånd inklusive koppling av klimatscenarier till brandriskmodeller.
- Konsekvenser för miljö och biologisk mångfald av anpassningsåtgärder i skogsbruket.

### Förslag

- Instruktionen för Skogsstyrelsen ändras så att ansvaret för anpassning till ett förändrat klimat tydliggörs, se avsnitt 5.10.2.
- Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att:
  - i samråd med berörda myndigheter och organisationer genomföra en översyn av skogsvårdslagen och Skogsstyrelsens tillhörande föreskrifter och allmänna råd mot bakgrund av att klimatförändringarna innebär att betingelserna successivt ändras.
  - i samråd med SLU utveckla ett system för rapportering, uppföljning och utvärdering av skador orsakade av vilt, storm, insekter m.m. inklusive de ekonomiska effekter skadorna har samt att etablera försöksytor med olika skötsel sätt och trädslagsval.
  - utvärdera och bedöma huruvida möjligheten att uppnå miljömålet Levande skogar påverkas av klimatförändringarna dels inom de tidsperioder målet gäller, dels på längre sikt samt huruvida miljömålet och delmålen är relevanta i ett föränderligt klimat. Skogsstyrelsen bör vid behov föreslå förändringar i målformuleringar och åtgärdsprogram.
  - genomföra en bred informationskampanj till skogsägare i samverkan med LRF skogsägarföreningar m.fl. skogliga aktörer om klimatförändringar och effekter av ett förändrat klimat på skogsbruket. Skogsstyrelsen tillförs 10 miljoner kronor under tre år för genomförandet.
- Fortsatt statlig finansiering av brandövervakning och luftburen övervakning i samband med omfattande skadeutbrott.

#### 4.4.2 Jordbruket

*Förutsättningarna för jordbruket förbättras i huvudsak med klimatförändringarna. Längre växtsäsonger ger ökade skördar och möjlighet förnya grödor. Samtidigt kommer fler skadegörare och ogräs in och nya behov av bevattning och dränering kan uppstå på grund av de ändrade nederbördsmonstren.*

#### Jordbruket i Sverige

Jordbruket är en av de näringar där klimatet och vädret är avgörande för produktion och lönsamhet. Åkerarealen i Sverige omfattar cirka 2,7 miljoner hektar eller cirka 6,5 procent av totalarealen. Betesmarker, slätterängar, vattendrag och kulturmiljöer har stora estetiska värden och är värdefulla inslag i det svenska landskapet. Många av dessa är dessutom värdefulla för den biologiska mångfalden.

Det ekonomiska värdet av jordbruksproduktionen, inklusive direktstöd, uppgick år 2003 till cirka 44 miljarder kronor. Växtproduktionen representerade ett värde av 19,3 miljarder kronor och djurproduktionen 21,1 miljarder kronor. En stor del av livsmedelsindustrin är beroende av råvaror från svenskt jordbruk. Strukturomvandlingen inom det svenska jordbruket har de senaste decennierna inneburit färre men större företag och framför allt minskat antal mjölkkor. Flest jordbruksföretag har lagts ned i Götalands skogsbygder och i norra Sverige. Andelen sysselsatta inom jordbruket minskar och i dag arbetar cirka 175 000 inom näringen (SOU 2007:36).

Jordbrukets struktur och produktion skiljer sig mycket åt i olika delar av landet. I Norrland dominerar husdjursföretagen och andelen småbruk är stor. I Svealand och norra Götaland finns många och stora växtodlingsgårdar och få småbruk. I Götalands skogslän dominerar husdjursföretagen med nötkreatur medan växtodlingsföretagen dominerar det skånska jordbruket. Växtodlingen domineras av spannmålsodling, främst korn, vete och havre, samt av vallodling. Spannmålsodlingen omfattar cirka 42 procent av åkerarealen. De skilda klimatförhållandena påverkar grödornas fördelning över landet. Vegetationssäsongens längd och temperaturen är begränsande faktorer för många grödor. I norr är växtodlingen främst inriktad på vall, grönfoder och fodersäd. Produk-

tionen av brödsäd är koncentrerad till Götalands och Svealands slättbygdsområden. Spannmål har minskat sedan 1990 medan vall och träda ökat, se tabell 4.27.

**Tabell 4.27 Åkerarealens fördelning på grödor, tusen hektar**

År	1990	2006
Spannmål, totalt	1 336	978
Baljväxter	33	36
Oljeväxter	168	48
Vall (inklusive ensilageväxter)	970	1 113
Potatis	36	28
Socketbetor	50	44
Helträda	176	307
Summa	2 769	2 572

*Källa:* Jordbruksverket (2006); SOU 2007:36.

Idag skördas energigrödor på knappt 3 procent av landets totala åkermark om cirka 2,7 miljoner hektar. Det rör sig dels om restprodukter från växtodling, halm och blast, dels av odlade energigrödor. En ökad efterfrågan på biobränslen kan förväntas under de närmaste decennierna som ett resultat av politiska beslut om minskade koldioxidutsläpp och ökad satsningar på förnybara bränslen. Huruvida efterfrågan slår igenom på jordbrukets energigrödor och hur odlingen utvecklas beror av en rad faktorer som oljepris, energiskatter och attityder till att odla energigrödor. Salix är den gröda som bedöms ha störst potential men andra grödor som säd, poppel, hybridasp och hampa kan också bli betydelsefulla. (SOU 2007:36)

### Jordbrukspolitiken

EU:s Gemensamma Jordbrukspolitik (GJP) har stor betydelse för jordbrukets omfattning, inriktning och lönsamhet. Konkurrensen inom jordbruket begränsas genom det gränsskydd och de marknadsregleringar som GJP medför men förändringar som minskar gränsskyddet sker. GJP:s direktstöd till grödor har från 2005 till stor del förts över till ett generellt gårdsstöd som betalas oavsett gröda. Dessutom har medlen till programmet för landsbygdsutveckling ökat. Den reform av direktstödet som genomförts

beräknas på sikt kunna innebära att cirka 20–50 procent av dagens jordbruksföretag i Sverige blir olönsamma. Det gäller främst mjölkföretag (Statens Jordbruksverk, 2006). Statens Jordbruksverk administrerar EU:s jordbrukspolitik och har även i övrigt ett centralt ansvar inom jordbruksområdet. Statens veterinärmedicinska anstalt, SVA, är specialiserat på djurs sjukdomar och arbetar också med bl.a. foderfrågor.

### Växtodlingens känslighet för klimatfaktorer

För bästa tillväxt och kvalitet fordras en gynnsam kombination av många väderparametrar. Lagom mycket solsken, lagom mycket regn och frånvaro av extremväder är grovt sett vad som eftersträvas.

Under torra år fordras bevattning av torkkänsliga grödor, främst grönsaker och potatis. Totalt bevattnas torra år cirka 100 000 hektar jordbruksmark, andra år är arealerna mindre. Bevattningsdammar används för cirka 20 procent av den bevattnade arealen, vattendrag eller sjöar för cirka 65 procent och grundvatten för cirka 15 procent, se bilaga B 24. Vid ihållande torka sker ofta betydande skördebortfall på arealer som inte bevattnas.

Markavvattning fordras i dag på en stor del av Sveriges jordbruksmarker. Ofta är dagens dräneringssystem inte tillräckliga för att klara de högsta flödena. Skördeförluster förekommer särskilt i samband med ihållande regn och översvämningar. Invallningar förekommer främst kring Väneren och Hjälmaran och skyddar förutom jordbruksmark också annan mark, bebyggelse och infrastruktur. Invallningarna är inte alltid i bästa skick och vid översvämningarna 2000/2001 i Väneren sattes stora arealer under vatten under ansevärd tid med skördeförluster som följd, särskilt gällde detta höstsådda grödor.

Häftiga kortvariga regn och hagel kan också ge omfattande skördeförluster. Ihållande regn och hög fuktighet kan allvarligt försämra grödornas kvalitet.

Förhållandena under vintern är betydelsefulla för höstsådda grödor. Sådd bör inte ske för tidigt eftersom grödorna då kan bli för stora och skadas av hårt vinterklimat.

Kemiska bekämpningsmedel används i Sverige främst för bekämpning av skadeinsekter, sjukdomar och ogräs, se tabell 4.28. Användningen per hektar är betydligt mindre än längre söderut i

Europa, delvis på grund av att många skadegörare inte klarar vintern i Sverige.

**Tabell 4.28** Försåld mängd bekämpningsmedel inom svenskt jordbruk

Typ av bekämpningsmedel	Miljoner kronor
Betningsmedel	62,8
Fungicider	173,4
Herbicider	413,5
Insekticider	45,4
Övriga	2,0
Summa	697,1

*Källa:* Bilaga B 24.

### Djurproduktionen och känslighet för klimatfaktorer

Djurproduktionen är för lantbruket ungefär lika viktig ekonomiskt sett som växtodlingen. Betande djur är en förutsättning för bevarandet av biologisk mångfald i Jordbrukslandskapet. År 2004 fanns omkring 1,6 miljoner nötkreatur i Sverige, varav cirka 400 000 mjölkkor. Den senaste tioårsperioden har antalet mjölkkor minskat med cirka 15 procent, men samtidigt har medelavkastningen per ko ökat kraftigt. Denna utveckling förväntas fortsätta kommande år. Slaktkycklingar och i viss mån får och lamm har ökat medan antalet djur bland övriga djurslag varit tämligen oförändrat (Statens Jordbruksverk, 2006). I Sverige finns i dag också cirka 300 000 hästar och internationellt sett är kvoten hästar per invånare hög. Antalet har ökat kraftigt under de senaste 30 åren. Hästarna omsätter cirka 20 miljarder kronor och är i dag den femte största inkomstkällan inom svenskt jordbruk.

Generellt sett är hälsoläget bland svenska djur mycket gott i jämförelse med omvärlden. Svåra sjukdomar, som t.ex. svinpest och mul- och klövsjuka, har inte påvisats i landet under flera decennier. Svenska animalieproducerande djur är i praktiken fria från salmonella till skillnad från stora delar av övriga världen.

Dagens animalieproduktion sker till övervägande och ökande del i stora specialiserade besättningar. Sådana är i hög grad beroende av säker strömförsörjning för ventilation, utfodring, mjölkning m.m. men också känsliga för störningar i transporter av foder och djur för slakt.



Tillgång till tillräcklig mängd foder och vatten av god kvalitet är avgörande för animalieproduktionen. Särskilt för storskalig djurhållning är säker tillgång på vatten av god kvalitet avgörande, inte minst gäller detta i mjölkproduktionen. I samband med extrema väderförhållanden som översvämningar eller långvarig torra kan betesbrist bli ett problem. Betesbrist kan få djuren att börja beta av giftiga växter eller utsätta dem för parasitsmitta t.ex. genom att de då betar närmare marken. Stödutfodring kan då bli nödvändig. Foder kan också skadas, t.ex. vid fuktig väderlek.

Ekologisk produktion med djurhållning utomhus ökar. Denna kräver ekologisk växtodling för att förse djuren med foder, detta innebär oftast att hemmaproducerat foder. Extremväder som ger skörde-skador kan bli mycket kännbara för denna produktion.

### **Efterfrågan på jordbruksmark i ett förändrat klimat och till följd av förändringar av andra omvärldsfaktorer**

Många faktorer påverkar den framtida användningen av svensk jordbruksmark. På kortare sikt verkar avregleringar mot ökad internationell konkurrens inom jordbruket såväl i Sverige som i övriga Europa. På längre sikt är omvärldsutvecklingen svårbedömd men av stor betydelse för hur jordbruket i Sverige kommer att utvecklas.

SLU har för utredningens räkning utvärderat två markanvändningsmodeller kallade ATEAM respektive ACCELERATES och de resultat de visar på för Sverige och EU. I modellerna beskrivs utvecklingen av jordbruksarealer som ett resultat av den globala socioekonomiska utvecklingen och klimatförändringarna baserat på några av IPCC:s utsläppsscenarier, däribland A2 och B2 fram till slutet av seklet. Den historiskt snabba produktivitetsutvecklingen antas fortsätta men varierar mellan scenarierna. De tre faktorer som antas bestämma produktivitetsutvecklingen är teknisk utveckling, ökad koldioxidkoncentration i atmosfären samt klimatförändringar. Till 2050 antas produktivitetsökningen ge kraftigt ökade skördar/ha med 85–160 procent. På längre sikt blir ökningen ännu större. Behovet av jordbruksmark minskar då trots befolkningsökningen. I B2-scenariot, som visar på mindre klimatförändringar men dyra insatsvaror som gödsel, energi m.m., antyder ACCELERATES-modellen att i princip all jordbruksmark läggs ned utom i södra Götaland. Med de större klimatförändringarna

som A2-scenariot visar, kan den svenska odlade arealen istället öka enligt ACCELERATES-modellen. ATEAM-modellen ger genomgående betydande minskningar av jordbruksarealen i såväl Europa som vårt land. Modellerna omfattar inte produktion av biobränslen på åkermark.

**Tabell 4.29** Förändring av mängd jordbruksmark för matråvara i Sverige och Europa enligt två modeller, se vidare bilaga B 24

	Område	A2	B2
<i>Modell</i>			
ATEAM, år 2080	Sverige	-48%	-33%
	Europa	-45%	-28%
ACCELERATES år 2050	Sverige	-21%	-72%
	EU	-1%	+5%
ACCELERATES år 2050, endast klimat	Sverige	+21%	+21%
	EU	+16%	+15%

Ser man isolerat till effekten av klimatförändringar med nuvarande socioekonomiska förutsättningar skulle svensk åkermarks konkurrenskraft för mat- och foderproduktion öka enligt ACCELERATES-modellen, vilket skulle ge ökade jordbruksarealer i både A2- och B2-scenariot. Osäkerheten i modellerna är dock betydande, se vidare bilaga B 24.

### Jordbrukets tunga investeringar i ett förändrat klimat

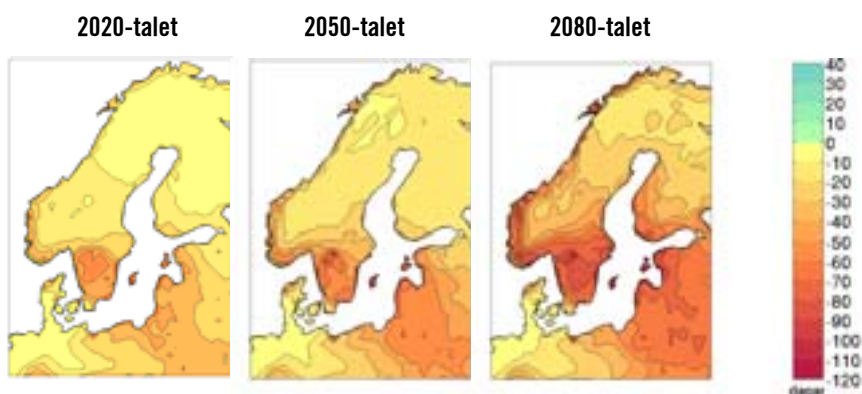
Den tekniska livslängden på jordbrukets maskiner, byggnader och inventarier är relativt kort. I allmänhet kan man räkna med att omsättningstakten för jordbruksmaskiner är cirka 15 år. För djurstallar är den något långsammare, cirka 20 år. En successiv anpassning till ett varmare klimat bör därför i de flesta fall vara möjlig i samband med nyinvesteringar. Ett undantag är system för markavvattning och dränering samt invallningar. Täckdikningens livslängd på lättlera kan uppgå till 50–80 år (Statens Jordbruksverk, 2006). Med den enligt klimatscenerierna kraftigt ökade nederbörden, särskilt vintertid, finns en påtaglig risk för att kapaciteten hos anläggningar för markavvattning regelmässigt inte kommer att räcka till. Otillräcklig avvattning kan komma att försena vårsådden väsentligt i framtiden med ökad risk för skadedjursangrepp och

ogräsproblem men kan också, liksom otillräckliga invallningar, innebära risk för skador på höstsådda grödor, infrastruktur och bebyggelse. Sannolikt uppstår betydligt ökade problem redan till 2020-talet och kanske särskilt i Västra Götaland.

### Grödors utveckling och kvalitet i ett förändrat klimat

Vegetationsperioden och odlingsperioden förlängs väsentligt enligt klimatscenerierna, se figur 4.41. Ökad temperatur leder till ökad tillväxt, speciellt på våren när tillväxten i dagsläget är starkt temperaturbegränsad.

**Figur 4.41** Antal dagar som starten på vegetationssäsongen tidigareläggs jämfört med perioden 1961–1990 (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Nederbörden väntas öka från oktober till mars och vara oförändrad i april. Från maj till september väntas mindre nederbörd, åtminstone i södra Sverige. Upptorkningen av marken kommer ske betydligt senare än vegetationsperiodens start och kommer därmed att begränsa när vårbruk och vårsådd kan ske. Skörden av vårsådda grödor bedöms ändå bli cirka tre veckor tidigare än idag. Enligt klimatscenerierna förlängs vegetationsssäsongen med mer än en månad på hösten och höstsådden kommer då att kunna senareläggas i motsvarande utsträckning. För t.ex. höstvetete tidigareläggs ändå blomning och mognad med cirka tre veckor jämfört med idag. Högre temperaturer och mindre nederbörd sommartid väntas öka bevattningsbehoven samtidigt som tillgången på vatten minskar.

Beräkningar tyder dock på att tillväxten för t.ex. gödslad gräsvall för 2080-talet inte hämmas mer än att den i juli-augusti kan förbli på dagens nivå. Höstgrödor som skördas tidigt, innan torkan hunnit bli ett problem, kommer gynnas i jämförelse med vårsådda grödor, se bilaga B 24.

Ökad koldioxidhalt i atmosfären innebär att växterna hushållar bättre med vattnet. Bevattningsbehovet styrs också av nederbördens tidsmässiga fördelning, olika jordars vattenhållande förmåga, grödoval m.m. Det gör det svårt att kvantifiera det ökade bevattningsbehovet.

Förväntade förändringar i odlingsförutsättningar kan exemplifieras med två områden i Sverige, Mälardalen och Västerbotten. I Mälardalen, som får ett klimat liknande dagens klimat i Skåne, kan höstvetete ersätta stora delar av havrearealen. I Västerbotten kan stora delar av vallarealen ersättas med stråsådesodling, främst höstvetete. Skördarna väntas öka för alla grödor och båda områdena, se tabell 4.30. De relativa ökningarna blir väsentligt högre för Västerbotten än för Mälardalen och varierar mellan grödor.

**Tabell 4.30** Relativa förändringar för den sammanlagda regionala skörden för sex grödor vid klimatförändringar motsvarande nuvarande skillnader mellan regionerna

	År 2000		Ändring i regional skörd vid en klimatförändring	
	Total areal (10 <sup>3</sup> ha)	Total regional skörd (10 <sup>3</sup> ton/år)	Ingen ändring i areal fördelning	Arealfördelning enligt den sydligare regionen
Västerbotten	59	257	- 56%	+ 26%
Mälardalen	280	1 527	+ 19%	+ 27%
Skåne	307	2 128		

*Källa:* Bilaga B 24.

Avsikten med växtodlingen är att få fram en produkt med en viss kvalitet, där varje produkt definieras av flera olika kvalitetsparametrar. Sannolikt påverkas den hygieniska kvaliteten negativt eftersom växtskadeangreppen väntas öka bl.a. till följd av ökande temperatur. Vårsådda grödor drabbas sannolikt hårdare än höstsådda grödor och södra Sverige drabbas mer än norra. Den näringsmässiga kvaliteten bestäms av proteinhalten i växten och är proportionell mot kvävehalten. Vad grödan ska användas till har

betydelse för vilken proteinhalt som önskas. Höga temperaturer under kärnfyllnaden kan försämra inlagringen av protein och proteinsammansättningen. Dessa faktorer talar också för en ökning av höstsådda grödor. Dynamiken i grödors tillväxt och proteinuppbyggnad i ett förändrat klimat är komplex och även gödslingsregimen spelar roll. När det gäller andra kvalitetsparametrar saknas i dag metoder att förutse effekter på kvalitet av givna förändringar i klimatet, se bilaga B 24.

### Ogräs och skadegörare i ett förändrat klimat

Problemen med skadegörare som insekter, svampar och virus kommer att öka i ett varmare klimat. Vid en ökad temperatur med 3–4 grader vintertid mot mitten av seklet torde ett flertal bladlusarter kunna övervintra på olika grödor och ogräs även i Sverige. Negativa effekter kan då uppstå både i form av direkta skador och indirekt genom spridning av olika virussjukdomar, t.ex. rödsotvirus, flera sjukdomar som drabbar potatis och sockerbetor. Förmodligen kommer bladlössen också att gynnas mera än vårsådda grödor eftersom lössen kommer utvecklas tidigare än nu i förhållande till grödans utveckling. Detta förhållande kan också gynna fritflugor som ger skador på stråsäd. Störst problem kan väntas i torra områden, särskilt de sydöstra delarna av Sverige. Även i norra Sverige kan problemen bli betydande bl.a. vid odling av potatisutsäde.

Rostsvampar och gräsmjöldagg som drabbar stråsäd samt svampsjukdomar som drabbar oljevaxter kommer antagligen att gynnas av högre temperatur då dessa inte är så beroende av ett fuktigt klimat. Andra, mer fuktkrävande, svampsjukdomar, t.ex. bladfläcksvampar kommer antagligen att minska, åtminstone i södra Sverige.

Bland insekter som kan komma att etablera sig i de södra delarna av landet märks koloradoskalbaggen som skadar potatis. Andra arter kan spridas norrut, t.ex. rapsjordloppan.

Ogräsfloran förväntas bli mer artrik men det är inte nödvändigtvis enbart konkurrensstarka ogräs som ökar. En mer utdragen uppkomst av grödorna i relation till vegetationsperiodens start innebär i sig ett ökat och upprepat behov av bekämpning (mekaniskt och/eller kemiskt). Mer odling av konkurrenssvaga grödor som majs verkar i samma riktning. Det är dock osäkert hur

mycket behovet av ogräsbekämpning kan förändras. Om bekämpningsmedelsanvändningen skulle öka till dansk nivå så är det fråga om nästan en fördubbling. Kostnaden för detta skulle bli cirka 600 miljoner kronor per år.

### Effekter på djurhållningen i ett förändrat klimat

Ett varmare klimat med längre vegetationssäsong kommer leda till större och fler vallskördar och ökade möjligheter till bete under en större period av året. Torra perioder sommartid kan det dock i ökad utsträckning behövas stödutfodring.

De ökade temperaturerna sommartid kan ställa till problem särskilt för svin och fjäderfäuppfödningen. Smågrisar har gärna cirka 30 grader, medan större grisar föredrar temperaturer på 15–20 grader. Stora fjäderfäbesättningar kräver hög ventilationskapacitet. Ett elavbrott kan snabbt leda till hög dödlighet. Höns föredrar en temperatur runt 20 grader. En högre frekvens av t.ex. plötslig hjärtdöd uppstår vid för hög temperatur.

Översvämningar och bräddning av avloppsvatten kan leda till att djuren får i sig såväl förorenat dricksvatten som att beten förorenas. Ökande problem med angrepp av mikroorganismer i växande gröda, men även tillväxt i skördat foder, kan bli en följd av högre temperatur och ökad relativ luftfuktighet under lagrings-säsongen vintertid. Mer mögelgifter i foder och salmonella i industriell foderproduktion är en annan konsekvens som t.ex. kan störa reproduktion och tillväxt hos grisar.

En spridning norrut avseende smittöverföring har redan konstaterats för ett flertal vektorburna infektioner (*Bluetounge*, *West Nile feber*, *Borreliosis*). Hur dessa första kan komma att orsaka sjukdomsutbrott och etablera sig i Sverige är osäkert, se vidare bilaga B 34. Om så sker kan nya problem uppstå för svensk djurhållning. Nya sjukdomar som kan drabba djur är främst zoonoser som sprids av bl.a. fästingar och gnagare samt virussjukdomar. Se tabell 4.31 *Erlchios* som förekommer hos får, nöt och häst. Babesios är en malarialiknande, fästingöverförd sjukdom som i dag är vanlig bland kor och får i södra Sverige och som kan öka i ett varmare klimat. I dag drabbas cirka 3 000 nötkreatur drabbas årligen. Virussjukdomar som kan komma att etableras i Sverige är t.ex. *Bluetongue*, som sprids av svidknott och ger allvarlig sjukdom

främst hos får. Under 2006 spreds sjukdomen till mer än 2 000 besättningar i bl.a. Nederländerna, Belgien och Tyskland.

**Tabell 4.31 Sammanfattande klimatrisk – konsekvensbedömning för infektionssjukdomar i Sverige hos djur. Riskbedömningen bygger dels på hur starkt sambandet är mellan sjukdomsriskökning och en klimatförändring i Sverige och dels på hur viktig sjukdomen är, dvs. dess konsekvens för hälsoläget i Sverige, se vidare bilaga B 34.**

Klimatkoppling i Sverige	Konsekvens för hälsoläget i Sverige				
	1	2	3	4	5
Mycket starkt samband	BORRELIAINF.- fasting	ALGTOXIN-vatten ANAPLASMOS- fasting, febersjd	BABESIOS-fasting; malarialiknande sjd		
Starkt samband		CRYPTOSPORIDIUM- INF. - mat/vatten; diarrésjd FODERBOTULISM- andningsförämning	CAMPYLOBACTER- INF. mat/vatten; diarrésjd	BLUETONGUE – svidknott; dödlig sjd VISCERAL LEISHMANIASIS* mygga, febersjd	
Medel- starkt samband		LEPTOSPIRAINF. – gnagare; febersjd	VTEC- mat/vatten/bete; ger smittbara	WEST NILE FEBER* mygga; febersjd, neurologiska symtom	
Svagt samband	MJÅLTBRAND- bete/ inandning/ foder; dödlig akut febersjd	HARPEST- mygga; dödlig sjd, bölder GIARDIAINF.- mat/vatten/kontakt smitta; diarrésjd LISTERIAINF.- jord/bete; missfall, symtom fr centrala nervsystemet	SALMONELLAINF.- mat/vatten; ger smittbara FRASBRAND – bete; akut dödlig febersjd		
Mycket svagt samband		FÅGELINFLUENSA – kontakt smitta; dödlig febersjd STELKRAMP jord; dödlig sårintektion	PARATUBERKULOS- betesmark/gödse; dödlig tarmsjd NOTKREATURSTBC- inandning/bete; dödlig lungsjd USUTU VIRUS- mygga; inre organ förstörs, död	EEE/WEE/VEE* - mygga; dödlig hjärninflammation RIFT VALLEY FEBER* - mygga/ luftburen; hemorragisk feber AFRIKANSK HÄSTPEST* svidknott; dödlig febersjd	
	Mycket begränsade	Begränsade	Allvarliga	Mycket allvarliga	Katastrofala

Risk vid klimatförändring:

Mycket Hög Risk
Hög Risk
Medelhög Risk
Låg Risk
Mycket Låg Risk

\* Stark klimatkoppling utomlands

Källa: Bilaga B 34.

### Växtnäringsläckage i ett förändrat klimat

Flera faktorer pekar mot ökat kväveläckage från svensk jordbruksmark. Högre temperaturer och höjda produktionsnivåer som ökar mängden skörderester ökar kväveminaliseringen. Större nederbörd och större andel regn vintertid ger mer omfattande utlakning. I samma riktning verkar ökad sommartorka, som kan fördröja nedbrytning av färskt organiskt material till hösten. Behovet av kvävegödsling ökar under vissa tidpunkter, särskilt för vissa grödor som fodermajs, och därmed risken för kväveläckage. En förväntad minskning av vallarealen medför att en större areal bearbetas och plöjs varje år, vilket ökar kväveutlakningen. Samtidigt ger en längre växtsäsong och högre tillväxt möjlighet att föra bort en större andel kväve via skörd. Likaså kan ökad areal höstsådd mark fungera som "fånggrödor" under milda höst/vinter perioder. Men effekterna av dessa faktorer är osäkra. Flera studier som genomförts pekar också på att kväveläckaget sannolikt kommer att öka väsentligt, se bilaga B 24.

Det finns också en risk att läckaget av fosfor kan öka från jordbruksmark men här bedömer vi läget som mer osäkert. Med ökad nederbörd under vintern och ökad frekvens av intensiv nederbörd kommer risken för partikelerosion och därmed partikelbunden förlust av fosfor från jordbruksmark att öka. Mer frekventa perioder med omväxlande frysning/tining kan öka utlakningen av fosfor från höstsådda grödor och vallar. Högre produktionsnivåer kräver också ökad fosforgödsling, särskilt om större arealer fodermajs och mindre vall kommer odlas. En minskad areal av vall leder dock till en minskning av fosforutlakningen från fryst växtmaterial. Vid minskat snötäcke och mindre tjäle minskar ytavrinningen i samband med snösmältning, vilket i sin tur kan minska fosforförlusterna. Det är troligt att åtminstone en del av det ökade läckaget av kväve och fosfor kommer att fångas upp genom ökat upptag i vattendragen på vägen till havet, se vidare avsnitt 4.5.3.



## Åtgärder för att utnyttja möjligheter och undvika risker i ett förändrat klimat samt överväganden

Vi anser att mycket talar för att det svenska jordbruket kommer att gynnas genom längre vegetationssäsong, möjlighet till ökade och i vissa fall fler skördar samt nya grödor. Ett antal orosmoment finns dock och en planerad anpassning av jordbruket till nya förhållanden kan stärka möjligheterna till en positiv utveckling.

Vattentillgången i det framtida klimatet kommer att se annorlunda ut än dagens. Mer nederbörd vintertid men mindre sommartid kommer att ställa nya krav avseende både dränering och bevattning. För att klara bevattningsbehoven kan nya vattenreservoarer behöva anläggas, medan diken och täckdiken kan behöva breddas eller dimensioneras om, särskilt i västra Götaland.

Invallningar kan också behöva förstärkas. De olika systemens status inom olika geografiska områden, behovet av åtgärder och kostnader såväl för nya bevattningssystem och reservoarer som för insatser för markavvattning behöver närmare utredas. Effekterna på miljön och på t.ex. bebyggelse och infrastruktur av olika möjliga insatser bör då också beaktas.

Åtgärder för markavvattning, ändringar av invallningar eller vattenuttag fordrar ändrade tillstånd eller ibland nya vattendomar. Det kan i många fall vara en komplicerad process att ändra tillstånden och vattendomarna. I ett förändrat klimat kommer den ursprungligen avsedda funktionen som tillståndet eller vattendomen en gång avsåg att säkerställa i många fall inte att kunna upprätthållas. Lagstiftningen inom området bör därför ses över med utgångspunkt i förväntade klimatförändringar med syftet att markavvattningsföretagen och invallningar ska kunna behålla sin funktion utan en omfattande rättslig process, se vidare avsnitt 5.4. I översynen av lagstiftningen bör vikten av hänsyn till andra samhällsfunktioner, biologisk mångfald och infångning av näringsämnen beaktas eftersom det kan vara ett alternativ att på vissa lågt liggande marker anlägga våtmark.

Våtmarker i jordbrukslandskapet kan tjäna flera syften. Förutom att utjämna flöden kan de också fungera som fällor för näringsämnen. Våtmarkens utformning och läge har stor betydelse för hur väl näringsämnen kan fångas in och effektiviteten kan skilja med en faktor 10 (Svensson et al, 2002). Nuvarande stödsystem för anläggning och skötsel av våtmarker på jordbruksmark bör utvecklas så att de områden och typer av våtmarker där nyttan av åtgärden

för infångning av näringsämnen blir störst prioriteras. Möjligheten att kombinera åtgärden med flera syften, t.ex. reservoar för bevattning och gynnande av biologisk mångfald bör också vara en utgångspunkt för prioriteringarna.

För att minska utlakningen av näringsämnen i ett framtida klimat bör också utveckling av odlingssystem och växtföljder ske. Bl.a. bör större arealer besås med grödor som fångar upp näringsämnen under höst och vinter och höstbearbetning av jord bör minimeras. Informationsinsatser kan här bli viktiga. Vidare bör kunskapen om variationer i kväve- och fosforläckage lokalt och regionalt ökas. Betydelsen av grödval, jordar, gödslings- och bearbetningsåtgärder för läckaget bör studeras utifrån förväntade förändringar i klimatet, inklusive klimatets variabilitet.

Förutsättningarna för djurhållning förbättras allmänt med det varmare klimatet. Risker för extremt höga temperaturer kommer emellertid att öka påtagligt och djurstallar för främst gris och fjäderfä bör anpassas för större möjligheter till god ventilation. Byggnormer och rådgivning för byggnation av djurstallar bör ses över. Med ökad risk för översvämning i framför allt västra Götaland bör riskerna för spridning av smitta från betesmark vid vattenuttag för djur och människor kartläggas och motåtgärder planeras, t.ex. i form av restriktioner för bete nära vattendrag eller varningsfunktioner när översvämningens risk föreligger. Risken för att nya djursjukdomar når Sverige är också påtaglig. Det finns därför ett behov av att noga följa utvecklingen och vid behov vidta åtgärder.

Nya grödor, förändrade odlingsmetoder och -system, tidpunkter för sådd och skörd samt anpassade gödselgivor och bekämpningsinsatser kommer att fordras för att jordbruket ska kunna dra den fulla nyttan av de i grunden förbättrade odlingsbetingelserna som ett förändrat klimat kommer att föra med sig. Flera faktorer, som blötare vintrar, torrare somrar och förändringar av skadegörarförekomst talar också för att andelen höstgrödor bör öka. Mer kunskap om samspelet kring grödors tillväxt, skadegörare, ogräs och kvalitet i ett förändrat klimat behövs dock. Fortsatt växtförädling och utveckling av grödospecifika tillväxtmodeller, där skadegörare och kvalitetsaspekter också ingår, anpassade till förändringar i klimatet är exempel på viktiga områden. Nya ekologiskt anpassade odlingsmetoder och odlings-system behöver utvecklas med hjälp av experiment och fältförsök. Insatser för ökad kunskap om tillväxtanpassad gödsling och

ekologiskt hållbara sätt att minimera skadegörare bör också prioriteras. Bioteknik och genteknik kan också erbjuda möjligheter att ta fram nya skräddarsydda sorter men negativ miljöpåverkan och svag kundacceptans kan utgöra hinder. Det är därför angeläget med ökade forskningsinsatser inom området jordbruk och förändrat klimat.

Trots att förutsättningarna för jordbruk i Sverige generellt förbättras kommer sannolikt riskerna för stora skörde-skador till följd av extrema väderhändelser som torka, intensiva regn och översvämning att öka. Ett antal länder har i dag ett utbyggt statligt finansierat eller subventionerat skörde-skadeskydd. Sådana nationella system medges enligt EG:s regelverk under vissa förutsättningar. Däremot finns, såvitt vi kan bedöma, inte i något europeiskt land heltäckande försäkringssystem utan statlig subventionering. Gårdsstödet under EG:s gemensamma jordbrukspolitik ger i de flesta fall en grundinkomst oavsett skörde-utfall. Vi bedömer att det i dagsläget inte är aktuellt att införa något särskilt system baserat på statlig subventionering för skörde-skador. Situationen kan emellertid ändras om det skulle visa sig att skörde-skadorna blir mer omfattande än vi nu kan förutse och om det grundstöd som gårdsstödet innebär minskas eller fasas ut. För att skapa en grund för framtida beslut bör en noggrannare uppföljning av skörde-skador som är kopplad till meteorologiska och klimatologiska data komma till stånd. Härvid bör även skador-nas ekonomiska betydelse för enskilda jordbrukare dokumenteras.

Många jordbruksföretag är småföretag eller enmansföretag ofta med begränsade möjligheter och resurser att inhämta information. Klimatförändringarna kommer att få betydande effekter på svenskt jordbruk. Det finns därför ett stort behov av att utveckla effektiva metoder för att förmedla information om klimatförändringar och effekter av ett förändrat klimat i jordbruket. Frågor som bör tas upp innefattar grödval, fördelning höst/vårsådd, dränerings-system, bevattning, skadegörare, gödsling/näringsämnesläckage inklusive effektiva fånggrödor, utvecklade odlings-system och bekämpningsmedelsanvändning samt åtgärders påverkan på miljö och biologisk mångfald. Av särskild vikt är rådgivning om långsiktiga investeringar.

## Forskning och utveckling

Ett omfattande forskningsbehov finns för att en effektiv anpassning av jordbruket ska komma till stånd. Ökad samordning av forskningen inom området är också önskvärd. Vi ser främst behov av:

- dynamiken kring klimatförändringar och grödors tillväxt, påverkan på populationer av skadegörare, ogräs och kvalitet.
- utvecklade regionaliserade klimatscenarier, modellering på lokal/gårdsnivå.
- klimatets inverkan på tillväxt, kvalitet, skadegörare och ogräs samt hur utvecklade odlingssystem, växtförädling och biologiska bekämpningsmedel kan minska skadegörarproblem och bekämpningsmedelsbehov. Såväl modellering som fältförsök bör ingå.
- forskning kring näringsämnesläckage i ett förändrat klimat beroende på jordart, gröda, gödslingsregim, bearbetningsåtgärder, förändrad tillväxt och kring påverkan på näringsämnesomsättningens påverkan på andra miljömål, t.ex. biologisk mångfald samt metoder att minimera negativ påverkan.
- Forskning kring djurhälsa, foderproduktion och metoder för styrning av djurhållning för största miljönytta.
- Konsekvenser för miljö och biologisk mångfald av olika anpassningsåtgärder inom jordbruket.

## Förslag

- Instruktionerna för Statens Jordbruksverk och Statens veterinärmedicinska anstalt ändras så att ansvaret för anpassning till ett förändrat klimat tydliggörs, se avsnitt 5.10.2.
- Statens Jordbruksverk bör få i uppdrag att:
  - i samråd med berörda myndigheter och organisationer göra en kartläggning av behoven av framtida bevattning och markavvattning samt befintliga dräneringssystem och invallningars status och behov av åtgärder. Kartläggningen bör åtföljas av förslag till åtgärder inklusive bedömning av kostnader och behov av eventuella stödssystem.
  - i samråd med Naturvårdsverket föreslå ett utvecklat stödssystem till våtmarker där deras effektivitet för näringsämnes-

infångning och funktion för kombinerade ändamål som biologisk mångfald och skapande av bevattningsreservoarer premieras.

- se över djurskyddsregler inklusive byggnormer och rekommendationer kring stallar för främst gris och fjäderfä med hänsyn till risk för ökad värmestress och lösdrift utomhus.
  - i samråd med SMHI och SLU och berörda organisationer utveckla ett system för skördeskadeuppföljning där vädersituationen vid skadans uppkomst och den ekonomiska skadan dokumenteras.
  - i samarbete med Jordbrukets organisationer genomföra utökade informationsinsatser till jordbrukare kring klimatförändringen och dess effekter på jordbruket och miljön.
- Statens Veterinärmedicinska anstalt bör få i uppdrag att i samverkan med Statens Smittskyddsinstitut:
    - följa utvecklingen av epidemilogin hos nya och kända infektioner till följd av klimatförändringar och vid behov ta initiativ till åtgärder för att upprätthålla ett gott smittskydd.
    - ta initiativ till forskning och utarbeta kunskapsunderlag för fortbildning om infektionssjukdomar för veterinärmedicinsk personal.

#### 4.4.3 Fiskerinäringen

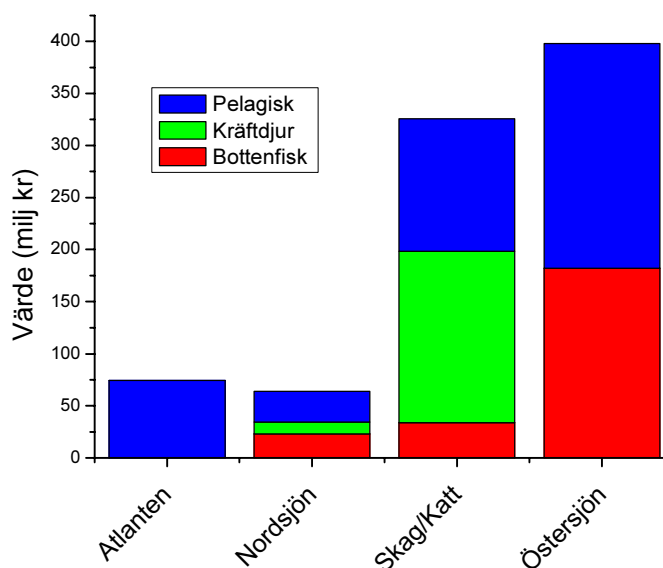
*Stora förändringar av ekosystemen och fisket väntar i ett varmare klimat. Torsken kan komma att slås ut helt i Östersjön och istället ersättas av sötvattenarter. Varmvattenarter kommer att ersätta kallvattenarter i insjöar. Fisket i Västerhavet och i vissa insjöar kan komma att gynnas.*

#### Fiskerinäringen – en trängd näring

Svenskt fiske, vattenbruk och beredningsindustri sysselsätter totalt cirka 5 000 personer och omsätter cirka 5 miljarder kronor per år. Fisket är helt beroende av de biologiska resurser som hav och vattendrag producerar. Yrkesmässigt fiske sker, förutom i Östersjön inklusive Bottniska viken och Västerhavet, även i de stora sjöarna samt i ett antal mindre, fiskrika, sjöar.

Fiskekvoter, som fastställs inom EU, begränsar fisket efter många arter. Bland de nio viktigaste arterna är det bara ål och rödtunga som inte är kvoterade. Trots begränsningar har många fiskbestånd minskat på senare år. Det svenska saltvattensfisket har under de senaste åren upplevt en kraftig nedgång i intäkter och lönsamhet. Från 2002 till 2004 har landningsvärdet minskat från 1 174 till 830 miljoner kronor, eller med närmare 30 procent. Fördelningen på olika artgrupper och fiskeområden framgår av figur 4.42. Insjöfisket omsätter totalt cirka 50 miljoner kronor.

Figur 4.42 Geografisk fördelning av totala fångstvärdet i svenskt marint yrkesfiske (genomsnittliga landningspriser år 2004)



Källa: Bilaga B 26.

Totala antalet licensierade fiskare minskade mellan 1995 och 2002 från 2 900 till 1 900. Under samma period minskade antalet fartyg i havsfiskeflottan totalt från 2 540 till 1 597 fartyg, främst på grund av en nedgång i kustfisket. Bland stora fartyg inriktade på pelagiska arter ökade ändå totala bruttotonnaget med 19 procent.

## Fiskets inriktning i olika områden

Fiske med passiva redskap (nät, ryssjor, burar och långrev) bedrivs i huvudsak nära hemmahamnen. Detta gäller även de syd- och ostkustbaserade fartyg som fiskar med aktiva redskap (trål, not). Större västkustfartyg, som fiskar efter pelagiska arter som sill/strömming och makrill samt torsk, bedriver sitt fiske i alla för svenskt fiske tillgängliga vatten (Atlanten, Nordsjön, Skagerrak, Kattegatt och Östersjön). Den största kvantiteten fångad fisk, cirka 60 procent, utgörs av foderfisk.

Det kustnära fisket i Bottniska viken bedrivs huvudsakligen med mindre skepp och båtar. De viktigaste arterna är siklöja, lax, sik och strömming. Fritidsfisket är betydande och inriktas främst på abborre, gädda, lake och öring.

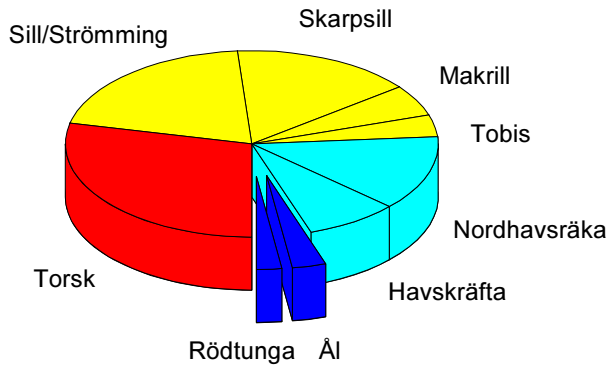
Kustfisket i egentliga Östersjön domineras av fiske med garn efter torsk och ål, ofta kombinerat med fiske efter skrubbskädda, piggvar, sill/strömming, gädda, sik och gös. Det kustnära fritidsfisket i Östersjön är ungefär lika stort som yrkesfisket om man bortser från ålfisket.

I de saltare vattnen i Skagerrack och Kattegatt finns betydligt fler kommersiella fiskarter och det finns en rik förekomst av skaldjur. Ål, havskräfta, krabba, hummer och musslor är viktiga arter. Yrkesfisket efter makrill är av liten omfattning, men för fritidsfisket är makrillen en av de viktigaste arterna.

I Väneren utgör gös och siklöja de ekonomiskt viktigaste arterna. I Vättern är kräftfisket av störst betydelse. I Mälaren och Hjälmaren är i dag fisket av gös viktigast, men även kräftfiske har betydelse i Hjälmaren. I de norrländska sjöarna domineras avkastningen av sik och röding. I de näringsrika sydliga mindre sjöarna dominerar fiske av ål och gös.

Torsk, tillsammans med de pelagiska arterna, står för cirka  $\frac{3}{4}$  av svenskt fiskes totala fångstvärde. Figur 4.43 visar proportionerna artvis för de nio värdemässigt dominerande arterna, vilka år 2004 svarade för >90 procent av fångstvärdet. Resterande 10 procent är fördelade på 56 olika arter.

**Figur 4.43** Fördelning av fångstvärdet för de nio viktigaste arterna i havs- och kustfiske 2004. Totala fångstvärdet var cirka 870 miljoner kronor



Källa: Bilaga B 26.

Den svenska beredningsindustrin har ett stort produktutbud, alltifrån filéad sill och strömming och torsk till färdigrätter och rökta produkter. Huvuddelen av värdet kommer från olika former av sillprodukter. Beredningsindustrin och den specialiserade handeln omsätter cirka 4 miljarder/år och sysselsätter cirka 1 700 personer.

Vattenbruk inklusive fiskodling har relativt liten betydelse i Sverige och odlingen av matfisk har minskat de senaste decennierna. Totalt finns cirka 200 odlingar med i huvudsak produktion av laxfisk, ett hundratal kräftodlingar och cirka 20 ostron- och blåmusselodlingar, bilaga B 34. Många företag har gått över till att i princip bara odla för utsättning i naturvatten. Vattenbruk omsätter cirka 220 miljoner kronor per år och sysselsätter cirka 200 personer.

### Temperaturhöjning, salthaltsminskning och andra klimatfaktorer ändrar förutsättningarna för fiskbestånden

Temperaturen utgör en av de mest grundläggande faktorerna för fiskars överlevnad och tillväxt. Med ökad temperatur ökar ämnesomsättningen upp till en för varje fiskart optimal temperatur och avtar sedan vid högre temperaturer. För kallvattenarter, t.ex. sik, sill/strömming, simpor och torsk, ligger den optimala tempe-



raturen ofta kring 15 grader och för varmvattenarter (t.ex. abborre, gädda, karpfiskar, ål och strandkrabba) mellan 20 och 25 grader. Plattfiskarna skrubbskädda och piggvar är exempel på arter som intar en mellanställning.

En temperaturhöjning med 2,5–4,5 grader, vilket förutses i scenarierna mot slutet av seklet, kommer att få olika effekt på fisksamhällen beroende på djupförhållandena i den aktuella miljön. Temperatursprångskiktet, den s.k. termoklinen, kommer att förskjutas utåt från kustlinjen och ligga djupare. Detta innebär att varmvattenarternas levnadsutrymme kommer att öka på bekostnad av kallvattenarternas. Förändringens omfattning kommer att bero av den aktuella miljös djupförhållanden. Livsutrymmet för marina arter i Östersjön väntas minska på grund av den salthaltsminskning som förutses i de flesta klimatscenarioer, se även avsnitt 4.5.3. Hur omfattande förändringarna blir beror på hur stor minskningen av salthalten blir.

Flödessituationen i tillrinnande sötvattendrag kommer att förändras med mindre årstidsvariation men större totalt utflöde från främst de norrländska vattendragen. De förväntade minskande årstidsvariationerna av flödet i främst norrländska större vattendrag kan förändra förutsättningarna för de fiskarter som företar årstidsvandringar eftersom lek- och yngeluppväxt är anpassade till toppar i planktonproduktionen i samband med vår- och försommartoppar i flödena.

Under tidiga livsstadier påverkas fiskynglens överlevnad starkt av variationer i födotillgången i form av djurplankton. Förändringar av djurplanktonbeståndet kommer sannolikt att ske som en följd av ett förändrat klimat. Planktonproduktionen kan påverkas av flera klimatberoende faktorer. T.ex. kan den ökade avrinningen med ökad uttransport av humus i havet leda till minskad planktonproduktion. En minskad landhöjning och sedimentation kan dock gynna planktonproduktionen. Det är därför osäkert vilka effekter klimatförändringarna får på planktonbestånden och vilka de sekundära effekterna på fiskbeståndet blir.

### **Klimatförändringarna kan utplåna torskfisket i Östersjön**

Hur starkt de marina arterna går tillbaka i Östersjön beror på hur mycket salthalten minskar. Den reducerade salthalten förskjuter de marina arternas reproduktionsområden söderut. Med de större

minskningar i salthalt som skisseras enligt Echam4:s scenarier blir förändringarna mer dramatiska. Sannolikt kommer då den för yrkesfisket viktiga torsken helt att utplånas från Östersjön på grund av att reproduktionsområdena med tillräcklig salthalt och syresättning försvinner.

Torskfisket representerar i dag 25 procent av totala fångstvärdet för svenskt fiske eller cirka 200 miljoner kronor per år. En total förlust av torskfisket i Östersjön skulle slå mycket allvarligt mot stora delar av det svenska fisket eftersom den främsta värdeskapande arten i Östersjön då skulle gå förlorad. Detta skulle sannolikt också leda till betydande konsekvenser för såväl sysselsättning som kulturmiljö på mindre orter och fiskelägen i främst sydöstra Sverige.

### **Stora förändringar också för övriga arter i Östersjön och Västerhavet**

Plattfiskar som piggvar, skrubb-skädda, rödspätta och sandskädda kommer att minska. De viktigaste pelagiska arterna bland de marina fiskarna som är av betydelse för kustfisket är sill/strömming och skarpsill. Den senare kommer förmodligen att påverkas positivt av ökad vattentemperatur relativt strömmingen, en utveckling som kan ses redan i dag. Minskad salthalt innebär emellertid ökad fysiologisk stress även för skarpsillen. Nya arter kan också komma att allvarligt störa ekosystemen. Den amerikanska kammaneten, som tidigare bidragit till stora förändringar av ekosystemen i Svarta havet kan nu vara på väg att etablera sig i Östersjön (Fiskeriverket, 2007).

Vid en temperaturökning med 2,5 till 4,5 grader kommer varmvattenarter som abborre, gädda och gös och deras bytesfiskar som karpfiskar att etablera sig mycket starkare mot norr. För abborre och gös finns klara samband mellan årsklasstyrka och varma utdragna somrar. Gädda påverkas sannolikt på samma sätt. Yrkesfisket efter gös, abborre och gädda torde kunna ökas från dagens låga nivåer förutsatt att den dåliga återväxten som för närvarande förekommer i egentliga Östersjön kan bemästras, se tabell 4.32.

**Tabell 4.32 Fångster av vissa arter av svenskt yrkes- och fritidsfiske i Östersjön inklusive Bottniska viken (ton/år)**

	Abborre	Gädda	Gös	Sik	Siklöja	Öring	Torsk	Sill/ strömning	Skarp- sill	Platt- fisk
Yrkesfiske	105	47	35	200	800–900	30	10 000	70 000	100 000	500
Fritidsfiske	1 000	1 300	75	400–600	litet	>30	litet	litet	litet	litet

Källa: Bilaga B 26.

Förutsättningarna för den ål som kommer till våra kustvatten kommer också att förbättras, men tillförseln av invandrande glasål är avgörande för bestånden. Kallvattenarter som sik, siklöja och öring missgynnas av högre temperaturer med sämre förutsättningar för romutveckling och kläckning. Utbredningen av sik och siklöja söderut gynnas dock av en förväntad lägre salthalt. Den kustlevande öringen kommer att missgynnas, framförallt i landets sydligaste delar.

I den marina miljön på västkusten blir det sannolikt ett större inslag av fisk- och skaldjursarter som nu har en sydligare utbredning. Under sommaren 2007 har stora mängder av det Japanska ostronet (*Crassostrea Gigas*) upptäckts längs Västkusten, vilket kan vara en effekt av högre vattentemperaturer (Dagens Nyheter, 2007). Kustbestånd av varmvattenarter med sötvattensursprung kan förväntas få en ökad produktion som ger förutsättningar för en ökad avkastning. En ökad avkastning av marina varmvattenarter kan förutses genom invandring söderifrån av t.ex. mulle och havsabborre. Ökad bottenvattentemperatur medför också högre tillväxt för hummer, krabba och havskräfta. Fångsten av havskräfta har t.ex. ökat med 30 procent under de två senaste varma åren, se bilaga B 26.

### Förskjutning från kallvattenarter till varmvattenarter i sötvatten

En medeltemperaturökning på 2,5–4,5 grader kommer radikalt att förändra utbredningsmönstret för olika sötvattensarter och vandrande arter. Sjöar i Gävleborg kommer att få samma temperaturregimer som dagens skånska sjöar, vilka klimatmässigt hamnar i mellersta Frankrikes lågland. Flera av de kallvattenanpassade arterna röding, lake, nors, siklöja, sik, harr, lax och öring är eko-

nomiskt viktiga och några av de icke kommersiella arterna, t.ex. nors, är nyckelarter och viktiga bytesfiskar. I södra Sverige har många bestånd av siklöja redan blivit svagare, sannolikt som ett resultat av kortare vintrar och minskat istäcke. I Vättern finns indikationer på att rekryteringen av sik och röding följer samma mönster. Med högre sommartemperaturer blir temperaturskiktningen sommartid kraftigare och långvarigare. I kombination med ökad tillförsel av näringsämnen och förhöjd produktion ökar risken för syrgasbrist och svavelvätebildning i bottenvattnet. Detta riskerar leda till att unika storrödingsbestånd i södra Sverige slås ut. Ytterligare varmare vintrar kommer också att inverka negativt på rekryteringen av laxfisk, trots en viss successiv anpassning till ändrade förhållanden. Totalt sett kommer trots detta fiskproduktionen sannolikt att öka i sötvattnen då varmvattenarterna, inklusive kommersiellt betydelsefulla sådana som gädda, gös och abborre, kommer att kunna breda ut sig i landet på grund av högre temperaturer och en högre tillförsel av näringsämnen till vattendragen som en följd av ökad avrinning. Även utbredningen av kräftor torde öka i norra Sverige.

Ökad frekvens av extrema högflöden innebär att flodfårar kommer att ändras och inom fårorna kommer sedimenttransporten att förändras. I dag har generellt alla större vattendrag aktivt rensats och kanaliserats i någon omfattning och för många arter, t.ex. laxfiskar och nejonögon, har viktiga leksubstrat som grus försvunnit. Ökad avrinning kan ytterligare bidra till att utarma fiskfaunan, särskilt laxfiskproduktionen. Varmare somrar innebär längre perioder med låg vattenföring. Vid sommartorka dör redan i dag upp till cirka 10 procent av den naturliga produktionen av smolt, dvs. ung utvandrande lax, i sydvästra Sverige.

### Ökade fångster i de stora sjöarna i ett varmare klimat

I *Vänern* bedöms sik och siklöja minska, se bilaga B 26. Siklöja som leker tidigt på hösten har redan försvunnit, medan siken ännu inte påverkats. Siklöjan betingar för närvarande (2006) ett värde på 6,4 miljoner kronor medan siken ger 2,5 miljoner kronor. Övriga sjölekande arter, inklusive gädda, gös och abborre, kommer att gynnas. Gösen är redan nu *Vänerns* ekonomiskt viktigaste art, 5,5 miljoner kronor år 2006. Avkastningen av gös kan komma att fördubblas på knappa 100 år.

I *Vättern* torde de typiska kallvattenarterna sik och särskilt röding minska ytterligare. Sannolikt kommer det inte att gå att bedriva något kommersiellt fiske på dessa arter över huvud taget. Varmvattenarterna, som mest finns i skärgårdsområdena, kommer att kunna breda ut sig. Ingen av dessa arter har i dag något större ekonomiskt värde. Fångsten av signalkräfta, den i dag viktigaste arten bör kunna öka väsentligt, kanske med cirka 50 procent, från dagens fångst som motsvarar cirka 11 miljoner kronor under förutsättning att dödlighet och stressfaktorer hålls nere.

I *Mälaren* kommer gädda, abborre och gös att öka. En avkastningsökning på i storleksordningen minst 50 procent för gös från dagens 8,2 miljoner kronor är möjlig.

*Hjälmaren* domineras av varmvattenarter, lake och nors. Genom att sjön är grund och totalcirkulerande har hela vattenmassan samma vattentemperatur sommartid. Fångsten av gös har ökat från 167 ton till 288 ton till ett värde motsvarande 13,7 miljoner kronor under de två senaste åren tack vare varma somrar och höstar, ett skonsamt fiske samt ett höjt minimimått. En ytterligare ökning mer cirka 25 procent bör vara möjlig i framtiden.

Totalt bör avkastningen av kräfta och gös i de stora sjöarna kunna öka med 15–20 miljoner kronor per år.

### **Mer abborre och gädda i norrländska sjöar – mindre öring och röding**

Även i mindre sjöar kan betydande förändringar väntas. Utifrån avkastningsdata och klimatdata från svenska insjöar under perioden 1920-1960 har Fiskeriverket simulerat hur avkastningen i sjöar i storleksintervallet 1 000-10 000 hektar kan förändras i ett förändrat klimat i fyra regioner i Sverige, se bilaga B 26. Utifrån förväntade förändringar i artstruktur och avkastning vid en årsmedeltemperaturökning på 3 grader blir de biologiska effekterna stora. De ekonomiska effekterna varierar mellan olika regioner i Sverige men totalt beräknas avkastningen öka med 10-20 procent eller med 1–2 miljoner kronor per år. Detta beror till stor del på att kilopriset för gös, som gynnas, är högre än för andra arter, undantaget röding. I Norrlands inland förutspås en minskning av avkastningen med cirka 10 procent, då en förlust av öring och röding inte kompenseras av en ökning av abborre och gädda i motsvarande utsträckning. Skulle fiskarna ha möjlighet att fritt sprida sig och

kolonisera nya vattensystem så skulle den ekonomiska avkastningen i medeltal öka med cirka 20–40 procent.

### Laxen hotas i södra Sveriges vattendrag

Ett varmare klimat kommer att göra att laxproduktionen upphör i de sydliga vattendragen, t.ex. Mörrumsån. Däremot torde produktionen av ung lax, s.k. smolt, kunna öka betydligt i Norrländska vattendrag. Hur bytesfiskstillgången utvecklas i dessa vattendrag är dock avgörande liksom i vilken utsträckning högre temperatur ger bättre produktion av smolt. Huruvida ökad laxproduktion i Norrlandsälvarna kan tas tillvara av fisket beror bl.a. av tämligen komplexa samband mellan temperaturer och isförhållanden i olika delar av Östersjön och Bottniska viken samt hur avrinningsförhållandena ändras i Norrlandsälvarna.

### Minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat

Den mest påtagliga effekten av klimatändringar på fiskerinäringens möjligheter att bedriva fiske är effekten på vindförhållandena. Garnfiske och trålfiske med mindre fartyg är t.ex. starkt väderberoende. För garnfiske är den begränsande faktorn i många fall att bottenströmmarna ökar vid högre vindstyrkor och lösdrivande material som rödalger förs in i garnen. I södra Östersjön är detta ett stort problem som i praktiken sätter en övre gräns för fisket vid en vindhastighet av cirka 10 m/s. Bottentrålning efter havskräfta på västkusten sker i stor utsträckning med små enmansbåtar. Här är möjligheten att arbeta vid vindstyrkor över 12–14 m/s starkt begränsade. Även burfiske efter kräfta och hummer har problem vid dessa vindstyrkor.

En uppskattning av hur många fler dagar de mest väderkänsliga fiskeaktiviteterna beräknas förlora på grund av för hård vind enligt de av utredningen studerade klimatscenerierna redovisas i tabell 4.33. Alla scenarier innebär ett ökat antal förlorade fiskedagar och därmed en totalt minskad fångst. Det bör noteras att ett minskat antal fiskedagar inte nödvändigtvis innebär minskade fångster totalt sett. Skillnaden mellan Echam4:s och HadAM3H:s klimatmodeller är större än skillnaderna mellan scenarierna A2 och B2, se även bilaga B 26.

**Tabell 4.33** Effekter av ökad frekvens av höga vindstyrkor på olika typer av fiske. Antal fartyg och fiskedagar gäller data för 2005 och fartyg med en total infiskning över två basbelopp.

Fiskekategori	Aktiva fartyg	Fiske-dagar	Väder-gräns	Ökning av dagar över vädergräns		Procentuell ökning		Minskad infiskning miljoner kronor	
	Antal	Antal	m/s	EC A2	EC B2	EC A2	EC B2	EC A2	EC B2
Torskgarn Östersjön	171	123	10	15	10	8%	5%	7.3	4.9
trålare <24 m Östersjön	49	148	14	20	15	13%	10%	12.3	9.2
Burfiske kräfta	45	113	10	15	10	8%	6%	1.4	0.9
Kräfttrål	67	120	14	25	20	21%	17%	14.1	11.3
Räktrål	46	161	14	25	20	19%	15%	19.0	15.2
<b>Totalt</b>								<b>54</b>	<b>41</b>

*Källa:* Bilaga B 26.

Övriga delar av fisket sker med större fartyg och är mindre väderkänsligt, men ett ökat antal tillfällen med storm kommer att begränsa fiskemöjligheterna även för denna kategori. En viss anpassning av utrustningen till försvårade klimatförhållanden bedöms ske över tid.

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Förändringar i klimatet kommer att medföra betydande förändringar av förutsättningarna för fisket. De biogeokemiska processerna i havet och den påverkan som klimatförändringarna har på dem är fortfarande dåligt kända. Detsamma gäller effekterna av klimatförändringar på läckage av näringsämnen och omfattningen av förändringar i salthalten i Östersjön, se vidare avsnitt 4.5.3. Trots en relativt god uppfattning om vilka temperaturförändringar som klimatförändringarna kommer att föra med sig är det därför svårt att dra mer långtgående slutsatser om hur fiskbestånden och förutsättningarna för fiske kan förändras i ett förändrat klimat, särskilt i Östersjöns komplexa brackvattensystem. Därmed är det också svårt att identifiera lämpliga anpassningsåtgärder och hur fiskerinäringen kan påverkas. Som underlag för framtida beslut

vore det dock lämpligt att närmare studera konsekvenserna av att den viktigaste arten, torsken, skulle sluta reproducera sig i Östersjön.

På kort sikt är ett fortsatt arbete med att begränsa fiskeuttag sannolikt överordnat effekten av klimatförändringarna. Forskning om förändringarna på längre sikt, t.ex. vad gäller utsötning och näringsämnestillförsel samt kring de biogeokemiska processerna i havet och kring planktonproduktion behövs för att klarlägga vilken verkan beslut om fiskebegränsningar kan få på olika arter, se även avsnitt 4.5.3.

I sötvattnen samt i västerhavet är den trend mot större inslag av varmvattenarter och en större utbredning norrut av dessa tydligare. För att underlätta för arter att spridas till nya sjösystem och för att därmed möjliggöra upprätthållandet av ett visst fiske även när kallvattenarter på grund av klimatförändringarna går tillbaka är det väsentligt att vandringsmöjligheter mellan och inom vatten-systemen bibehålls eller ökar. Alternativt kan man överväga artificiell spridning av fisk.

### Forskning och utveckling

Forskningsbehoven när det gäller förståelsen av Östersjöns komplicerade förhållanden och ekosystem är betydande och vi bedömer att ytterligare insatser kommer att behövas för att öka den grundläggande förståelsen av systemet och hur det påverkas av klimatförändringarna, se även avsnitt 4.5.3. Mer specifika forskningsinsatser för att beskriva fiskpopulationer och förändringar innefattar utvecklande av artspecifika modeller avseende s.k. bioenergetik och tillväxt, rekrytering och energiallokering. Vidare behöver populations- och samhällsmodeller utvecklas. Modellerna behöver också prövas och verifieras mot existerande och nyinsamlat material avseende effekter i och av t.ex. naturliga mellanårsvariationer i temperatur, t.ex. kan 1980-tal jämföras med 1990-tal, nord-, sydliga gradienter i temperatur och effekter i kylvattenrecipienter.



## Förslag

- Instruktionen för Fiskeriverket ändras så att ansvaret för anpassning till ett förändrat klimat tydliggörs, se 5.10.2.
- Fiskeriverket bör få i uppdrag att i samråd med Naturvårdsverket identifiera prioriterade åtgärder för spridning av fisk, t.ex. borttagande av vandringshinder för att kunna upprätthålla/skapa nya fiskbestånd och fiske i sötvatten i ett förändrat klimat.
- Fiskeriverket bör få i uppdrag att utreda effekterna för svensk fiskerinäring om torsken slutar reproducera sig i Östersjön.

### 4.4.4 Rennäringen

*Förutsättningarna för att bedriva rennäring i Sverige kommer allvarligt att påverkas av klimatförändringarna. Vegetationsperioden kan förlängas och växtproduktionen under sommarbetet förväntas öka. Insektsplågan kan förvärras och snöförhållandena vintertid blir besvärligare. Kalfjällsarealerna förväntas minska vilket kan leda till frekventare intressekonflikter med andra näringar.*

Renskötselrätten är i Sverige förbehållen samerna och grundar sig på urminnes hävd. Renskötselrätten är av avgörande betydelse för bevarandet av den samiska kulturen och identiteten. Det finns cirka 3 500 renägande samer och drygt 900 renskötselföretag i Sverige. Därutöver finns det ungefär 1 000 renägare, med icke-samisk härkomst, åt vilka samer bedriver renskötsel i s.k. koncessions-samebyar. Sammanlagt finns cirka 230 000 renar i Sverige men antalet varierar betydligt mellan åren (Moen & Danell, 2003). Rennäringens ekonomiska omfattning är i relation till Sveriges totala ekonomi liten. Den är dock viktig för den lokala ekonomin i glesbefolkade områden i Norrlands inland och fjälltrakter. Senare tids forskning har också visat att renbetet är av stor betydelse för upprätthållande av öppna marker i fjällen och för bevarandet av biologisk mångfald, se avsnitt 4.5.1.

### Renens årstidsbundna vandringar och födosök och renskötselns sårbarhet för extremt väder

Renen lever naturligt i hjordar. På våren/försommaren föds kalvarna. Under sommaren bygger renarna upp kroppens reserver med fett och protein. De lever då mest på gräs och örter som finns i fjällen. Renarna uppehåller sig sommartid gärna i högre terräng (på kalfjället) eller på snölegor för att få svalka och skydd mot insekter. På vintern betar renarna i huvudsak lav, främst markväxande renlav, som växer i skogsområdena i inlandet och ned mot kusten. Vid svåra betesförhållanden är tillgången på hänglavar ett viktigt komplement. Stödutfodring kan då också fordras. Renhjordarna förflyttas mellan sommar- och vinterbetesmarkerna. Förflyttningarna sker som regel längs älvdalarna. Utökad infrastruktur, ändrad markanvändning, tät orörd ungskog och svåra snö- och isförhållanden kan utgöra problem vid förflyttningarna. Under det att renen betar rör den sig över stora ytor för att hitta de växter som är mest lämpade som föda. Den renstam som finns i Sverige är domesticerad, men mycket av dess ursprungliga livsmönster finns kvar.

Rennäringen regleras i rennäringslagen från 1971 (SFS 1971:437) jämte vissa andra lagar och förordningar. Renskötsel får enligt denna lag utövas av personer som är medlemmar i samebyar. Samebyar är såväl juridiska personer som ett särskilt bestämt betesområde som omfattar mark med olika ägare.

Renskötsel utövas efter renens behov under olika tider av året genom att marker som är belägna inåt landet får användas året runt. Marker belägna nedåt svenska kusten får endast användas för renbete vintertid, dvs. 1 oktober–30 april (se 3 § rennäringslagen). De samebyar som flyttar renskötseln från fjällområdet ned mot skogs- och kustlandet brukar benämnas fjällsamebyar medan skogssamebyar brukar flytta efter samma mönster men då inom områden som inte är lika vidsträckta.

Rennäringen bedrivs i Sverige i stort sett i hela Norrbotten, Västerbotten och Jämtlands län samt i delar av Dalarnas och Västernorrlands län. Renskötselområdet utgör omkring en tredjedel av Sveriges yta (Gränsdragningskommissionen, 2006). Rätten att bedriva renskötsel är en grundlagskyddad civil rättighet på motsvarande sätt som äganderätt. På en och samma mark kan bedrivas olika sorters näringar och verksamheter. Marken belastas således av rättigheter i olika skikt. Genom att renskötselrätten är en

så speciell rätt till fast egendom är rennäringslagen uppbyggd på ett sådant sätt att den stundtals avviker från gängse systematik inom rättsordningen. Konstruktionen gör att tillämpningssvårigheter kan uppstå i vissa avseenden. En sådan svårighet är att det för vinterbetesområdet endast anges att den innefattar mark där urminneshävd föreligger. Området är således inte geografisk bestämt. Otydligheten har i flera fall gett upphov till tvister, som drivits till domstol av markägare som yrkat få fastställt att betesrätt inte föreligger på deras fastigheter. I de fall domstolarna gjort en sakprövning har denna föregåtts av en synnerligen långvarig handläggning och de utrednings- och rättegångskostnader som belastat parterna i målen har blivit betydande. Samebyarnas kostnader endast för Härjedalsmålet uppgick till cirka 15 miljoner kronor. I några fall har dock domstolsavgörande kommit till stånd utan att domstolen gjort någon prövning i sak, något som i samtliga fall berott på att man från samernas sida inte ansett sig ha ekonomiska möjligheter att gå i svaromål (Gränsdragningskommissionen, 2006; Samernas Riksförbund, 2007).

### **Konsekvenser av klimatförändringar och extrema väderhändelser**

Till de positiva effekterna av de klimatförändringar som scenarierna visar hör att växtproduktionen under barmarkstiden (sommarbetet) kan öka med 20 till 40 procent och vegetationsperioden kan förlängas med cirka en månad (Danell, 2007). Mot slutet av seklet kan förlängningen av vegetationsperioden bli upp till 2-3 månader. Förlängningen av barmarkssäsongen och förkortandet av vintrarna är positiv för renarna. Barmarksbetet är mer näringsrikt än vinterbetet och det är under denna säsong som renen bygger upp sina reserver av fett och protein inför vintern. Förekomst av små träd, örter och gräs i fjällregionen förväntas öka vilket är positivt för renen då det innebär en ökad tillgång på föda. Beteskvalitén är viktig för renens tillväxt och välbefinnande. Det är dock oklart hur denna kommer att påverkas i ett förändrat klimat (Arvidsjaur, 2007; Danell, 2007; Moen, 2006). Överlag är fjällfloran relativt robust mot miljöförändringar och har en stor buffertförmåga. Ifall denna buffertförmåga överskrids finns det dock risk för abrupta och omfattande förändringar i fjällfloran (Moen, 2006). Klimatförändringar kan dock medföra att växter, vilka tidigare inte kunnat

överleva i fjällmiljön, men som är konkurrenskraftigare än fjällfloran i ett mildare klimat sprids i fjällmiljön. Det finns redan indikationer på stora förändringar i fjällfloran.

Till de negativa effekterna hör att kalfjällsarealerna väntas krympa vilket, särskilt på sikt, kommer öka betetrycket i fjällen om nuvarande renbestånd bibehålls. Särskilt utsatta torde de södra delarna av fjällkedjan vara. De förväntade högre temperaturerna sommartid kan innebära problem för renarna, då dessa inte trivs i värme. Ett förändrat klimat med högre temperaturer och ökad nederbörd kan allvarligt förvärra insektsplågan t.ex. från näsvalgkorm (*Cephenemyia trompe*) och renstyng (*Hypoderma tarandi*) (Danell, 2007; Moen, 2006). De värsta insektsituationerna uppstår vid värme och fukt, förhållanden som tenderar att bli vanligare enligt klimatscenerierna. Insektsplågan kan dessutom bli svårare för renarna att undkomma i takt med krympande kalfjällsmiljöer och färre snölegor. Förekomsten av parasiter, bl.a. bindvävsmask och hjärnhinnemask, kan öka till följd av en högre temperatur. Det finns även risk för att nya parasiter och sjukdomar sprids.

Vintrarna kommer enligt klimatscenerierna att bli varmare och blötare, se bilaga B 27. Risken för svåra snöförhållanden med is och skare som är mycket svår genomträngliga för renen när den letar föda ser ut att öka då mängden regn vintertid ökar enligt scenarierna samtidigt som temperaturen oftare kommer växla mellan plus- och minusgrader vintertid. Norrlands kustområden kan dock bli snöfria under längre perioder även under högvintern. En ökad förekomst av is och skare kan innebära att renen får ett sämre vinterbete och i större utsträckning måste använda sig av de under sommarbetet uppbyggda kroppsfettreserverna med nedsatt kondition som följd (Moen, 2006). De problematiska förhållanden som rått i stora delar av renbetesområdet under vintern 2006–2007 riskerar alltså att bli vanligare. Det finns ett samband mellan vintrar med svåra snöförhållanden och kraftiga nedgångar i renpopulationens storlek (Callaghan et al., 2004). Svåra snö-, skar- och isförhållanden innebär att man i ökad utsträckning måste stödutfodra renarna. Stödutfodring är kostsamt. Det kan kosta cirka 4 kronor per dag och ren eller 2 000 kronor per dag för en renjord på 500 renar. För en ägare av en renjord på 500 renar, med en omsättning på kanske 400 000–500 000 kronor per år (SSR, 2005), blir ekonomin snabbt ansträngd vid längre perioder av stödutfodring. I statsbudgeten finns ett anslag (45:1 Främjande av

rennäring m.m.) på 46,7 miljoner kronor (år 2007) för stöd till främjande av rennäringen som bl.a. skall täcka prisstöd vid slakt och kostnader vid stödutfodring. De svåra snöförhållandena vintern 2006/2007 medförde att anslaget behövde tillföras 37 miljoner kronor till följd av omfattande stödutfodring. En eventuell vanligare förekomst av tall i områden där det traditionellt vuxit gran i kombination med tätare skog kan även ställa till problem för vinterbetet.

Ökad nederbörd kan få negativa konsekvenser då möjligheterna att förflytta renarna försämras vid höga vattenflöden (Arvidsjaur, 2007). Det är kanske särskilt renarnas möjligheter att förflytta sig från sommarbete till vinterbete som kan komma att försämras. Renflyttningslederna går ofta över istäckta vattendrag. Mildare vintrar, med tunnare isar och kortare perioder då vattendragen är isbelagda, kan innebära att dessa leder inte längre är farbara.

Skogsbruket är den näring vilken kanske mest påverkar förutsättningarna för att bedriva renskötsel. I dag ska dialog mellan skogsägare, främst skogsbolag, och renägare ske inom året-runt-markerna enligt 20 § Skogsvårdslagen. Vissa andra regler för hänsyn till rennäringen finns också i skogsvårdslagen. I ett framtida klimat kommer möjligheterna att bedriva skogsbruk antagligen att förskjutas norrut och högre upp i fjällen, samtidigt kommer skogstillväxten att öka i hela renskötselområdet. Detta torde främja ett intensivare skogsbruk och en vilja att expandera skogsbruket till områden där i dag inte är möjligt med skogsbruk. Samtidigt kan klimatförändringarna komma att verka mot en ökad koncentration av renar till vissa områden, särskilt nära kusten, under svåra betesår. Därmed ökar risken för intressekonflikter mellan skogsbruk och rennäring.

Klimatförändringarna kommer tillsammans med den socioekonomiska utvecklingen, med en trolig framtida intensifiering av skogsbruket, utbyggnad av infrastruktur, ökande turism m.m., med stor sannolikhet att öka risken för intressekonflikter mellan rennäringen och andra intressen gällande nyttjandet av marken. Vissa former av turism hamnar redan i dagsläget i konflikt med rennäringen. T.ex. kan hundspann och skoteråkning störa renhjordarna. Med minskade kalfjällsområden kommer sannolikt turism såväl som rennäring att koncentreras till de fjällområden som finns kvar med potentiellt ökad risk för intressekonflikter.

Det finns även en risk för markanvändningskonflikter mellan rennäring infrastruktur, gruvdrift, vindkraft, rymdverksamhet och militärövningar.

Ett varmare klimat som gynnar jordbruk i norra Sverige kan också bli en källa till ökade markanvändningskonflikter. Ny beteskonkurrens om sommarbetet kan också uppstå med t.ex. rådjur som sprider sig norrut. En ökning av rådjursstammen och andra bytesdjur kan i sin tur öka förekomsten av rovdjur. En sådan ökning kan också bli effekten av mer skogsklädda fjäll (Arvidsjaur, 2007).

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Rennäringen är nationalekonomisk inte av någon större vikt, men har desto större betydelse för den lokala ekonomin i glesbygd och för upprätthållandet av fjällmiljöerna. Samerna som urfolk och renskötseln tillför kultur och miljövärden vilka är svåra att översätta till ekonomiska termer. Rennäringspolitiken bör utformas så att den skapar förutsättningar för en hållbar och livskraftig rennäring i ett förändrat klimat.

Det finns allt att döma ett antal åtgärder som kan vidtas till låga kostnader eller som t.o.m. är lönsamma. Exempel på sådana åtgärder är ökad röjning, återplantering med tall (ej gran), skonsammare markberedning samt utökade hänsyn vid avverkning av torra tallmarker med stor andel renlav i markvegetationen. Vidare skulle ökat uttag av biobränsle också gynna framkomligheten för renarna vid förflyttningar. Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att tillsammans med Sametinget identifiera essentiella vinterbetesområden där t.ex. skonsammare markberedning skall användas. Utgångspunkt bör vara det material om olika områdens beteskvalitet som länsstyrelserna har tagit fram. Skogsstyrelsen och Sametinget bör även analysera och ge förslag på andra åtgärder vilka möjliggör ett undvikande av intressekonflikter mellan skogs- och rennäring. Dessutom bör kraven på samråd enligt 20 § i Skogsvårdslagen utökas till samtliga renbetesmarker.

Turistnäringen verkar redan i dagsläget i vissa fall störande på rennäringen. I ett framtida klimat kommer rennäring och turism konkurrera om krympande fjällområden. Det bör kunna finnas förutsättningar för rennäringen att verka sida vid sida med turismindustrin så länge man visar ömsesidig hänsyn. Rennäringen bidrar

till upprätthållande av öppna fjällvidder, det landskap som turismen i området i hög grad är baserad på. Viss reglering av turismverksamhet i för rennäringen känsliga områden kan bli nödvändig och att samerna ges utökade möjligheter att påverka hur turismen utformas i dessa områden. Man bör även se över vilka områden som är av störst betydelse för respektive näring och var samverkan är möjlig. Utpekande av riksintressen är en möjlig väg att gå, se även avsnitt 4.4.5. Samrådsformer mellan rennäring och turismbranschen är också nödvändiga att utveckla och formalisera.

Det bör också övervägas om samebyar ska ges möjligheten att bedriva andra verksamheter, vilka är förenliga med renskötsel och samisk kultur, än renskötsel. Exempel på sådana verksamheter är turism och naturförvaltning. *En ny rennäringspolitik – öppna samebyar och samverkan med andra markanvändare* (SOU 2001:101) föreslår att förbudet för samebyn att bedriva annan verksamhet än renskötsel ska tas bort. Förslaget bereds för närvarande i Regeringskansliet. Utredningen stödjer förslaget att samebyar ska ges möjligheten att bedriva andra verksamheter, vilka är förenliga med renskötsel och samisk kultur, än renskötsel.

Vid planeringen av infrastruktur och andra anläggningar bör hänsyn tas till att rennäringen kan komma att behöva finna alternativa förflyttningsleder i ett förändrat klimat. I en del fall gäller det områden där man tidigare inte har behövt ta hänsyn till rennäringen. Framtida infrastrukturlösningar bör utformas så att renarnas framkomlighet garanteras. I samband med tillämpningen av Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) samt Strategisk miljöbedömning (SMB) vid infrastruktursatsningar bör ökad hänsyn tas till klimatförändringens effekter på rennäringen.

Rennäringens förändrade förutsättningar i ett framtida klimat ställer ökade krav på flexibilitet. Tidsperioden, i dagsläget den 1 oktober till den 30 april, då mark belägen nedåt svenska kusten får begagnas för vinterbete kan i framtiden behöva anpassas efter en kortare vintersäsong. En sådan anpassning skulle kunna tänkas göra markägare mer välvilligt inställda till andra föreslagna anpassningsåtgärder.

Nuvarande rennäringsslags utformning leder till omfattande och kostnadskrävande domstolsprocesser vid markkonflikter. Lagstiftningen framstår i många avseenden som föråldrad. Gränsdragningskommissionen ansåg utifrån detta att konflikter om samernas markrättigheter i första hand bör lösas avtalsvägen i samförstånd mellan sakägarna. I ett framtida klimat där man kan förvänta sig

svårare snöförhållanden, motsvarande de som rådde vintern 2006/2007, kommer sannolikt andra vinterbetesmarker än de som nyttjas i dag att vara av intresse för rennäringen. År då det visar sig att de bäst lämpade vinterbetesmarkerna helt eller delvis är marker utan fastslagen renbetesrätt skulle renbetesavtal kunna tecknas, där den privata markägaren erhåller kompensation. Anslaget för stöd till främjande av rennäringen bör kunna användas till att finansiera sådana avtalslösningar med markägare. Genom att teckna avtalslösningar ad hoc, där man finner lämpliga vinterbetesmark med hänsyn till det aktuella årets särskilda omständigheter, begränsar man behovet av kostsam stödutfodring samt antalet mycket kostsamma domstolsprocesser. Med anledning av att anslaget 45:1 Främjande av rennäring m.m. framöver även ska belastas av utgifter uppkomna till följd av ingångna avtal med markägare om vinterbete bör ifrågavarande anslag utökas. Anslaget bör utökas från nuvarande nivå på 46,7 miljoner kronor (2007) till 60 miljoner kronor per år. En ökning på 13,3 miljoner kronor per år för att täcka kostnader uppkomna till följd av ingångna avtal om vinterbete är motiverad då det kan begränsa kostnader för såväl stödutfodring som domstolsprocesser. Kostnader vilka sammanlagt, såväl som enskilt, vida överstiger föreslagna 13,3 miljoner kronor per år. Resultatet och effekterna av anslaget 45:1 utökas till 60 miljoner kronor per år samt framgent även belastas av utgifter uppkomna till följd av ingångna avtal med markägare om vinterbete bör utvärderas efter tio år.

### Forskning och utveckling

Det finns ett behov av att undersöka hur rennäringens och samernas villkor kommer att påverkas av klimatförändringarna.

Ett utvecklande av analysmetoder och modellering av betesbiotoper för att man bättre ska kunna uppskatta den framtida betestillgången sommar- respektive vintertid är exempel på forskning vilken skulle kunna underlätta för rennäringen i ett förändrat klimat.



## Förslag

- Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att i samråd med Sametinget föreslå ytterligare åtgärder inklusive ändringar i gällande regelverk för att skogsbruket ska visa förstärkt hänsyn i renskötselområdet, samt identifiera essentiella vinterbetesområden där t.ex. skonsam markberedning skall användas.
- Anslaget 45:1 Främjande av rennäringen m.m. bör framöver även kunna användas för utgifter uppkomna till följd av ingångna avtal med markägare om vinterbete.
- Anslaget 45:1 Främjande av rennäringen m.m. bör utökas till 60 miljoner kronor per år med anledning av att anslaget framöver även ska kunna användas för utgifter uppkomna till följd av ingångna avtal med markägare om vinterbete.
- Skogsvårdslagens (1979:429) 20 § ändras så att skyldigheten till samråd inför avverkning utökas till hela renbetesområdet (se kap 1).
- Länsstyrelserna i Dalarna, Jämtland, Norrbotten, Västerbotten och Västernorrland bör i samråd med Nutek och Sametinget få i uppdrag att utveckla former för dialog mellan rennäring och turism samt andra verksamheter inom renbetesområdet.
- Nutek, Naturvårdsverket och Sametinget bör få i uppdrag att, inom sina respektive ansvarsområden och i samråd med varandra, peka ut områden i fjällvärlden av riksintresse för turism, friluftsliv och rennäring, se även avsnitt 4.5.1.
- Naturvårdsverket, Boverket och Sametinget bör få i uppdrag att föreslå hur klimatförändringars effekter på rennäringen kan beaktas vid Miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) och Strategiska miljöbedömningar (SMB).

### 4.4.5 Turism och friluftsliv

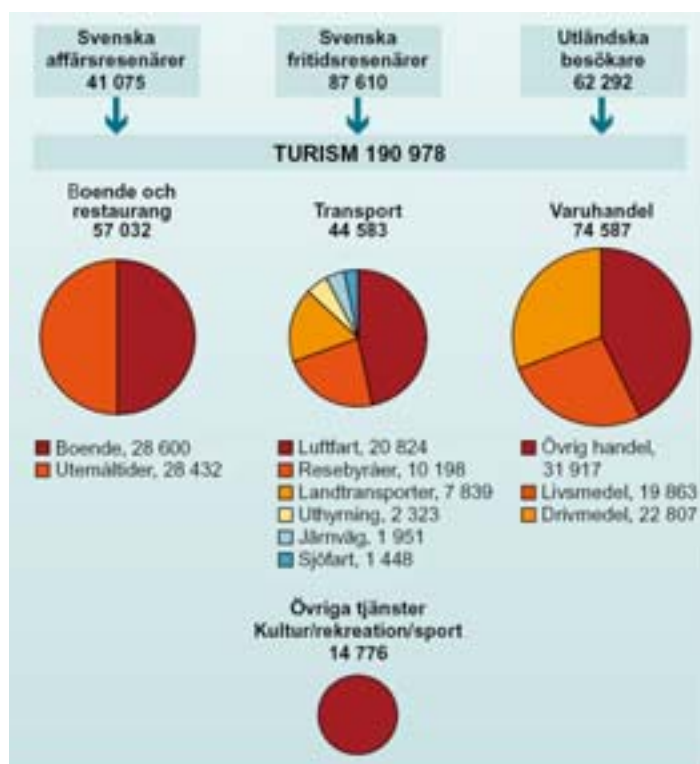
*Den snabbt växande turistnäringen kan få ytterligare ökade möjligheter i ett förändrat klimat med varmare somrar och högre badtemperaturer. Vattenresurser och kvalitet blir dock en nyckelfråga. Vinterturism och friluftsliv kommer att möta successivt snöfattigare vintrar, särskilt i de södra fjällen. Med framsynt anpassning kan*

*konkurrenskraften sannolikt bibehållas under åtminstone de närmaste decennierna.*

### Turistnäringen – en växande näring

Turistnäringen är en för Sverige betydelsefull och växande näring. År 2006 var den samlade omsättningen cirka 215 miljarder kronor eller knappt 3 procent av BNP i total omsättning. Detta var nästan 11 procent mer än året innan och 90 procent mer än 1995 mätt i löpande priser. Den starka tillväxten följer i stort den internationella trenden av starkt expanderande turism. Intäkterna i turistnäringen uppkommer främst inom varuhandel, boende och restaurangbesök, se figur 4.44.

Figur 4.44 Fördelning av turistnäringens totala omsättning 2005, tusental kronor



Källa: Nutek/SCB.

Branschen är också viktig för sysselsättningen. År 2005 var nästan 140 000 personer sysselsatta, räknat som årsverken. Regionalt är turismen särskilt betydelsefull i vissa glest befolkade delar av landet. Jämtlands län, Dalarnas Län och Gotlands län intar toppositionerna om man ser till andelen logiintäkter per invånare (Nutek, 2007).

Många svenskar ägnar en stor del av sin fritid till friluftsliv. Friluftsförbundet kanaliserar en del av detta intresse med sina cirka 10 000 ledare och 100 000 medlemmar (Friluftsförbundet, 2007).

Såväl aktiviteterna turism och friluftsliv som turistnäringen är mycket komplexa företeelser och det finns knappast några enkla metoder att på ett entydigt sätt vare sig definiera eller beskriva dem. Genom att studera de primära anledningarna bakom valet av besöksort får man dock en god översikt. Resanledningen är ofta att hälsa på vänner och bekanta, konferensdeltagande eller liknande och här spelar klimatfaktorer i regel en underordnad roll för valet av resmål. En vanlig resanledning är också deltagande i någon aktivitet, t.ex. skidåkning.

Om man ser till den regionala fördelningen av turism som har utövandet av en aktivitet som resanledning ligger "skidlänen" i topp. År 2003 hade Dalarna över 3 miljoner besökare, Jämtland följde på andra plats (Turistdelegationen, 2005). Antal dagar som spenderas av besökare vid liftanläggningar utgör cirka 7 procent av alla besöksdagar vid de cirka 2000 vanligaste besöksmålen i Sverige, se tabell 4.34. Totala omsättningen för den svenska alpina industrin var säsongen 2004–2005 cirka 900 miljoner kronor (Moen et al, 2007).

**Tabell 4.34** Antal besökare som primärt valt ett resmål för en speciell aktivitet (statistik från de cirka 2 000 vanligaste besöksmålen i Sverige)

Huvudkategori	Underkategori	Antal besöksmål	Summa 1998	Summa 2003
Aktivitet	Bad	60	8 740 536	10 867 768
Golf	Golf	131	905 719	1 039 283
Liftanläggning	Liftanläggning	66	5 428 917	6 914 313
	Övriga inomhus	20	959 868	1 442 995
	Övriga utomhus	103	1 226 716	1 361 836
Totalt aktivitet		380	17 261 756	21 626 195
Totalt (även andra reseanledningar)		2 123	103 744 916	110 260 370

*Källa:* Turistdelegationen, 2005.

Besök i fritidshus är en annan ofta förekommande reseanledning. Attraktionskraften och därmed förekomsten av fritidshus påverkas på längre sikt av en Orts klimatologiska förhållanden.

### Klimatförändringar – en av många styrande omvärldsfaktorer

Många omvärldsfaktorer påverkar våra val när det gäller turism och friluftsliv. Den generella socioekonomiska utvecklingen, såsom befolkningens åldersstruktur, ekonomisk tillväxt och kostnader för transporter är några av faktorerna som styr resandet. Klimatfaktorer är emellertid också viktiga och samspelar med de ovan nämnda socioekonomiska faktorerna. Turistnäringen och friluftslivet är i varierande grad väder- och klimatberoende.

Klimatförändringarna kommer att påverka turisternas val av resmål och detta kan leda till förändrad lönsamhet och i förlängningen utslagning av företag knutna till vissa resmål medan andra kan gynnas och nya kan växa fram.

Turism knuten till utomhusaktiviteter är särskilt väder- och klimatberoende. Bad- och skidturism har av andra utredningar (t.ex. Sievänen et al, 2005) identifierats som betydelsefulla och dessa står också för en betydande volym i Sverige. Vidare kan klimatförändringar direkt komma att påverka förutsättningarna för vissa former av friluftsliv, t.ex. längdåkning på skidor. Även indirekta effekter såsom ett förändrat skogslandskap, fler fästingar

eller andra obehagliga djur kan påverka friluftslivet. Det har redan visats att befolkningens preferenser för rekreation och friluftsliv förändras med klimatet. T.ex. minskar den andel av befolkningen som ägnar sig åt längdskidåkning när snötillgången minskar där folk bor (Sievänen et al, 2005).

Klimatförändringarna påverkar också investeringsstrategier hos företag i turistnäringen. Det faktum att turistnäringen är förhållandevis fragmenterad med många små aktörer gör att få av dessa hittills kunnat bygga upp kunskap och agera strategiskt inför kommande klimatförändringar. Små och lokalt baserade företag har också begränsade möjligheter att styra sina investeringar till andra områden. Större företag har i regel andra möjligheter att ta hänsyn till ändringar i klimatet vid investeringsbeslut och kan allokera dessa till områden och aktiviteter som tros komma att gynnas av klimatförändringar. Sådana hänsyn har redan börjat tas. Ett exempel på detta är Holiday Club (Östersund, 2007).

### **Klimatförändringarnas effekter på sommarturism**

Ett varmare klimat innebär en förlängning av sommarsäsongen. Villkoren för sommaraktiviteter som bad, camping, vandring och golf förbättras genom att säsongen förlängs. Mot slutet av seklet kan september ha ungefär samma månadsmedeltemperatur som augusti har i dag och maj månads medeltemperatur kan börja närma sig den vi i dag har i juni. Badtemperaturerna kommer att bli behagligare under sommaren längs våra kuster och i våra insjöar. Mot slutet av seklet kommer vattentemperaturen i Östersjön sommartid (juni-augusti) att vara 2–4 grader högre än i dag, se avsnitt 3.5.4. Sommartid kommer nederbörden liksom antalet dagar med nederbörd att minska i södra Sverige, samtidigt som antalet soltimmar förväntas öka något. Detta bör gynna badturism och friluftsliv knutet till hav och sjöar. Ett orosmoment är den ökande risken för erosion längs främst södra Sveriges kuster som kan leda till att stränder som i dag är populära förstörs.

Mycket tyder på att sommarturismen vid Medelhavet kommer att drabbas hårt som ett resultat av att temperaturerna där sommartid förväntas stiga betydligt mer än det globala genomsnittet samtidigt som färskvattentillgången väntas minska (Viner, 2007). Årligen sker över en miljard övernattningar i de fyra Medelhavsländerna Frankrike, Italien, Spanien och Grekland. Det motsvarar

ungefär hälften av alla övernattningar i EU25. Spanien, Frankrike och Italien står ensamma för mer än 1/3 av alla turistresor inom EU med minst 4 övernattningar (Eurostat, 2007). Sannolikt kommer turistflödet till Medelhavet att minska under de varmaste sommarmånaderna till förmån för Östersjöområdet, bilaga B 28. Om så bara en liten andel av de som i dag reser till Medelhavsländerna istället reser till Skandinavien kommer detta att innebära ett betydligt ökat besöksstryck i Sverige. I ett räkneexempel där 1 procent av Medelhavsturismen flyttar till Sverige ökar antalet övernattningar med 10 miljoner nätter vilket skulle innebära ungefär en fördubbling jämfört med den totala mängden övernattningar under hela året i hela Sverige. Det skulle, räknat på dagens intäkter för boende, motsvara nära 30 miljarder kronor/år räknat i dagens penningvärde, allt annat än boendet oräknat.

Vattenkvaliteten i våra sjöar och hav samt förekomsten av algblomningar blir sannolikt en nyckelfråga för sommarturismens utveckling. En försämrad vattenkvalité på vissa turistorter kan drabba dessa medan andra mer ”lyckligt” lottade destinationer kan komma att se överbeläggning, köbildning och trängsel (Sievänen et al., 2005). En intervjuundersökning som utredningen låtit genomföra och som redovisas i bilaga B 29 visade att algblomningen spelar en begränsad roll för Ölandsturisters val av destination. Urvalet i intervjuundersökningen var dock relativt litet och bestod till största delen av personer med anknytning till Öland.

Med ökade turistströmmar till vårt land sommartid kan även andra effekter uppstå. En trend som rått i flera år är ökande inslag av aktiviteter i naturnära turism som forsränning, canyoning, mountainbike, skärmflygning m.m. Traditionell fjäll- och vandringsturism är samtidigt fortfarande betydelsefull. På sikt kan kalfjällen komma att retirera betydligt uppåt och mot norr, se figur 4.45. Med en fortsatt expansion av olika former av aktivitetsbaserad turism med anknytning till fjällmiljö, kan risken för markkonflikter, bl.a. med rennäringen komma att öka.

Figur 4.45 Exempel på hur kalvfjällsarealen skulle kunna minska i ett varmare klimat



Källa: Naturvårdsverket & SMHI, 2003.

### Klimatförändringarnas effekter på vinterturism

Den betydande ökningen i vintertemperatur som förutses i klimatscenerierna kommer innebära stora förändringar i vinterdynamik, även i fjällvärlden. Till 2020-talet höjs medeltemperaturen med ungefär 2–3 grader under i princip hela vintersäsongen

(november–mars). Ett normalår kommer således temperaturen i november och mars närma sig noll grader i Dalafjällen. Om man utgår från samma avvikelse som under 1900-talet kommer medeltemperaturen ett mycket varmt år att överstiga noll grader även i januari på flera håll och egentligen är det bara Lapplandsfjällen och de högst belägna delarna av södra Norrlands fjälltrakter som undgår detta.

Till 2050-talet ökar temperaturen med mellan 2,5 och 4 grader under november–mars. Under högvintern (december–februari) kommer man ett normalår fortfarande ha medeltemperaturer på några minusgrader. Ett varmt år kan dock medeltemperaturen gå över noll utom längst i norr. I mars kommer medeltemperaturen ett varmt år att vara flera plusgrader utom längst i norr.

I slutet av seklet kommer medeltemperaturen fortfarande att ligga något under noll grader under högvintern (december–februari) på de flesta håll i fjällkedjan. Långa perioder med plusgrader kommer dock sannolikt att förekomma även under normala år. Enskilda år kan medeltemperaturen hamna på flera plusgrader även under januari och februari i större delen av fjällkedjan. I B2-scenariot blir förändringarna, främst mot slutet av seklet, något mindre men det kommer fortfarande vara fråga om ett radikalt mildare vinterklimat och en kortare snösäsong.

Snötäcktets varaktighet i fjällkedjan kommer under ett normalår att minska från dagens 6–8 månader till 3–6 månader mot slutet av seklet. Det maximala snödjupet kommer att minska från 80–130 cm under 1961–90 till 20–80 cm på 2080-talet. För de i Svealand och södra Norrland belägna skidområdena utanför fjälltrakterna kommer snödjupet redan på 2020-talet vara mindre än 10 cm under mer än hälften av det totala antalet dagar med snötäcke under ett normalår. Minimigränsen för längdskidåkning brukar uppskattas till cirka 10 cm och för alpin skidåkning till cirka 30 cm.

Enligt en studie inom ramen för Fjällmistra (Moen et al, 2007) minskar antalet skiddagar i Sälen med 60 procent i slutet av seklet i Sälen enligt scenario A2 och säsongen fram till nyår och efter mitten av mars raderas ut helt.

Andra områden i Europa, t.ex. Alperna, kan komma att drabbas ännu hårdare, se bilaga B 28. Med minskande skidområden i Centraleuropa ändras villkoren för alpin vinterturism i hela Europa. I en studie om förutsättningarna för alpin skidsport i Åre fram till 2030-talet (Edberg, 2006) framhålls visserligen att skidsäsongen i



Åre fram till 2039 kan komma att minska med upp till 5 veckor men detta bedöms inte medföra några större förändringar för Åre som turistdestination. Istället framhålls möjligheten att Åre i ett 30-års perspektiv kan vara en vinnare när andra destinationer i Europa drabbas hårdare av klimatförändringen

Klimatförändringarna till 2020-talet drabbar sannolikt först längdåkning och skoteråkning, då anpassningsåtgärder i form av konstsnötillverkning och liknande inte i lika hög grad är möjligt för dessa aktiviteter som för alpin skidåkning. Utövare av t.ex. alpin skidåkning, har en högre betalningsvilja och därmed förmåga att betala ökade kostnader för konstsnö. Dessa är också vana att resa längre sträckor för att utöva sin aktivitet jämfört med flertalet längdskidåkare och skoteråkare (Sievänen et al, 2005). Relativt sett mindre förändringar på de svenska alpina orterna än på många andra håll i Europa kan sannolikt bidra till att upprätthålla konkurrenskraften hos de flesta svenska alpina skidorter.

Mot slutet av seklet är det emellertid troligt att problemen ökar. Enligt studien för Fjällmistra (Moen et al, 2007) kommer de förkortade skidsäsongerna till slutet av seklet att innebära väsentligt minskade intäkter för den svenska skidindustrin. Med linjära trender för omsättning i skidindustrin skulle förlusten i slutet av seklet uppgå till mellan 0,9 och 1,8 miljarder kronor per år vilket är mer än dagens samlade omsättning i den alpina skidturismen i Sverige. Studien tar dock inte hänsyn till möjligheten att göra konstsnö. Sammantaget bedömer vi inte att klimatförändringarna till 2020-talet på egen hand och på ett avgörande sätt kommer att förändra den rådande strukturen inom svensk alpin vinterturism, även om vissa orter i de södra fjällen och utanför fjällkedjan kan få problem.

### **Anpassningsåtgärder och överväganden**

Sommarturismen i Sverige kan komma att gynnas kraftigt av klimatförändringarna under vissa förutsättningar. Ett scenario med ökande turistströmmar till Skandinavien på bekostnad av Medelhavsområdet under högsommaren är inte osannolikt. Det innebär förstås stora möjligheter för expansion av turistnäringen och stora samhällsintäkter. Samtidigt riskerar trängseln att öka liksom belastningen på miljön. Mer ansträngda vattenresurser kan bli ett stort problem, särskilt som jordbruket kan behöva öka

bevattningen, se kapitel 4.4.2. Redan nu bör samhället i ökad utsträckning planera för ökad konkurrens om snåla vattenresurser m.m. särskilt i södra Sverige. En översyn av situationen och eventuellt nya utpekanden av områden för Riksintressen, inklusive för turismen, längs främst södra Sveriges kuster bör därför göras.

Mycket talar därför för att rent vatten fritt från algbloomningar är en viktig konkurrensfördel i kampen om internationella turister. Detta utgör ytterligare ett skäl att intensifiera insatser för att minska näringsämnestillförseln till våra vattendrag och hav, se avsnitt 4.4.2. Vidare är det viktigt med fortsatt forskning för bättre förståelse av sambanden kring de biogeokemiska processer som tillsammans med klimatfaktorer påverkar vattenkvalitet och förekomst av algbloomning.

Större sammanhängande kalfjällsområden kommer mot slutet av seklet sannolikt bara att återfinnas i de norra Lapplandsfjällen. Detta kan öka konkurrensen om markanvändningen i norra norrlands fjälltrakter och öka risken för förslitning av miljö och kulturvärden samt leda till konflikter mellan olika aktörer och branscher. Risken för sådana konflikter kan i många fall minskas med bättre planering och dialog. Samverkansformer och prioriteringar kring turism, friluftsliv och rennäring bör därför ses över redan nu som underlag för framtida samhällsplanering. En noggrann genomgång och kartläggning av vilka områden som bör kunna utnyttjas för olika turismändamål såväl som för andra ändamål bör ske. Även här skulle instrumentet Riksintressen kunna användas.

För de svenska skidanläggningarna i fjällvärlden ska kunna leva vidare och utvecklas i ett förändrat klimat fordras sannolikt en hel del anpassningsåtgärder. Möjliga tekniska åtgärder som föreslagits i andra sammanhang är schaktning och avverkning vid skidpister, förflyttning av pister till norrläge och högre höjder. Flera av dessa åtgärder påverkar emellertid även sommarturismen negativt genom att naturmiljön förfulas. Vidare ökar erosionsrisken och biologisk mångfald påverkas negativt liksom risken för konflikter med andra samhällsintressen. Ytterligare begränsningar för möjligheterna att utnyttja sådana åtgärder är turisternas preferenser för soliga sydvända pister, höga kostnader för att anlägga nya pister på hög höjd, ökad risk för laviner och dåligt väder.

Den viktigaste enskilda anpassningsåtgärden är kanske tillverkning av konstsnö. Tillverkning av konstsnö för dock också med sig miljöpåverkan och begränsas av kostnaderna för energi- och vatten-

användning. När temperaturen stiger mot noll ökar kostnaderna snabbt, även om en successiv utveckling av snökanonsystem skett så att energieffektiviteten i dag är flera gånger högre än i snökanonernas barndom på 1970-talet. Eftersom klimatscenarierna pekar mot att risken för sådana temperaturer kommer att öka väsentligt blir insatser för fortsatt effektivisering av konstsnö-tillverkning viktiga. En möjlighet är att utnyttja högt belägna vattenmagasin. Sådana har i regel en lägre vattentemperatur och detta tillsammans med det faktum att pumpning av vatten kan undvikas kan minska energiåtgången och kostnaderna.

Vi gör bedömningen att hittills gjorda anpassningsåtgärder vid alpina skidorter tillsammans med fortsatta sådana för att bör kunna räcka för att behålla en stor del av vintersäsongen på de flesta fjälldestinationer fram till åtminstone 2020-talet. Förutom anpassningsåtgärder i form av ökad tillverkning av konstsnö kan en ökad diversifiering av verksamheterna vid fjälldestinationerna vara en viktig anpassningsmetod.

Redan i dag har flera destinationer utökat sina sommaraktiviteter med t.ex. cykling och ridning och därmed fått en jämnare beläggning under året. Det är osäkert om en förlängning av sommarsäsongen kombinerat med anpassningsåtgärder inom vinterturismen ekonomiskt uppväger nackdelarna av en förkortad skidsäsong. Här bör betonas att det råder betydande ortsspecifika skillnader och behovet av lokalt förankrade management- och anpassningsstrategier för anpassning kan inte nog understrykas. För att möjliggöra att sådana strategier utvecklas krävs ökad kunskap om klimatförändringarna hos alla näringsens aktörer. Nutek bör inom ramen för sitt sektorsansvar kunna utarbeta en strategi för informationsspridning och kunskapsöverföring gällande klimatförändringar och anpassning.

Efter år 2040 ser läget för vinterturismen mer allvarligt ut. Högsäsongveckorna vid jul- och nyår samt påsk kommer då i ökad utsträckning att vara ”gröna”. Mot slutet av seklet förstärks av allt att döma denna utveckling. En strukturell förskjutning av vinterturismen mot mer snösäkra områden i de nordligaste delarna av landet kan då bli nödvändig.

## Forskning och utveckling

Avsaknaden av systematiserad kunskap om hur existerande anpassningsstrategier förmår att hantera extrema säsonger är stor. Kunskapen om snöprocesser m.m. är också begränsad. Likaså är kunskapen om samspelet mellan klimatförändringar och socioekonomiska förändringar samt dessas påverkan på turistströmmarna liten.

Vidare är kunskapen om hur sårbara olika utomhusaktiviteter är för ett förändrat klimat begränsad. Kunskapen behöver också ökas om hur turister värderar och väljer resmål. Här behövs bl.a. ökad kännedom om vilken roll destinationens stöd för åtgärder som syftar till att minska klimatförändringar kan spela samt hur turisternas uppfattning om klimatförändringarna styr deras val av resmål. För att ge underlag för adekvata åtgärder till skydd för miljön och för framtida samhällsplanering finns ett stort behov av kunskapsuppbyggnad och forskning kring resandeanledningar och framtida turistströmmar.

Utvecklingen av nya tekniska, finansiella och organisatoriska lösningar liksom kunskap om lokalt förankrad produktutveckling och nya managementstrategier är också områden som bör prioriteras.

## Förslag

- Instruktionen för Nutek ändras så att myndigheten får ett tydligt ansvar för klimatanpassning inom området turism, se avsnitt 5.10.2.
- Nutek bör få i uppdrag att utarbeta en strategi för informationsspridning och kunskapsöverföring till aktörer inom vinterbaserad turism om klimatförändringar och anpassningsmöjligheter.
- Nutek, Naturvårdsverket, Statens Jordbruksverk, Sveriges Geologiska Undersökning och berörda länsstyrelser bör få i uppdrag att peka ut områden där ökad konkurrens om bl.a. vattenresurser kan uppstå främst längs södra Sveriges kuster samt inom sina verksamhetsområden peka ut riksintressen för turism, naturvård och friluftsliv.

- Nutek, Naturvårdsverket, Sametinget och berörda länsstyrelser bör få i uppdrag att peka ut områden där ökad konkurrens om markområden i fjällvärlden kan uppstå samt inom sina ansvarsområden peka ut riksintressen för naturvård, turism, rennäring och friluftsliv.

## 4.5 Naturmiljön och miljömålen

### 4.5.1 Landekosystem, biologisk mångfald och andra miljömål

*Landekosystemen i Sverige står inför stora omvälvningar och förlusten av biologisk mångfald kan komma att öka på grund av klimatförändringarna. Åtgärder för anpassning till ett förändrat klimat riskerar också leda till negativ påverkan på biologisk mångfald, men de negativa effekterna kan begränsas.*

#### Fungerande ekosystem - basen för ett hållbart och fungerande samhälle

Biologisk mångfald bygger upp jordens ekosystem och klimatförändringarnas effekter på de tjänster dessa ekosystem erbjuder kommer att påverka människor och samhällen. FN:s klimatpanel förutspår t.ex. stora folkförflyttningar till följd av att ekosystem blir obrukbara för de samhällen som i dag nyttjar och bebor dem.

En betydande del av samhällets framtida sårbarhet inför klimatförändringarna kommer också att bero på minskad och mer osäker tillgång till ekosystemtjänster, se bilaga B 31. Tillgång till biologisk mångfald och livskraftiga ekosystem är även en viktig resurs för att hantera och klara av klimatrelaterade kriser. T.ex. kan våtmarker buffra mot översvämningar och kustnära vegetation kan skydda mot erosion. Genom att bevara ekosystemens förmåga att hantera stress och chocker - deras resiliens - hjälper vi dem således att skydda oss.

#### Begreppet biologisk mångfald

Av konventionen om biologisk mångfalds (CBD) definitioner framgår att biologisk mångfald innefattar mångfald inom arter, mellan arter och av ekosystem. I ett naturvårdssammanhang priori-

terar man ofta *skyddsvärda arter*, *nyckelarter*, *signalarter* etc. utifrån bl.a. hotbild och konsekvenser för andra arter av en viss arts försvinnande. Begreppet ”hög biologisk mångfald” innebär vanligen att ett område eller en naturtyp fungerar ekologiskt och har alla arter knutna till livsmiljöerna. Eftersom antalet arter per ytenhet, per naturtyp etc. ökar söderut i Sverige och Europa skulle ökat antal arter i vissa naturtyper kunna förväntas i ett varmare klimat. Detta skulle kunna tolkas som att klimatförändringar kan bli positiva för biologisk mångfald i Sverige. En ökning av det totala antalet arter är dock i naturvårdssammanhang ingen kompensation för eventuell förlust av nordliga arter och arter från nordliga biotoper eftersom dessa, med avsaknaden av stora landmassor norr om Skandinavien, ofta inte har någonstans att ta vägen.

### **Klimatförändringar och andra faktorer som påverkar landekosystem**

Förändringar i klimatet under det senaste århundradet har redan satt sina spår. De observerade förändringarna med ökad koncentration av växthusgaser, ökade temperaturer på land och i hav, förändringar i nederbörd och havsytans nivå, har haft effekter på växters och djurs reproduktion, växtsäsongens längd, fördelning och storlek hos populationer samt utbrott och förekomst av skadeorganismer och sjukdomar över hela jorden. IPCC bedömer att klimatförändringarna kommer att vara den vanligaste orsaken till arters utdöende i slutet av detta århundrade (IPCC, 2007). Klimatförhållanden bestämmer i stor utsträckning om en art kan leva i ett område, både genom direkta effekter på arterna och genom effekter på de ekosystem i vilka de lever. Flera modelleringsstudier har visat att även relativt små förändringar, även mindre än 1 grad i global medeltemperatur, får tydliga effekter i särskilt artrika områden, så kallade ekologiska hotspots. Betydande effekter på många platser och regioner i världen kan väntas om uppvärmningen överstiger 2 grader. Den arktiska regionen är också mycket sårbar.

Störst påverkan på biologisk mångfald hittills har dock vårt nyttjande av naturresurser haft. Detta gör det ofta svårt att detektera och förutsäga effekter av klimatförändringar eftersom effekterna av markanvändning vanligen har varit, eller är, så mycket kraftigare. Förändringar i resursnyttjande som genomförs i syfte

att anpassa samhället till klimatförändringar kan också få stor effekt på biologisk mångfald.

Förändringar i landekosystemen till följd av ett förändrat klimat kommer också att påverka möjligheten att nå flera andra miljömål och i vissa fall också relevansen i deras nuvarande utformning. Miljömålen *storslagen fjällmiljö, myllrande våtmarker och ingen övergödning* är sannolikt de som påverkas mest.

### **Generella effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald, överväganden och åtgärder**

Effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald måste bedömas i relation till effekterna av andra omgivningsfaktorer, framför allt människans nyttjande av natur och naturresurser. Det innefattar areella näringars markanvändning, reglering av sjöar och vattendrag, nyttjande av havens resurser, utsläpp till vatten och luft etc.

I nuläget går biologisk mångfald i jordbrukslandskapet tillbaka främst genom igenväxning i övergivna slätter- och betesmarker, felaktig skötsel i ännu hävdade marker och genom den fragmentering som orsakas av igenväxningen och av tidigare rationaliseringar av jordbruksmarken. Biologisk mångfald i skogsbiotoper går tillbaka genom att arealen naturskog fortfarande minskar genom avverkning, och genom att få skogsarter kan ha livskraftiga populationer i produktionsskog som skapas. Biologisk mångfald i sjöar och vattendrag är redan kraftigt förändrad av eutrofiering, reglering och introduktion av främmande arter. Biologisk mångfald i våtmarker är, främst i södra Sverige, kraftigt förändrad av reglering av vattendrag, markavvattning och upphörd traditionell hävd.

En stor andel av Sveriges naturtyper och geografiska områden är påverkade av människan och det framtida nyttjandet har stor betydelse för vilka effekterna blir av ett förändrat klimat blir.

Särskilt artrika områden är extra känsliga för klimatförändringar genom att där finns många krävande och specialiserade arter, vilka utnyttjar en specifik livsmiljö. I regel har sådana områden lång kontinuitet, dvs. de har fått utvecklas ostört under lång tid. I områden som genomgått kraftiga markanvändningsförändringar har redan de specialiserade arterna slagits ut, endast generalisterna

finns kvar, och sådana platser blir därför mindre känsliga för klimatförändringar, se bilaga B 30.

Arter som riskerar drabbas hårt är bl.a. de som har få eller inga reträttvägar, t.ex. ishavsrelikter i Östersjön och i kalla djupa insjöar, arter beroende av landhöjningskust och arter knutna till mellan- och högalpin region i fjällen.

Ökad konkurrens kan väntas mellan arter som anpassat sig *på plats* och arter som flyttar in. Risken att främmande arter sprids snabbt ökar när den klimatstress de tidigare utsatts för upphör eller minskar.

Nuvarande system med s.k. *rödlistning* av hotade arter är ett av de viktigaste planeringsinstrumenten för skyddet av biologisk mångfald. Rödlistningssystemet baseras på internationella överenskommelser inom IUCN (World Conservation Union) och bygger främst på retrospektiva studier av hur arternas numerär och utbredning förändras.

Vi bedömer att rödlistningssystemet behöver kompletteras för att stärka förutsättningarna för bedömningar av effekter på biologisk mångfald av ett framtida förändrat klimat. Detta behövs för att stärka möjligheterna att skydda de miljöer som har störst förutsättningar att främja biologisk mångfald men också för att ge underlag för en ansvarsfördelning mellan olika delar av landet och mellan länder vad gäller bevarandet av arter, ekosystem och genetiska resurser. Starkt klimatberoende ekosystem/arter bör identifieras bl.a. genom att klassificera olika naturtyper i olika klimatzoner och söka skilja ut klimataktorns betydelse för ekosystemets/artens fortlevnad från andra faktorer som påverkar ekosystemet/arten, t.ex. markanvändningen. En kartläggning bör därför genomföras där ekosystemen lämpligen delas in i följande kategorier, se även bilaga B 30:

- påverkas starkt oavsett markanvändning,
- påverkas relativt lite av klimatförändringar jämfört med markanvändning,
- klimatpåverkan förstärks av förväntade förändringar i markanvändning,
- klimatpåverkas motverkas av förväntade förändringar i markanvändning,
- klimatpåverkan kan motverkas genom val av markanvändning
- klimatförändringar ger möjlighet att med rätt skötsel/markanvändning förbättra situationen för biologisk mångfald.



Ett varmare klimat kan ge incitament till intensifierad markanvändning eller konkurrens om markresurserna, t.ex. för skogsbruk, livsmedelsproduktion och produktion av biobränsle. Detta kan minska utrymmet för biologisk mångfald om inte åtgärder vidtas för att stärka den. Sådana åtgärder kan innefatta utvecklade former för förvaltning på ekosystem- och landskapsnivå. Bl.a. bör systemet med landskapsstrategier utvecklas och skalas upp till nationell och internationell skala.

De förändringar av ekosystemens och arters livsbetingelser som klimatförändringarna för med sig kommer att starkt påverka möjligheten att på längre sikt nå samma ambitionsnivå som det ges uttryck för i främst miljömålet *ett rikt växt- och djurliv* och därtill hörande delmål. Vi bedömer därför att det behövs en genomgripande översyn av nuvarande strategier inom området samt en analys av huruvida miljömålets och delmålens utformning är relevanta i ett föränderligt klimat. Vidare bör en strävan att ta hänsyn till klimatförändringarnas effekter på biologisk mångfald integreras i samhällsplanering och byggande av anläggningar och infrastruktur, särskilt vid upprättande av miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) och strategiska miljöbedömningar (SMB).

För att spegla att naturliga utbredningsområden för naturtyper och arter ändras i ett förändrat klimat bör EU:s naturvårdspolitik ses över. Politiken bör i ökad utsträckning fokusera på skapandet av korridorer och reträttvägar för arter som retirerar norrut. Vid översynen bör behovet av ändringar i EU:s habitatdirektiv (92/43/EEG) övervägas.

### **Klimatförändringarnas effekter på fjällekosystemen, överväganden och åtgärder**

Fjällekosystem påverkas i hög grad av snöförhållandena vintertid i kombination med vind, kyla m.m. Förekomsten av vindblottor, läsidor och snölegor påverkar i hög grad vegetationen i ett intrikat samspel där även bete ingår. Högre temperaturer och minskad förekomst av snölegor har redan haft effekter på fjällbjörksskog som lokalt drabbats av torkstress (Kullman, 2007). Mer kunskap om dessa samspel, inklusive extremernas inverkan är nödvändig för att närmare kunna bedöma de framtida effekterna på ekosystemen.

Trädgränsen i de svenska fjällen har höjts cirka 100–150 meter under 1900-talet. Detta är sannolikt främst en effekt av förändrat

klimat men även fördröjda effekter av upphört fjällbete spelar in. Det är troligt att trädgränsen höjs med flera hundra meter ytterligare under det kommande seklet. Denna beskowning är ett hot mot många artgrupper. Renbetets betydelse för *läside-snöleگا-vindblottemosaiken* är ännu dåligt känd och skulle behöva studeras mer ingående. Ett något kraftigare renbete skulle dock sannolikt kunna motverka igenväxning av kalfjället, se Bilaga B 30. Kvarvarande kalfjällsmiljöer kommer också att förändras och det är sannolikt oundvikligt att flera alpina arter med låg konkurrensförmåga kommer att slås ut i stora områden i ett varmare klimat.

Arter som är beroende av de i dag snabbt retirerade områdena med palsmyrar (permafrost) kommer också att försvinna. Andra myrområden, särskilt kalkrika sådana, hyser många arter idag. Det är angeläget att närmare studera och modellera effekter på dessa i ett förändrat klimat. Samspelet med ändrad markanvändning och effekterna på olika ekosystem och biologisk mångfald, t.ex. ökad turism och anläggning av infrastruktur, är också dåligt känd och behöver studeras i ökad utsträckning.

Klimatförändringarna kommer alltså att påverka den biologiska mångfalden i fjällen. Därmed kommer de också att påverka möjligheten att nå miljökvalitetsmålen *ett rikt växt- och djurliv och storslagen fjällmiljö*. Gällande delmål för målet en storslagen fjällmiljö omfattar inte vidmakthållandet av kalfjällen och förhindrande av förbuskning och igenväxning av kalfjäll till följd av klimatförändringar och minskat renbete. I kommande översyner bör det övervägas att komplettera miljömålen inom storslagen fjällmiljö med ett delmål som tydligt värderar kalfjällen.

### **Klimatförändringarnas effekter på skogsekosystemen, överväganden och åtgärder**

I dag används mer än 90 procent av skogsmarken för skogsproduktion. Arealen icke brukad naturskog, i vid mening, minskar fortfarande. Fragmentering av naturskogen liksom bristen på störningsregimer som brand, påverkar den biologiska mångfalden negativt. Många syd- och mellanboreala ekosystem och arter är beroende av de olika skyddsformer som finns, inklusive naturreservat. I sådana biotoper kan man förvänta sig en förflyttning av vissa arter in i den fjällnära zonen, där i dag en relativt stor andel av arealen är skyddad i reservat. Det behöver utvärderas vilka arter

och ekosystem som på så vis skulle klara en sådan förflyttning och kanske t.o.m. gynnas.

Den snabba förflyttningen av vegetationszoner som följer med det varmare klimatet kan också leda till utdöende av många arter på grund av förändrade ekosystem. Detta gäller främst arter som inte kan anpassa sig, som är konkurrenssvaga, svårspredda med nuvarande markanvändning, eller som saknar områden att flytta till.

Effekten på biologisk mångfald av de hänsyn som tas i dag vid skogsavverkningar är dåligt känd. Det finns indikationer på att hänsynen inte räcker för att hysa livskraftiga populationer av vissa arter om inte relativt stora områden icke-produktionsskog finns i närheten, se bilaga B 30. I ett föränderligt klimat kommer behovet av spridningskorridorer och reträttvägar norrut att öka. För att åstadkomma detta krävs sannolikt att ett omfattande system av naturskogskorridorer byggs upp. För att bli effektiva måste korridorer också skapas i ren produktionsskog, vilket innebär att det tar lång tid innan de får sådan kvalitet att naturskogsarter kan leva i dem. Korridorerna och de befintliga naturskogsfragmenten måste sedan sparas tillräckligt länge för att önskad kolonisation och spridning skall hinna ske. Nuvarande skydds- och skötselstrategier behöver därför ses över.

Ett tämligen snävt fokus på bevarande av befintliga livsmiljöer för enskilda arter som hittills ofta varit vägledande för arbetet med biologisk mångfald behöver ändras så att man i ökad utsträckning går mot att skapa förutsättningar för lokala nyetableringar av önskade arter. Möjligheterna att skapa områden med förstärkt hänsyn i produktionsskogsbruket jämfört med de generella hänsyn som tas i dag bör utredas. En möjlighet är att vidareutveckla systemet med naturvårdsavtal med temporärt skydd med vissa möjligheter till virkesuttag. Med tanke på de långa tider som behövs för att bygga upp skogliga ekosystem och deras biologiska mångfald kan skydd under längre tid än i dag fordras. Eventuellt skulle den generella hänsyn som ska tas enligt skogsvårdslagens 14 §, på vissa för biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster som friluftsliv, jakt m.m., ointressanta marker som kompensation kunna sänkas. Hur detta skulle gå till i praktiken samt hur missgynnade skogsägare skulle kunna kompenseras bör utredas närmare.

Rådande trend med ökat uttag av biobränsle från skogsmark kan antas fortsätta. Formerna för biobränsleutvinning spelar stor roll för möjligheterna att skapa förutsättningar för en rik biologisk mångfald. Alternativa metoder som skottskogsbruk och hävd av

igenväxande hagmarker är sannolikt betydligt mer positiva ur biologisk mångfaldssynpunkt än t.ex. stubbrytning och uttag av grenar och toppar följt av gödsling. Sådana alternativa former av biobränsleuttag bör studeras med avseende på lönsamhet och effekt på biologisk mångfald och åtgärder för stöd och information kring sådana alternativ bör utredas.

Kortare omloppstider, ökad gödsling och ökad användning av nya träslag, som är negativa för naturlig biologisk mångfald, t.ex. Sitkagran, är sannolika anpassningsåtgärder till ett varmare klimat som ger ökad risk för vindfällning. Fördjupade studier av effekterna av sådana åtgärder på den biologiska mångfalden bör komma till stånd och regelverk kring dem ses över i samband med en allmän översyn av skogspolitiken i ett förändrat klimat, se avsnitt 4.4.1.

### **Klimatförändringarnas effekter i jordbrukslandskapet, överväganden och åtgärder**

Fragmentering, igenväxning av övergivna slätter- och betesmarker, brist på hävdad mark, skötsel av den samt brist på våtmarker är faktorer som minskar den biologiska mångfalden. EU:s jordbrukspolitik och dess tillämpning genom landsbygdsprogrammets olika stödformer har stor betydelse för jordbrukets utveckling. Jordbruket i Skandinavien kommer i viss mån att gynnas av klimatförändringarna och detta kan delvis gynna den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet, under förutsättning att ett ökat antal jordbruksföretag bidrar till att sköta biologiskt värdefulla marker.

Behovet av pesticider mot skadegörare kommer av allt att döma att öka liksom gödselanvändningen. Hur jordbruket möter denna utveckling påverkar den biologiska mångfalden. Utveckling av odlingssystem, gödslingsregimer, växtföljd m.m. kan minska näringsämnesläckage och behovet av pesticider, se avsnitt 4.4.2.

Vissa betesmarker är ur biologisk mångfaldssynpunkt några av de viktigaste ekosystemen inom jordbrukslandskapet. Klimatscenerierna tyder på ökad sommartorka i södra Sverige vilket kan vara gynnsamt för vissa växter i, det på naturbetesmarker relativt rika, sydöstra Sverige. Det totala behovet av betesdjur för att upprätthålla god hävd i sådana naturbetesmarker minskar då vilket kan gynna en hög biologisk mångfald. Stödet till naturbetesmarker och andra ur biologisk mångfaldssynpunkt värdefulla marker bör prio-

riteras vid kommande översyner av EU:s jordbrukspolitik och klimatförändringarnas effekter bör beaktas.

Det förändrade klimatet kommer sannolikt att påverka möjligheten att nå miljömålen *ett rikt odlingslandskap, myllrande våtmarker* och *ett rikt växt och djurliv*. I ännu högre grad riskerar emellertid anpassningsåtgärder som vidtas inom jordbruket, t.ex. mot mer gödslingskrävande grödor, att påverka miljömålen. En sådan utveckling skulle allvarligt försämra möjligheterna att nå miljömålen *ingen övergödning* och *hav i balans*. Bl.a. bör informationsinsatser kring dessa frågor komma till stånd, se avsnitt 4.4.2. Ökad vinternederbörd kan göra lågt liggande områden mer svårödlade. Förbättrad dränering av dessa områden kan möjliggöra fortsatt odling men riskerar samtidigt att öka uttransporten av näringsämnen. Återskapande av våtmarker i jordbrukslandskapet kan ha starkt positiva effekter på biologisk mångfald samtidigt som läckaget av näringsämnen till vattendrag, sjöar och hav skulle kunna minskas. Systemet för stöd till skapande av våtmarker bör därför vidareutvecklas, se avsnitt 4.4.2.

### **Klimatförändringarnas effekter på havs- och sötvattenstränder, överväganden och åtgärder**

I stort sett saknas sammanställningar om hur isförhållanden och stormfrekvens i Östersjön och våra sjöar påverkar strandekosystemen. Med minskande vårflod och högre vinterflöden torde de strandnära våtmarkernas utbredning komma att minska. Möjligheterna till islyft kommer också att minska vilket skulle kunna minska mekanisk påverkan på vass. Mer vass missgynnar den biologiska mångfalden i många sjöars strandekosystem och öka behoven av skötselåtgärder.

Kunskapen är begränsad om vilken roll tidpunkten för vattentillförsel spelar för olika ekosystem. I reglerade vattendrag skulle en större årsvariation eventuellt kunna kompensera utebliven islyftning. Dessa frågor bör dock studeras vidare. Ökad havsnivå kan förväntas ha liten påverkan på biologisk mångfald i områden där det i dag råder landsänkning. I områden med betydande landhöjning kan stora effekter på den biologiska mångfalden förväntas om landhöjningen och därmed nybildningen av strandängar och andra strandzonsekosystem upphör. Havsstrandängar, i främst södra Sverige, kommer att klämmas mellan ökad havsnivå och

innanförliggande markanvändning. Utökade skötselåtgärder kan på sikt bli nödvändiga för att upprätthålla vissa arters livsrum.

Vattenbrist, direkt eller genom ökat behov av bevattning, kan leda till utarmning av ekosystem i vattendrag, framför allt i Sydsverige. En kartläggning av områden där vattenresurser riskerar bli särskilt ansträngda bör genomföras och risk för negativa effekter på miljön inklusive den biologiska mångfalden bör beaktas, se avsnitt 4.4.2 och 4.4.4.

### Behov av ökad kunskap, forskning och utveckling

Trots växande insikt om att ekosystemen förändras i ett förändrat klimat råder generellt stor brist på kunskap om hur olika ekosystem kommer att förändras och vilken roll markanvändningen spelar. Det är svårt att med nuvarande kunskap lägga fast övergripande riktlinjer för hur skyddet av naturmiljön och biologisk mångfald bör förändras med hänsyn till klimatförändringarna.

En sammanställning utifrån dagens kunskap om klimatförändringarnas effekt på olika ekosystem bör komma till stånd (se ovan) och skulle utgöra en bra grund också för att identifiera ytterligare forskningsbehov. Redan nu kan vi emellertid se ytterligare behov av kunskapshöjande insatser som både innefattar forskning inklusive modellering, fältförsök och långliggande försök, miljöövervakning och sammanställningar av befintlig kunskap. Det gäller bl.a.:

- Nedskälning av klimatmodeller på ekosystemnivå utifrån förhållanden och processer som är av avgörande betydelse för biologisk mångfald.
- Arters spridningsbenägenhet, tillgång på spridningsvägar samt arternas förmåga att etablera sig.
- Klimatförändringars och extremers betydelse för populationsförändringar och nyckelarter kontra, och i interaktion med, människans/markanvändningens roll.
- Nya arters grad av "invasivitet" i olika ekosystem och befintliga arters känslighet.
- Utökad miljöövervakning bl.a. i fjällen samt stöd till relevant forskningsinfrastruktur, t.ex. forskningsstationer i fjällen.
- Kunskap om förändringar i migrerande arters mönster.
- Landhöjningens och isens betydelse för strandekosystem samt i vilken utsträckning utökad skötsel kan bidra till att upprätthålla ekosystemens värden.

- Effekter av biobränsleproduktion, inklusive regional påverkan och alternativa produktionsmetoders betydelse för biologisk mångfald samt deras ekonomiska förutsättningar.
- Effekter av förändrad markanvändning som intensifierad turism, infrastrukturbyggande, förändrad intensitet i renbete.
- Risker med och behov av strategier för aktiv flytt av arter.
- Fältstudier t.ex. områden med lågt liggande skogs- respektive jordbruksmark i syfte att beskriva vilka typer av sumpskog/våtmark som kan komma att bildas vid fri utveckling i ett blötare klimat och som underlag för planering av insatser inom jord- och skogsbruk.

Flera av forskningsinsatserna som nämns i avsnitt 4.4.1 är också av intresse här.

### Förslag

- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att i samråd med SLU kartlägga olika ekosystems/arters känslighet för ett förändrat klimat med beaktande av markanvändningen samt därvid peka ut starkt klimatberoende arter, arter med särskilda krav på livsmiljö, nyckelarter, hotade arter regionalt i Sverige, ansvararter för Sverige och föreslå åtgärder för skydd av dessa inklusive eventuella förändringar i Habitatdirektivet.
- Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att med utgångspunkt i olika ekosystems/arters klimatkänslighet utvärdera dagens skyddssystemers effektivitet för skapandet av spridningskorridorer för ekosystem/arter i förändrat klimat, föreslå förändringar i regelverk, riktlinjer och stödsystem, t.ex. möjligheterna att införa förstärkt skydd i produktionsskog, utvecklade skogsvårdsavtal, uppskalning av verksamheten med landskapsstrategier till regional, nationell eller gränsöverskridande skala.
- Naturvårdsverket bör få i uppdrag att utvärdera och bedöma huruvida möjligheten att uppnå de miljömål vilka verket är ansvarigt för påverkas av klimatförändringarna dels inom de tidsperioder målen gäller, dels på längre sikt samt huruvida miljömålen och delmålen är relevanta i ett föränderligt klimat. Naturvårdsverket bör vid behov föreslå förändringar i målformuleringar och åtgärdsprogram.

- Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att i samråd med Statens Jordbruksverk utveckla skötselplaner och stödformer för kombination av biobränsleproduktion och naturvård.

#### 4.5.2 Sötvattenmiljön

*Ökad temperatur i sjöar och vattendrag, en tidigare islossning och en ökad avrinning kommer att öka utlakningen av närsalter och humus. Resultatet i form av färgade vatten, ökad övergödning och sannolikt ökad förekomst av alger och cyanobakterier medför en försämrad vattenkvalitet och gör det mycket svårt att nå miljömålen.*

#### Systembeskrivning och miljömålen

Sjöar och vattendrag är ett viktigt inslag i det svenska landskapet och är en viktig resurs för hela samhället. Användningen av sjöar och vattendrag är viktig för en rad olika sektorer och områden, dricksvattenförsörjning, fiske, jordbruk, industri, sjöfart, vattenkraft, rekreation och bevarande av arter och naturmiljöer. De olika verksamheterna påverkar miljön kring sjöarna och vattendragen.

Enligt Riksdagens beslut om miljömålen, *Miljömålspropositionen*, prop. 2004/05:150, innebär ett hållbart brukande av mark och vatten att biologisk mångfald värnas samtidigt som produktionsförutsättningarna inte försämras, att miljö- och naturresurser samt kulturmiljön och de historiska värden tas tillvara som tillgångar i samhällsutvecklingen och att skador som inte kan undvikas återställs. På lång sikt är ett hållbart brukande en förutsättning för en sund ekonomisk utveckling.

Miljömålet *Levande sjöar och vattendrag* innebär att sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara, och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

Förutsättningarna för att uppnå målet *Levande sjöar och vattendrag* är beroende av måluppfyllelse för miljömålen, *Ingen övergödning, Bara naturlig försurning* och *Giftfri miljö*.



Miljömålet *Ingen övergödning* innebär att halterna av gödande ämnen i mark och vatten inte ska ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten. Inriktningen är att miljö kvalitetsmålet ska nås inom en generation.

Vattenkvalitén är avgörande för uppnåendet av miljömålet *Levande sjöar och vattendrag*. Övergödningen är tydligt kopplad till klimatförändringen. Den förändrade temperaturen och avrinningen kommer sannolikt att innebära ökade halter av kväve och fosfor i våra vattendrag, vilket leder till ökad alg tillväxt och igenväxning. En ökad temperatur och avrinning påverkar sannolikt även försurningen negativt, storleken på denna påverkan är dock osäker. Omsättningen av miljögifter i miljön påverkas också, se avsnitt 4.3.6.

### Miljö kvalitetsnormer

Miljö kvalitetsnormerna är ett styrmedel för att genomföra vissa EG-direktiv och kunna uppnå de nationella miljö kvalitetsmålen. Miljö kvalitetsnormerna skall utgå ifrån vad människan och naturen tål och är bindande. För vatten finns än så länge bara miljö kvalitetsnormer för fisk- och musselvatten.

Vattendirektivet är ett EG-direktiv som syftar till att få en sammanhållen och övergripande lagstiftning som utgår från avrinningsområden. Målet är bevarad och förbättrad vattenkvalitet. En viktig princip är att inget vatten får försämrats. Förutom vattenkvaliteten så handlar det om att sörja för vattenmiljön i sin helhet, tillgång på rent vatten, vattenplanering etc. Administrationen skall byggas upp vattendragsvis vilket ställer krav på samarbete för alla parter inom området. Fem vattenmyndigheter har inrättats i Sverige vid olika länsstyrelser.

### Påverkan på vattenkvaliteten av hittillsvarande förändringar

I bilaga B 32 beskrivs klimatförändringens påverkan på ytvattenkvaliteten, bilagan har utgjort underlag för nedanstående analys.

I Sverige har årsmedeltemperaturen i genomsnitt stigit med nästan 1,5 grader under perioden 1984–2004, det vill säga med ungefär 0,07 grader per år.

Vattenkemiska förändringar sker i första hand på grund av depositions- och klimatförändringar. En jämförelse över tiden visar att av alla testade kemiska variabler visar vattenfärg den starkaste kopplingen till klimatförändringen. Vattenfärg är dessutom den kemiska variabel som ökat snabbast under perioden 1984–2004 med mer än 10 procent ökning i södra Sverige och mer än 1 procent i norr. Ökningen av vattenfärg orsakas mest av ökade humushalter. Konsekvenserna av en ökad humushalt är många. Den påverkar bland annat energibalansen i ekosystemen, transporten av miljögifter, vattnets ljusklimat och därmed förekomsten av alger. Dessutom påverkar humushalten dricksvattenkvaliteten. Humushaltigt råvatten är svårt att rena i vattenverken och kan också leda till mikrobiologisk tillväxt i dricksvattennätet, se avsnitt 4.2.5.

Utom vattenfärg påverkas förmodligen även de flesta andra vattenkvalitetsvariabler, t.ex. ökar totalkvävehalterna trots att den atmosfäriska kvävedepositionen minskar.

De biologiska processerna är mer komplicerade och en tydlig koppling till klimatförändringarna är därför svårare att göra. Det har dock visat sig att biomassan av guldalger ökar i takt med klimatförändringarna. Det finns också tecken på att den biologiska mångfalden minskar och att fiskbeståndets artsammansättning förändras. En tidigare utveckling av cyanobakterier i takt med högre sommartemperaturer har observerats.

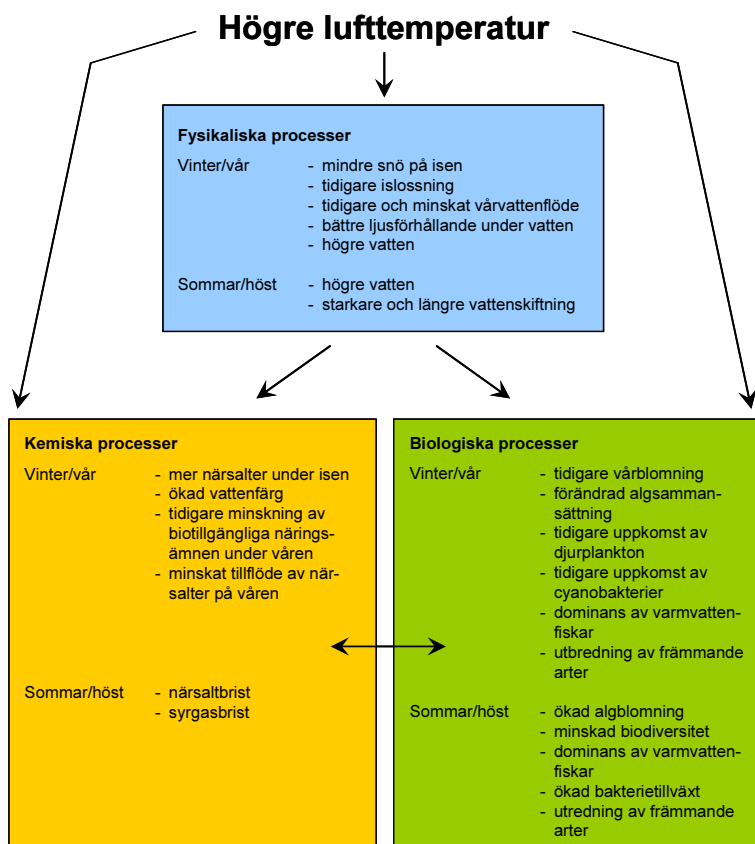
### Konsekvenser av framtida klimatförändringar

Enligt de scenarier vi studerat kommer lufttemperaturerna att stiga, särskilt på vintern, och även nederbördsmängden kommer att öka. Skyfall med stora regnmängder under kort tid kommer att bli mer intensiva och värmeböljor blir hetare och vanligare.

Nedanstående två figurer illustrerar hur vattenkvalitet kan komma att förändras när lufttemperaturen, figur 4.46 och avrin-

ningen, figur 4.47, ökar. Figurerna är baserade på internationella studier.

Figur 4.46 Konsekvenser för vattenkvalitén av en gradvis ökad lufttemperatur



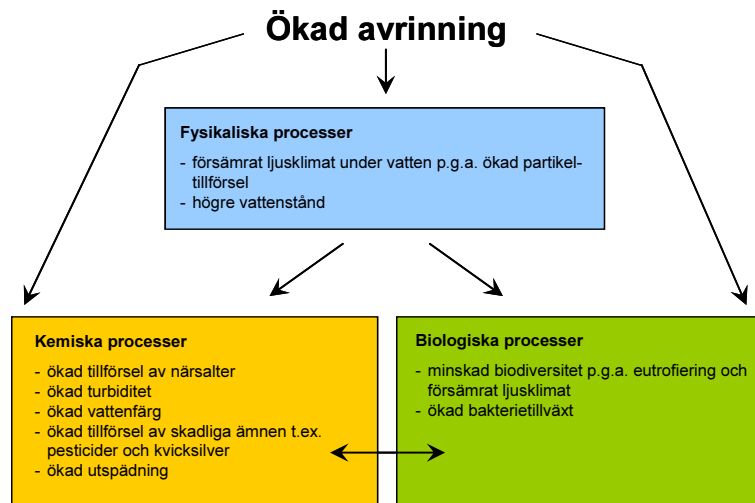
Källa: Bilaga B 32.

Högre lufttemperaturer under vintern leder till en tidigare islossning, som leder till bättre ljusförhållanden under vatten. Detta i sin tur leder till en tidigare våralgblomning och en tidigare uppkomst av djurplankton. I samband med att det biologiska livet utvecklas tidigare förbrukas även närsalter tidigare. Varmare vintrar kan även leda till en ökad vattenfärg på grund av en ökning av den mikrobiella aktiviteten. Fisksammansättningen och fiskens livs-

cykler kommer att förändras, se avsnitt 4.4.3. I samband med ökade sommartemperaturer kommer framförallt vattenskiktningen att förändras vilket kan leda till syrgasbrist i bottenvatten och närsaltbrist i ytvatten. En ökning av skadliga algbloomingar på grund av en intensivare vattenskiktning har redan observeras. Detta leder förmodligen till att fler badplatser behöver stängas under extremt varma perioder på sommaren på grund av en ökad bakterietillväxt.

En uppvärmning kommer även att leda till en utbredning av främmande arter. Simuleringar har bl.a. visat att 6 nya makrofyterarter kan tillkomma fram till 2100.

Figur 4.47 Konsekvenser för vattenkvaliteten av en ökad avrinning



Källa: Bilaga B 32.

Konsekvenserna av ökad avrinning är i allmänhet en ökning av partikelmängd, vattenfärg och närsalthalter. En konsekvent ökad övergödning och ett försämrat ljusklimat kommer förmodligen att minska den biologiska mångfalden. Dessutom är det känt att översvämningar kan leda till en ökad frigöring av skadliga ämnen som t.ex. kvicksilver. I Kanada uppmättes höga kvicksilverhalter i fisk och även i människor när bygget av det stora vattenkraftverket i James Bay ledde till stora översvämningar.

Inom VASTRA projektet (Vattenstrategiska forskningsprogrammet) beskrivs Sveriges vattenkvalitet i ett framtida klimat på följande sätt:

I medeltal beräknades kväveläckaget från åkermark öka med 15–40 procent beroende på vilket klimatscenario som användes. Ökningen berodde främst på den ökade avrinningen och ökad mineralisering under vintern när kväve inte tas upp av grödor. Även om växtsäsongen förlängdes och tidpunkten för till exempel jordbearbetning, skörd och skötsel anpassades till det nya klimatet, så kompenserade detta inte för det ökade läckaget. (Jöborn et al, 2006)

Det ökade markläckaget leder till förhöjda kvävekoncentrationer i vattendragen med 7–20 procent, beroende på scenario, och till en ökning med 20–50 procent i den årliga kvävetransporten som påverkar även havsvattnet. Deras resultat stämmer överens med den observerade ökningen i totalkvävekoncentrationer från 1984 till 2004, trots den minskade kvävedepositionen. Dock verkar nitratkvävehalterna minska över tiden så prognoserna bör behandlas med försiktighet när det gäller att dra slutsatser om det biologiska livet. En studie som gjorts för vår räkning, se bilaga B 24, kommer till liknande resultat angående läckaget från jordbruksmark.

### Slutsatser om vattenkvaliteten

Alla framtidssimuleringar visar mycket tydligt att markläckaget kommer att öka i ett varmare och blötare klimat. Därmed krävs kraftfulla åtgärder för att nå miljömålen och miljökvalitetsnormerna. Redan i nuläget är många sjöar i behov av åtgärder för att de uppnå god ekologisk status, särskilt i södra Sverige.

Läget är sämst för vattenfärg där upp till 90 procent av alla sjöar i de södra delarna av landet behöver någon form av åtgärd. Läget riskerar att fortsätta försämrats i takt med klimatförändringen.

Även totalkvävehalterna är alldeles för höga för att en god ekologisk status ska kunna uppnås, men eftersom det atmosfäriska nedfallet troligen fortsätter att minska förväntas ingen drastisk försämring av nuvarande situation.

Läget för totalfosforhalterna är något bättre än för kvävehalterna men i södra Sverige behöver många sjöar minskade totalfosforhalter för att kunna nå god ekologisk status. Om fosforhalterna ökar med 50 procent kommer många sjöar få problem med

växtplankton och i 20–100 procent av sjöarna i södra Sverige behöver åtgärder vidtas.

Det minskade kvävenedfallet innebär sannolikt att fosforhalterna ökar snabbare än kvävehalterna, vilket leder till att risken för skadliga algbloomningar ökar.

### **Anpassningsåtgärder och överväganden**

Sammanfattningsvis kommer klimatförändringen att göra det mycket svårare för att inte säga omöjligt att nå miljömålen om övergödning och levande sjöar och vattendrag.

För att nå målen kommer behovet av åtgärder att öka jämfört med dagens situation. Vi vill särskilt peka på vikten av åtgärder för att minska utsläppen av kväve och fosfor. Det innebär bl.a. att åtgärder för att minska kväve- och fosforavgången från jordbruk, luftnedfall och punktkällor behöver intensifieras.

En genomgång behöver göras av det framtida miljömålsarbetet mot bakgrund av klimatförändringarna, särskilt på lång sikt. Åtgärdsstrategier och delmål kan komma att behöva revideras. Detta gäller en stor del av delmålen och åtgärdsstrategierna. En genomgång bör göras av respektive miljömålsansvarig myndighet.

### **Forskning och utveckling**

Kunskapen om klimatförändringens påverkan på övergödning, försurning, miljögifters omsättning och den biologiska mångfalden är till stora delar bristfällig. En intensifiering och en ökad inriktning mot klimataspekten i pågående forskning är väsentlig.

Forskning om processer kring och konsekvenser av den ökade vattenfärgen och de ökade humushalterna är viktig.

Forskning och utveckling om åtgärder för att motverka eller anpassa sig till de förändringar som följer av ett ändrat klimat bör initieras. Det gäller bl.a. den ökade färgningen av ytvattnet på grund av ökade humushalter.

### **Förslag**

Förslag angående översyn av miljömålen lämnas i avsnitt 4.5.1.

### 4.5.3 Östersjön och den marina miljön

*Temperaturen i Östersjön ökar med flera grader och istäckets utbredning minskar kraftigt. Detta tillsammans med förändringar i tillförseln av näringsämnen leder sannolikt till storskaliga konsekvenser och en ökad belastning på ett redan förorenat hav. Om vi får ökade västvindar och kraftigt ökad nederbörd kommer salthalten i stort sett att halveras. Detta leder till dramatiska förändringar där nästan alla marina arter inklusive torsken försvinner.*

#### Östersjön i dag

Östersjön är ett unikt innanhav med bräckt vatten och speciella ekosystem. Förhållandena styrs till stor del av faktorer som har en potential att förändras om klimatet ändras. Havsvattentemperaturen påverkas direkt av en stigande lufttemperatur. Salthalt och syrehalt påverkas av vattenomsättningen som i sin tur styrs av nederbörd och vindförhållanden. Tillförseln av kväve, fosfor och organiskt material liksom omsättningen i Östersjön styrs delvis av klimatparametrar och har en stor påverkan på ekosystem och på t.ex. algblooming.

Östersjön är i dag kraftigt påverkad av mänskliga aktiviteter. Övergödningen har inneburit stora förändringar av ekosystemen. Vattnet har blivit grumligare på grund av ökad mängd växtplankton och utbredningen av blåstång i Egentliga Östersjön och södra Bottenhavet minskade fram till början av 1990-talet. På Östersjöns grunda mjukare botten har vassbältet istället ökat i utbredning. Artsammansättningen av växtplankton har förändrats och algbloomingar blivit vanligare. Vi har vant oss vid återkommande stora årliga blomningar av cyanobakterier (blågrönalger) under sommaren i egentliga Östersjön. 2006 års blomning var den mest omfattande som registrerats under den senaste tioårsperioden. Sedan 1990 talet är blomningar av cyanobakterier vanliga även i Bottenhavet. Övergödningen orsakar också syrebrist på bottenarna och utslagning av bottenfaunan i stora delar av Östersjön. Tillfälliga förbättringar har inträffat i samband med saltvatteninbrott från Kattegatt. I ett långsiktigt perspektiv är dock trenden entydig mot allt lägre syrgashalter över allt större områden. Syrebrist förekommer också i stora delar av Kattegatt under sensommar och tidig höst.

Utsläppen av kväve och fosfor från framför allt jordbruk och avloppsrening har dock minskat under senare år. Effekterna i miljön av denna minskning är emellertid långsamma och förbättringarna än så länge små. Det finns en potential att framöver minska utsläppen betydligt i de forna öststaterna, i vilken grad och när detta kan åstadkommas är dock osäkert.

Halterna av många organiska miljögifter i svensk natur har minskat sedan 1970-talet. Till exempel har halten PCB minskat påtagligt i sillgrisslans ägg i Östersjön. Skadorna på djurlivet minskar också och både havsörn och säl som drabbades kraftigt av DDT och PCB har återhämtat sig. Men bilden är inte enbart positiv. Halten dioxin i Östersjöfisk är så gott som oförändrad sedan 1990-talet. Samtidigt fortsätter användningen av kemikalier att öka, ämnen som återfinns bland annat i olika produkter och som så småningom riskerar att hamna i naturen.

Situationen för flera kommersiellt viktiga fiskbestånd, särskilt bottenlevande arter är sedan flera år kritisk. Kollaps hotar särskilt bestånden av torsk i Östersjön, Kattegatt och Nordsjön. Det höga fisketrycket har lett till att fisken har minskat i medelstorlek och att storvuxna exemplar numer utgör en mindre del av den totala biomassan, se avsnitt 4.4.3.

Överfiskningen av torsk i Östersjön är tillsammans med den goda rekryteringen av skarpsill under de senaste årens varma vintrar den troligaste orsaken till att det pelagiska ekosystemet i Östersjön har övergått från att vara torskdominerat till att vara dominerat av skarpsill. Minskningen av torsk kan också kopplas till förändringar längre ner i näringsväven i Östersjöns östra bassänger, där mängden djurplankton under vår – försommar minskat, vilket korrelerar med betningen från det stora beståndet av skarpsill. Det finns också ett samband mellan mängden växtplankton och de låga tätheterna av djurplankton. Mycket tyder på att torskens minskade betydelse i ekosystemet har gett konsekvenser i flera steg, vilket inneburit att ett regimskifte ägt rum i Östersjön. Skarpsillens betning på djurplankton, som också är föda för torsklarver och ungtorsk, riskerar också att befästa denna situation. Sammantaget medför det att återuppbyggnadsplanerna för Östersjöns torskbestånd i högsta grad är osäkra, se bilaga B 33.

Regimskiftet i Östersjön kan också ha ett samband med rekryteringsproblemen för kustfiskbestånden av bland annat abborre och gädda som är kraftigt försvagad i Egentliga Östersjöns ytter-skärgårdsområden. Fältstudier och experiment indikerar att till-



gången på lämplig föda (djurplankton) under fiskarnas tidiga livsstadier kan vara orsaken till rekryteringsproblemen.

Sammantaget blir det svårt att nå miljökvalitetsmålet Hav i balans samt levande kust och skärgård till år 2020, möjligen kan vi uppfylla förutsättningarna för en god havsmiljö till år 2020. De marina ekosystemens återhämtningsförmåga och kommande förändringar i belastningen samt klimatförändringarna är avgörande för när miljökvalitetsmålet kan uppnås i sin helhet.

### Klimatförändringar i Östersjöområdet

Den globala uppvärmningen har varit cirka 0,05 grader per decennium från 1861 till år 2000, medan den i Östersjöområdet har varit 0,08 grader per decennium. Detta har visat sig bl.a. i att antalet mycket kalla dagar har blivit färre. Scenarierna för det framtida klimatet visar att atmosfären kommer att fortsätta att bli varmare i alla delar av Östersjöområdet. Regionala modeller visar en uppvärmning med cirka 3–5 grader för hela området under detta århundrade. Den största uppvärmningen förväntas norr och öster om Östersjön under vintermånaderna och söder om Östersjön under sommaren. Se avsnitt 3.5.4.

Det finns också en trend mot minskad förekomst av havsis. Den största förändringen har skett genom att issäsongen blivit kortare, den har minskat med 14–44 dagar under det förra århundradet. Den största förändringen har skett under andra halvan av seklet och de senaste 10 åren har alla varit genomsnittliga, milda eller extremt milda.

Östersjöns genomsnittliga ytvattentemperatur förväntas öka med mellan 2 och 4 grader enligt de scenarier vi använt. Detta leder bl.a. till en drastisk minskning i havsisens utbredning. Vid slutet av detta århundrade kommer Bottenhavet, stora delar av Finska viken, Rigabukten och de yttre delarna av Finlands sydvästra skärgård ett genomsnittså att vara isfria även under högvintern.

Det varmare klimatet i Östersjöområdet leder enligt de regionala klimatmodellerna till förändrade nederbördsmonster, generellt ökar årsnederbörden i den norra delen av avrinningsområdet och ökningen väntas bli större vintertid än sommartid. Regionalt kan de södra delarna bli torrare, särskilt sommartid. Dessa nederbördsförändringar ökar tillrinningen till Östersjön på årsbasis från de

norra delarna medan den minskar i de sydligaste delarna. (Helsinki Commission, 2007).

Utredningen anordnade tillsammans med Naturvårdsverket ett seminarium om effekterna på Östersjön av en klimatförändring. Resultaten från seminariet finns sammanfattade i bilaga B 33. Redovisningen nedan bygger på detta seminarium samt på Helsingforskommissionens sammanfattning (Helsinki Commission, 2007).

### Salthalts- och temperaturförändringar

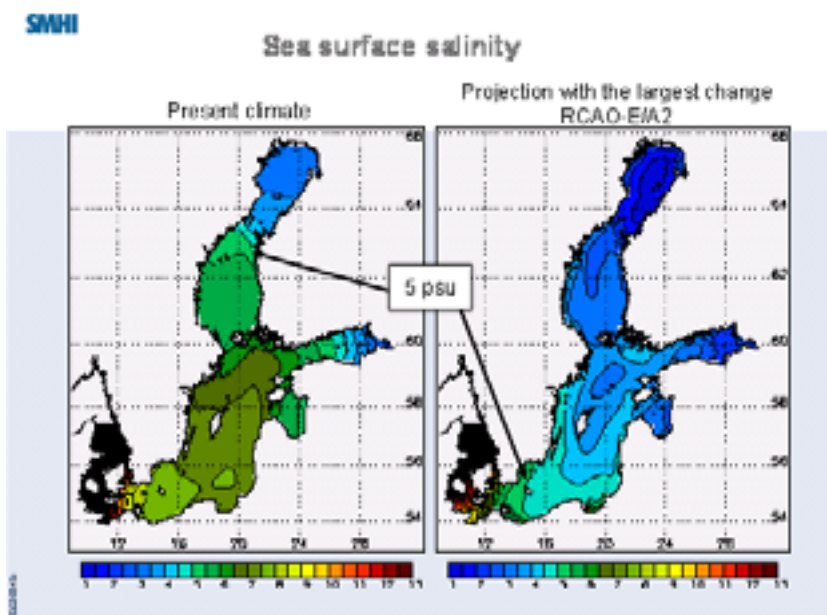
Östersjön är ett brackvattenhav där det biologiska livet har sitt ursprung antingen i saltvattenmiljöer eller i sötvattenmiljöer. Många arter lever på randen av sitt utbredningsområde och är utsatta för stress och därför känsliga för förändringar. Det finns en gradvis förändring från en låg salthalt i Bottenviken med relativt låg artrikedom till en betydligt högre salthalt i sydväst, väster om Bornholm.

Resultatet av RCAO-EA2-scenariet visar att i slutet av seklet kommer salthalten i ytvattnet att minska kraftigt. Haloklinen, språngskiktet mellan salt djupvatten och sötare ytvatten, kommer att ligga minst 20 m djupare än idag, vilket får stora effekter på det biologiska livet. Effekterna av RCAO-HB2-scenariet blir betydligt mindre.

En sådan förändring av salthalten i Östersjön ger mycket stora förändringar av det biologiska livet. Arter med marint ursprung som är beroende av en viss salthalt kommer i stort sett att försvinna från Östersjön norr och öster om Bornholm, se figur 4.48. Torsken försvinner med stor sannolikhet. Större delen av Östersjön kommer att domineras av ekosystem som mer liknar insjöförhållanden och den biologiska mångfalden minskar.

Denna utveckling bygger dock på ett globalt scenario som är relativt extremt vad gäller nederbörd och vind, Echam4. Om dagens vindförhållanden fortsätter gälla och nederbördsökningen blir mindre i enlighet med de scenarier som bygger på den andra globala modellen som vi använt i utredningen, HadAM3H så blir förändringarna mindre dramatiska. Vi saknar dock modellresultat som kan visa salthalten enligt detta scenario.

Figur 4.48 Salthalten i ytvattnet i dagens klimat och 2071–2100 enligt scenariet RCAO-EA2



Källa: Meier et al, 2006 med tillstånd av Springer Science and Business Media.

Alla scenarierna vi använt oss av visar en uppvärmning av Östersjön. Uppvärmningen av ytvatten beräknas bli mellan 2 och 4 grader i genomsnitt över året för olika scenarietörningar i olika delar av Östersjön. Detta ger bland annat en förändring i artsammansättningen och en förskjutning från kallvattenarter till varmvattenarter. Det kan också förväntas leda till invasion av främmande arter.

### Förändringar i omsättning och tillförsel av näringsämnen

De historiskt sett stora utsläppen av kväve och fosfor har skapat problem med övergödning i Östersjön som beskrivits ovan. Hur en klimatförändring påverkar omsättningen av kväve och fosfor i Östersjön är komplicerat och flera olika processer, delvis motverkande, är inblandade.

Tillrinningen beräknas öka med upp till 15 procent totalt för hela Östersjöområdet, mest i de centrala och norra delarna.

Eftersom det finns en samvariation mellan ökade flöden och ökad tillförsel av näringsämnen talar detta för en ökning av tillförseln av näringsämnen från dessa delar. Nya modellresultat från SLU, se bilaga B 33, visar dock att retentionen, dvs. upptaget av näringsämnen i sjöar och vattendrag ökar vid en förhöjd temperatur. Relativt lite av det ökade läckaget från jordbruksmark skulle därför nå Östersjön och istället leda till en ökad övergödning av sjöar och vattendrag.

Förutom utsläppens storlek påverkar en rad andra faktorer tillförseln av kväve och fosfor till Östersjön. Bl.a. bestämmer tidpunkter och omfattning av isläggning, snötäcke, vårfloed, vegetationssäsong m.m. hur mycket kväve och fosfor som når Östersjön. Klimatförändringen kan också väntas påverka omsättningen och fördelningen av näringsämnen i Östersjön genom förändringar i haloklinens djup, syrgashalter, förändringar i omblandning m.m. En klimatförändring som leder till en sänkning av haloklinen bör leda till att kvävehalterna ökar och fosforhalterna minskar.

Det är svårt att beräkna förändringarna i totalbalansen och det finns för närvarande ingen övergripande vetenskaplig samsyn om klimatförändringens påverkan på den totala näringstillförseln till Östersjön.

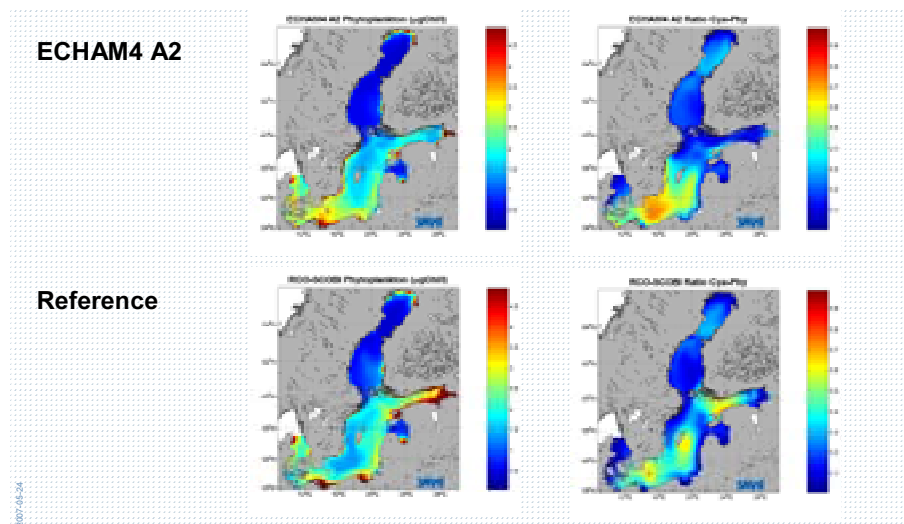
### Biogeokemisk modellering

Syrehalter, kväve- och fosforhalter samt planktonförekomst i ett förändrat klimat har modellerats av SMHI. Resultaten från modelleringen med RCAO-EA2 visar att mot slutet av seklet minskar syrehalterna i ytskiktet som följd av lägre syremättnadsnivåer. Syreförhållandena förbättras i norra Egentliga Östersjön på grund av att haloklinen ligger djupare. Syrehalterna minskar i södra Egentliga Östersjön och i de djupare delarna av Egentliga Östersjön. Resultaten visar vidare att fosforhalterna minskar något i Egentliga Östersjön medan kvävehalterna ökar.

Resultaten från modelleringen av fytoplankton och cyanobakterier enligt samma scenario visar att biomassan sommartid kommer att minska i norra Egentliga Östersjön medan biomassan ökar i den södra delen. Andelen cyanobakterier minskar i norra Östersjön medan den ökar i den södra delen av området. Se figur 4.49.

**Figur 4.49** Fytoplankton (till vänster) repektive andelen cyanobakterier (till höger) enligt RCOA-EA2 mot slutet av seklet jämfört med dagens nivå, säsongsmedelvärde för juni-september. Enligt SMHI:s SCOB1-modell, dagens kväve- och fosforbelastning från atmosfären och dagens koncentrationer i sjöar och vattendrag har använts i modellen

Phytoplankton – Seasonal mean (0–10 m juni-september 1969–1998)



Källa: Kari Eilola, 2007.

### Anpassningsåtgärder och överväganden

Problemen i Östersjön är stora och har funnits länge. Klimatförändringen kommer sannolikt att medföra stora förändringar som påverkar biologin i Östersjön kanske dramatiskt. Det som står klart är att om salthalten minskar med 45 procent, enligt ett av våra scenarier, så kommer förändringarna att bli dramatiska. I detta fall kommer Östersjön att likna Bottenviken och domineras av sötvattenarter.

Utvecklingen enligt det andra av de scenarier vi utgår ifrån, kommer inte att innebära någon sådan dramatisk förändring av salthalten. Temperaturen kommer dock att stiga med 2–4 grader och istäcket minska kraftigt. Detta leder också till stora förändringar i biologin, men det är svårt att närmare precisera dessa. Algblomningen kan både öka och minska. Hur tillförseln och

omsättningen av närsalter påverkas är komplicerat och några säkra slutsatser verkar inte kunna dras utifrån nuvarande kunskap.

Det är svårt att nå miljömålen i dagens situation och det kommer sannolikt att bli svårare mot bakgrund av klimatförändringen. Detta ökar trycket på att genomföra de åtgärder som tagits fram inom ramen för Helcom. Särskilt angeläget mot bakgrund av en klimatförändring är att minska utsläppen av näringsämnen samt att minska överfiskningen.

### Forskning och utveckling

De potentiella effekterna i Östersjön är mycket omfattande med stora konsekvenser för bl.a. fiske, turism och friluftsliv. Det är därför angeläget att öka kunskapen. Det behövs enligt vår mening mer forskning kring klimatförändringarna och effekterna på Östersjöns biogeokemi. Vi anser också att forskningen bör samordnas i ökad utsträckning. På grund av de komplicerade sambanden inom och mellan olika processer bör inriktningen vara att skapa modeller som kan samverka. Till detta behövs en ökad satsning, men också ett fokus som kan ge ökad samverkan.

## 4.6 Människors hälsa

Detta avsnitt bygger till stor del på rapporten *Hälsoeffekter av en klimatförändring i Sverige*, bilaga B 34.

Vissa sjukdomar och befolkningsgrupper är av speciellt intresse när man talar om hälsokonsekvenser av en klimatförändring. De viktigaste av dessa sjukdomar och grupper och deras samband med klimatförändringen beskrivs närmare i bilaga B 34.

### Dagens hälsoläge i Sverige

Allt färre insjuknar och dör i hjärt- och kärlsjukdomar. Det är dock den grupp sjukdomar som orsakar flest förtida dödsfall, samtidigt som dessa sjukdomar ofta innebär långvariga hälsoproblem och funktionsnedsättningar.

Allergierna fortsätter att öka. Drygt 30 procent av männen och 40 procent av kvinnorna i Sverige uppges ha astma, allergier eller

annan överkänslighet. Dessa besvär har mer än fördubblats de senaste 20–30 åren.

Hälsan förbättras för äldre, men detta gäller inte för de allra äldsta. De äldres sjukdomar kommer att ställa allt större krav på samhället och hälso- och sjukvården.

Infektionssjukdomarna är fortfarande ett väsentligt samhällsproblem. De var förr en dominerande dödsorsak, men har minskat drastiskt under 1900-talet. På senare tid har emellertid antibiotikaresistens gjort det svårare att behandla vissa infektionssjukdomar. Tillförlitliga data om förekomsten av infektionssjukdomar finns framför allt för de sjukdomar som omfattas av smittskyddslagens anmälningskyldighet.

### Ansvarsförhållanden

Socialstyrelsen ansvarar för frågor som rör bland annat hälso- och sjukvård, hälsoskydd, smittskydd och epidemiologi. Smittskyddsinstitutet har till uppgift att bevaka det epidemiologiska läget i fråga om smittsamma sjukdomar bland människor och främja skyddet mot sådana sjukdomar. Utöver dessa myndigheter så har Folkhälsoinstitutet uppgifter vad gäller folkhälsan. Sjukvården tillhandahålls naturligtvis i först hand av landstingen, men också privat. Kommunerna har ansvar för omvårdnad, bland annat hemvården.

#### 4.6.1 Extremtemperaturer

*Perioder med höga temperaturer blir vanligare och de högsta temperaturerna högre än i dag, vilket leder till en ökad dödlighet, särskilt för sårbara grupper. Framtida värmeböljor kan bli ett betydande problem som kräver motåtgärder.*

#### Olika gruppers känslighet för höga temperaturer

Extrem värme medför olika stora risker för olika individer beroende på deras hälsotillstånd. Det är framförallt äldre personer som löper stor risk. Denna grupp uppvisar flest antal dödsfall i samband med värmebölja. Sjukdomar som innebär särskild känslighet för värme är främst hjärt- och kärlsjukdomar, lungsjukdomar

och försämrad njurfunktion. Vissa läkemedel kan också förändra värmereglering, cirkulation och vätskebalans, särskilt betablockare (hjärtmedicin) och vätskedrivande mediciner. Psykiska funktionshinder, inklusive demenssjukdomar, kan medföra att man inte uppfattar riskerna med värmen.

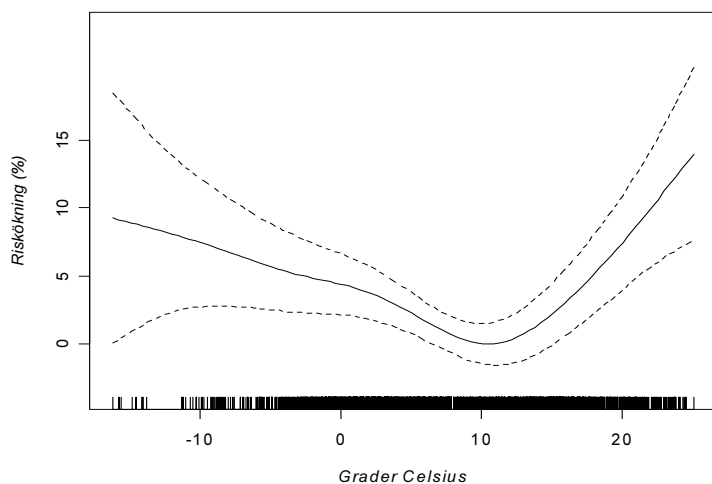
Beroende på dagens klimat och på lokal anpassning är den ur hälsosynpunkt, dvs. i detta fall det lägsta antalet dödsfall, optimala temperaturen olika för olika delar av världen. I Finland är den optimala temperaturen beräknad till 14 grader, i London cirka 20 grader, i Aten cirka 25 grader.

Den första svenska studien av hur temperaturen och värmeböljor påverkar dödligheten har nyligen genomförts och fokuserar på 41 församlingar inom Stor-Stockholm med cirka 1,1 miljoner invånare under 1998–2003 (Rocklöv och Forsberg, 2007).

Studien visar att dödligheten som beroende av dygnsmedeltemperaturen sett över helår har ett V-format utseende, se figur 4.50. Dödligheten är justerad för andra faktorer som influensa, säsong, tidstrend och veckodag. Vid den lägsta relativa risken enligt figuren har man en *optimal temperatur* motsvarande den temperatur där dödligheten är lägst, för Stockholm 11–12 grader. Av figuren framgår att snittet av den procentuella ökningen av dödligheten är uppemot 15 procent vid 25 grader och uppemot 10 procent vid -15 grader. Det framgår också att dödligheten ökar betydligt kraftigare för höga temperaturer än för låga.



**Figur 4.50** Effekten av dygnsmedeltemperaturen på dagligt antal dödsfall justerad för årstid, tidstrend, veckodag och influensa



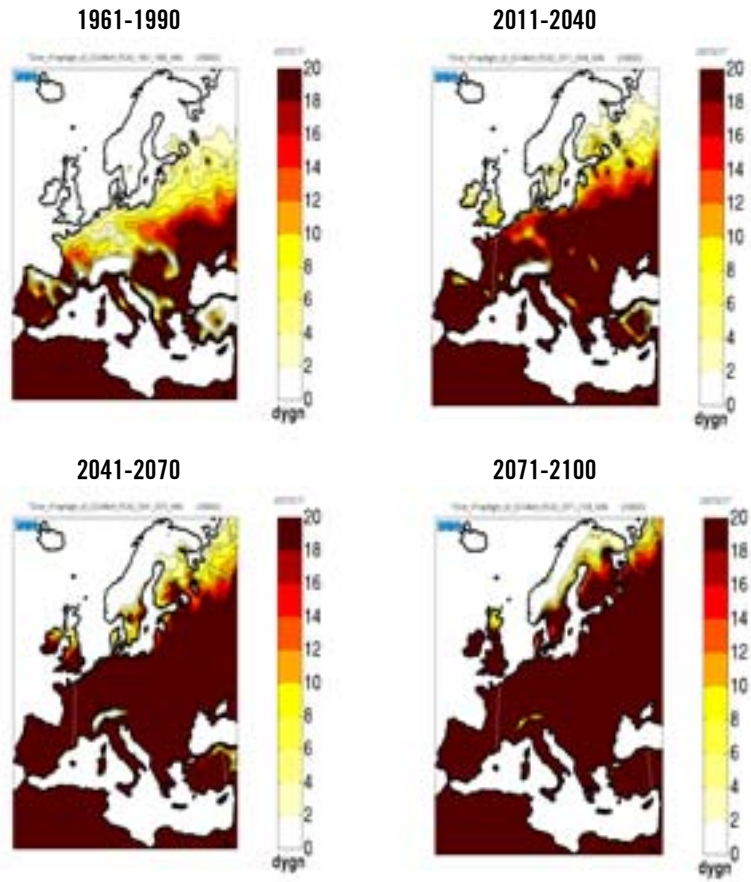
Källa: Rocklöv och Forsberg, 2007.

### Konsekvenser av höga temperaturer

Då Europa drabbades av en svår värmebölja i augusti 2003 beräknas över 33 000 personer ha avlidit som en direkt följd av värmen, ett antal som inte kunde förutsägas av normaldata. Vid framtida värmeböljor med högre temperaturer än vi hittills varit vana vid kan effekterna komma att bli mer dramatiska än vad befintliga data förutsäger.

En tydligt ökad dödlighet har iakttagits redan efter 2 dagars ihållande värme. Perioder med höga temperaturer förväntas bli vanligare i Sverige och de högsta temperaturerna högre än i dag. I de sydligaste delarna av landet kommer temperaturen under de varmaste dagarna proportionellt sett öka mer än medeltemperaturen. Antalet tropiska nätter, dygn då temperaturen aldrig går under 20 grader, kommer att öka kraftigt i södra och mellersta delarna av landet och utmed Norrlandskusten och kan under perioden 2071–2100 komma att motsvara dagens antal i Sydeuropa, se figur 4.51. Scenariet som åskådliggörs i figuren bygger på den modell och det utsläppscenario som ger den största temperaturökningen, RCA3-EA2.

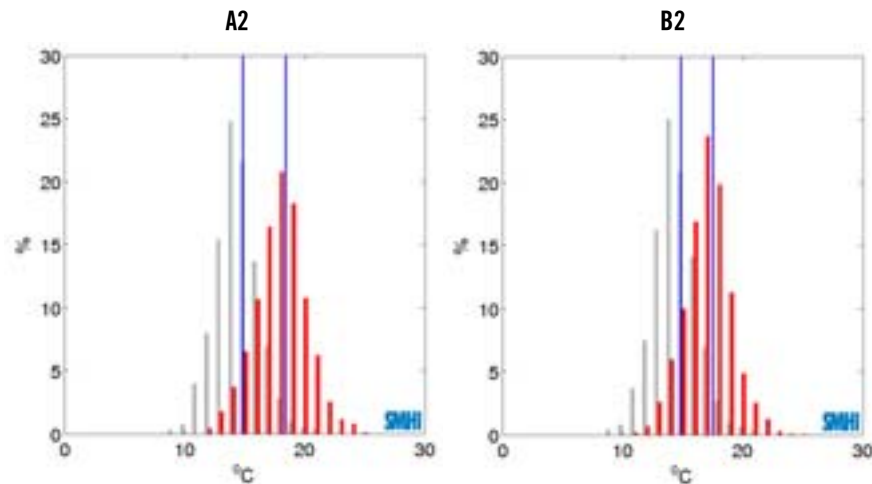
Figur 4.51 Antal tropiska nätter per år. Övre vänstra kartan visar perioden 1961–1990, därefter följer modelleringar för perioderna 2011–2040, 2041–2070, och 2071–2100. (RCA3-EA2)



Källa: SMHI, 2007.

Effekten av ett varmare klimat på dödligheten i Stockholmsområdet har studerats av Rocklöv och Forsberg, 2007, se figur 4.52.

**Figur 4.52** Fördelning av sommartemperaturer i Stockholm 1961–1990 (grått) och 2071–2100 (rött). Den vänstra figuren bygger på IPCC:s utsläppsscenario A2 och den högra på utsläppsscenario B2. Blå medianer 1961–1990 och 2071–2100.



Källa: Rocklöv och Forsberg, 2007.

Utgående från datamaterialets temperaturer för år 1998–2003, så kan sommartemperaturerna i Storstockholmsområdet tänkas öka med ytterligare 3–4 grader i scenario A2 och 2–3 grader i scenario B2 fram till år 2100. Den ökade dödligheten redovisas i tabell 4.35.

**Tabell 4.35** Ökad dödlighet i Storstockholm för ökade sommartemperaturer, jämfört med 1998–2003, och vid vilka år denna temperatur uppnås enligt scenarierna A2 och B2

Temperaturökning Grader	Ökning av dödligheten		Tidpunkt A2	Tidpunkt B2
	Antal	%	År	År
1	29	1,2	2025–2040	2025–2040
2	60	2,4	2060–2070	2080–2090
3	94	3,8	2090	2100
4	131	5,3	2100	-

*Källa:* Rocklöv och Forsberg, 2007.

En viktig osäkerhet i skattningen är antagandet att människornas känslighet är densamma i framtiden utan hänsyn tagen till åldersfördelning i populationen eller acklimatisering. Detta kan innebära att effekterna överskattas. Å andra sidan kan man förvänta sig en kraftig underskattning av effekter av temperaturer som överskrider de som använts vid framtagandet av modellen, i synnerhet vid längre sammanhängande perioder med höga temperaturer. Likaså torde antal fall underskattas att den genomsnittliga åldern ökar. Vi kan inte heller vara säkra på att den fördelning av sommartemperaturer som uppmäts i datamaterialet är representativ för framtiden. Det är sannolikt att temperaturen ökar mer de allra varmaste dagarna än den gör i genomsnitt.

### Färre köldknäppar ger positiva hälsoeffekter

Kyla är också förknippat med dödsfall och hälsoeffekter. Ett mildare vinterklimat i Sverige, med färre så kallade köldknäppar, kommer därför att innebära positiva effekter med en minskning av antalet direkt köldrelaterade dödsfall och förfrysningar. Mildare vintrar bidrar också till att minska antalet episoder med försämring av hälsotillståndet hos personer med kärlkramp, kroniska hjärt- och lungsjukdomar samt reumatiska besvär. Färre riktigt kalla vinterdygn kan å andra sidan ge en ökad förekomst av fästingar och parasiter.

## Anpassningsåtgärder och överväganden

Det höga antalet dödsfall som förekom på kontinenten i samband med värmeböljan 2003 visar på ett behov av snabb anpassning. Detta gäller även om de temperaturer vi har att vänta i Sverige inte blir lika höga, eftersom känsligheten för höga temperaturer är större hos oss. Frankrike införde redan året därefter ett varningssystem där meteorologiska prognoser kopplades direkt till hälso- och sjukvårdsresurser. I USA har noterats markant lägre antal dödsfall i områden med effektiv kylning inomhus.

Det är väsentligt att möjligheter till kylning finns på sjukhus, sjukhem och andra lokaler där sjuka eller äldre vistas, så att inomhustemperaturen kan hållas inom rimliga värden även om det blir en värmebölja. Detta kan åstadkommas genom att nya lokaler planeras så att höga temperaturer förhindras, t.ex. genom byggnadstekniska åtgärder eller genom luftkonditionering. I befintliga lokaler kan luftkonditionering behöva installeras. Solavskärming, markiser, skuggande träd är andra alternativ.

I stadsplaneringen bör även de ökande temperaturerna sommartid beaktas vid utformningen av bebyggelsen. Detta kan kräva ett nytänkande eftersom det framtida klimatet högst sannolikt kommer att medföra extrema värmeböljor som vi tidigare i vårt land inte har någon erfarenhet av. Byggnader har en mycket lång livslängd och en omställning bör därför inledas tidigt för att anpassningen ska kunna göras vid nybyggnation och vid renoveringar och ombyggnader, se avsnitt 4.3.5.

Avkylningsmöjligheter på akut-, intensiv- och hjärtavdelningar bör införas som standard över hela landet. Behovet av avkylning bör inventeras för andra lokaler än de ovan nämnda. Energi-effektiva lösningar som fjärrkyla bör eftersträvas.

Beredskapen för värmeböljor bör ses över och sårbara grupper bör identifieras. Exempelvis bör handlingsplaner utarbetas för hur t.ex. hemtjänsten kan bistå utsatta grupper i samband med en värmebölja.

Ett tidigt varningssystem för värmeböljor motsvarande det som infördes i Frankrike i juni 2004 men skraddarsytt utifrån svenska förhållanden skulle kunna utvecklas av SMHI i samarbete med kommuner och landsting. Ett sådant varningssystem bör samordnas med de etablerade varningssystemen som utvecklats av SMHI och Räddningsverket, se avsnitt 5.3.1.

## Forskning och utveckling

Det behövs mer forskning kring höga temperaturer och hälsoeffekter, bl.a. för att precisera vilka temperaturvariabler som bäst uttrycker riskförändring i olika delar av landet.

## Förslag

- I instruktionen till socialstyrelsen ska framgå att myndigheten får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sitt ansvarsområde, se avsnitt 5.10.2
- Socialstyrelsen bör få i uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag för kommuner och landstings beredskap för värmeböljor. Underlaget bör innefatta förslag på åtgärder för att kyla lokaler och för att identifiera och nå känsliga grupper.
- SMHI bör få i uppdrag att utreda möjligheterna till varnings-system, se avsnitt 5.3.1.

### 4.6.2 Ändrad luftkvalitet

*Luftföroreningarna kan väntas öka något på grund av klimatförändringen, men andra faktorer ger större förändringar.*

Koncentrationen av luftföroreningar och depositionen av försurande och övergödande ämnen kommer inte vara densamma i framtiden jämfört med i dag. En rad internationella överenskommelser, senast det så kallade Göteborgsprotokollet talar för signifikanta minskningar i Europas utsläpp, i framtiden. Även utsläppsförändringar i Nordamerika och Asien kommer att påverka luftföroreningshalter och deposition i Europa.

En klimatförändring kommer att påverka vindriktningar och nederbördsmonster liksom många andra väderberoende processer i atmosfären, som kemisk och fysikalisk omvandling som styr halten av luftföroreningar. En framtida klimatförändring kommer dessutom sannolikt leda till förändringar av mänskliga och naturliga utsläpp.

Hälsoeffekter av luftföroreningar är i dag ett stort problem i Europa. Utsläppen kommer att påverkas av många faktorer fram-

över. I nedanstående avsnitt har endast hänsyn tagits till effekter av en framtida klimatförändring utifrån dagens utsläppsnivå.

### **Klimatförändringens påverkan på marknära ozon**

Förhöjda ozonhalter försämrar hälsan för astmatiker och andra känsliga grupper. Ozonhalten kan samverka med höga temperaturer, som är en risk för gamla och svaga personer, och på så sätt påverka dagligt antal dödsfall.

Utsläppen av kväveoxider och kolväten (flyktiga organiska ämnen), som bildar marknära ozon, förväntas minska i Sverige, liksom i övriga Europa, framöver. Modellsimuleringar av effekterna på luftmiljön av ett förändrat klimat, antyder en möjlig ökning av ozonhalten med 1–2 procent per decennium fram till 2050 i centrala och södra Europa, framförallt under sommaren vid oförändrade utsläpp och bakgrundshalter. Maxhalterna ökar mer än medelhalterna. I Skandinavien beräknas ozonkoncentrationerna ändra sig endast lite. Södra Sverige kan möjligen få en svag ökning av ozonhalterna under vår, sommar och höst medan norra Skandinavien kan vänta sig minskade ozonhalter. Se figur 4.53. (Engardt och Foltescu, 2007)

### **Klimatförändringens påverkan på partiklar**

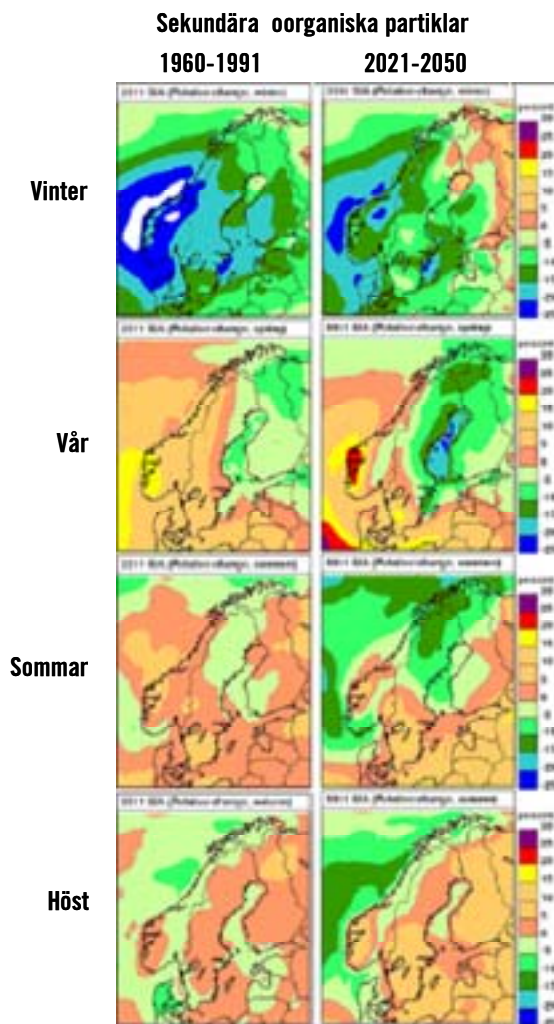
Sambandet mellan partikelhalten och mortaliteten är liksom sambandet med lung- och även hjärtbesvär mer väldokumenterat än motsvarande samband för ozonhalter. Redan måttligt förhöjda partikelhalter ökar antalet fall av akut hjärtsjukdom.

Modellsimuleringar som enbart visar effekten av förändringar i klimatet, se figur 4.53, visar att halten av sekundära oorganiska partiklar (SIA), bestående av sulfat, nitrat och ammonium, kan komma att öka signifikant, med 3–5 procent per decennium, fram till 2050. Detta gäller i hela kontinentala Europa under alla årstider förutom vintern. Södra Skandinavien torde få en måttlig ökning av SIA med upp till 2 procent per decennium under framför allt vår och sommar, medan de norra delarna av Skandinavien uppvisar minskande SIA-halter under alla årstider enligt scenarierna. Den totala mängden partiklar i atmosfären kan dock komma att påverkas ännu kraftigare av klimatförändringarna, eftersom upp-

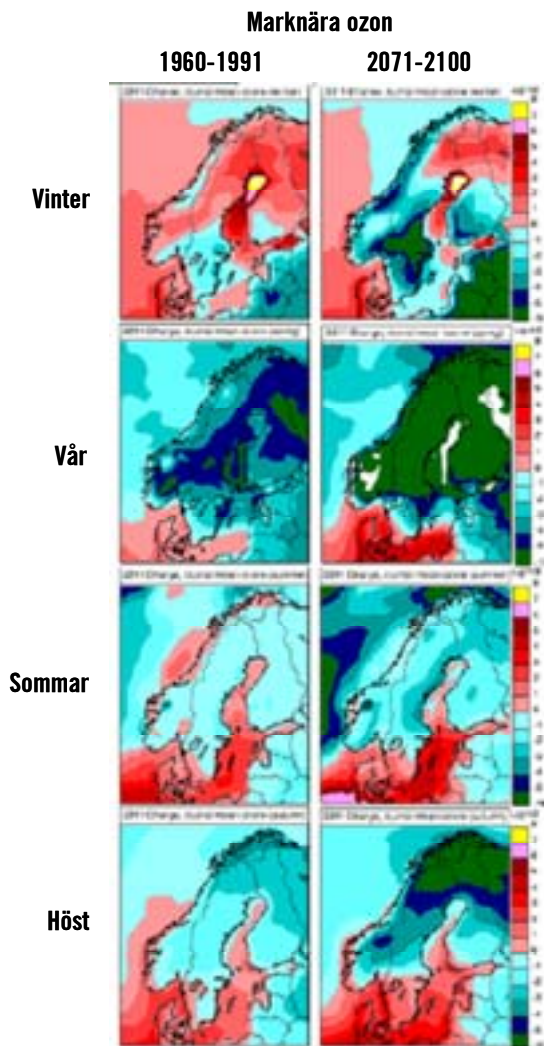
virvlat stoft från uttorkade marker i södra och centrala Europa förväntas öka då nederbörden beräknas minska i dessa områden. (Engardt och Foltescu 2007; Kjellström et al. 2005)

**Figur 4.53 Modellerad förändring i sekundära oorganiska partiklar (SIA) och marknära ozon**

Vänstra kartsekvensen visar relativ procentuell förändring av dygnsmedel-koncentrationen av sekundära oorganiska partiklar (SIA) över Norden mellan dagens och framtida klimat under olika säsonger. Högra kartsekvensen visar modellerad 3-månaders medelhalts (dag + natt) förändring av marknära ozon. Kartraderna från topp till botten visar följande perioder: vinter (dec-feb), vår (mars-maj), sommar (juni-aug), höst (sep-nov). Inom kartsekvenserna visar vänstra kartraden förändringen mellan 1960–1991 och 2021–2050, samt den högra förändringen mellan 1960–1991 och 2071–2100.







Källa: Engardt och Foltescu, 2007.

## Pollenallergier

I Sverige är cirka 15–20 procent av unga vuxna allergiska mot pollen. Totalt står pollenallergierna, för cirka 40 procent av alla allergier i Sverige. Björk, al och hassel framkallar flest allergier av lövträden. Många olika gräsarter kan ge upphov till allergi, även om mängden producerad pollen varierar avsevärt mellan olika arter.

Björk, gräs och gråbo är i dag de vanligaste enskilda allergiframkallande växterna i Sverige.

Ett flertal rapporter från Europa och Nordamerika har visat att pollensäsongen under senare år startar allt tidigare (IPCC, 2007; Menzel et al, 2006).

Laboratorieförsök har visat att en ökad halt av koldioxid i luften ökar mängden pollen hos ambrosiaarter, främst malörtsambrosia eller *ragweed*, som i USA är en av de mest allergiframkallande av de pollenproducerande växterna (Wayne et al., 2002). Malörtsambrosia har kommit till Europa via förorenat utsäde och har med början i Ungern respektive Rhônedalen i Frankrike spridits kraftigt, framför allt i Öst- och Centraleuropa. Överallt där den fått fäste, bidrar den till sensibilisering, dvs. ökad benägenhet att få allergier. Malörtsambrosia finns nu också på många olika platser i södra Sverige och upp längs Norrlandskusten.

Förändrade årstider och en förlängd växtsäsong kan komma att ge en förändring i utbredningen av pollenproducerande arter och i pollensäsongens start, längd och intensitet. I de södra och framförallt mellersta delarna av landet kommer lövträd att bli alltmer konkurrenskraftiga gentemot barrträden. Detta kan resultera i en större förekomst av lövträd, se avsnitt 4.4.1 och leda till en ökning av pollenallergier.

### **Inomhusluft**

Sverige har tillsammans med övriga nordiska länder och Kanada världens tätaste bostäder. En ökning av utomhustemperaturen kommer att betyda en ökad fuktbelastning inomhus, vilket kan medföra mer mikrobiell belastning och mer husdammskvalster. Detta, tillsammans med effekter av ökad nederbörd och frekventare översvämningar ökar risken för mögel- respektive kvalsterallergier.

### **Anpassningsåtgärder och överväganden**

Klimatförändringarna kommer att ändra förutsättningarna för arbetet med att minska luftföroreningarna. Det är viktigt att scenarier för klimatförändringar integreras i modeller och åtgärdsplaner för framför allt marknära ozon och partiklar. Bland annat

bör effekter av klimatförändringen beaktas vid arbete med miljömålet Frisk luft, som Naturvårdsverket ansvarar för.

Ökad fönstervädring på sommarhalvåret, eller ventilation på annat sätt, kan motverka ökad fukthalt och därmed mögel- och kvalsterproblem. Socialstyrelsen bör bevaka problemet och om det ökar, informera kring frågan.

Boverket bör vid utformningen av regelverk och rekommendationer beakta behovet av att använda andra material i bostäder och arbetsplatser i områden där problem med fukt kan uppkomma. Se avsnitt 4.3.5 och bilaga B 17.

## Forskning och utveckling

Det behövs mer forskning kring den samlade effekten av förändrade emissioner och förändrat klimat för den framtida luftkvaliteten i Sverige. En kritisk faktor i beräkningarna är också prognostiseringen av regional nederbörd i Europa. Södra Skandinavien ligger i gränsområdet mellan ökad och minskad nederbörd, i norra Europa respektive Centraleuropa. Här råder det starka nord-syd gradienter hos de föroreningar vars förekomst till stor del styrs av nederbörden. Det innebär att södra Skandinavien i synnerhet är känsligt för förändringar. Om gränsen till torra skulle flyttas något norrut kan åtminstone södra Sverige få betydligt högre halter av både marknära ozon och sekundärt bildade partiklar. Simuleringarna av atmosfärskemi bör upprepas med indata från flera olika globala klimatscenarier och/eller klimatmodeller på global- och regionalskala för att göra en analys som beaktar osäkerheten hos nederbördsförekomsten i gradientområdet.

Forskning kring bl.a. orsaker till uppkomsten av allergier, spridning av pollen och möjliga motmedel är viktig mot bakgrund av den ökning av allergier som kan förväntas vid klimatförändringen.

### 4.6.3 Hälsoeffekter av översvämningar, stormar, ras och skred

*Den ökade risken för översvämningar, ras och skred ger risk för personskador och ökade problem för bl.a. sjukvård och hemtjänst.*

#### Konsekvenser av en klimatförändring

Extrema väderhändelser som stormar, översvämningar, ras, och skred kan skapa problem med allt från personolyckor till avbrott i el- och vattenförsörjning, se bland annat avsnitt 4.3.1 och 4.3.2. Detta kan ge problem för hälso- och sjukvården genom att t.ex. ambulanstransporter och hemtjänsten lamlås.

Risken för infektionssjukdomar ökar efter en översvämning, till exempel genom otillräcklig nedkylning av livsmedel på grund av elavbrott eller på grund av inläckage av smittämnen i dricks- och utomhusbadvatten. Risk för vattenburen exponering för kemiska ämnen kan också förekomma på grund av läckage från industri- mark, gamla deponier och serviceanläggningar. Särskilt utsatta är sårbara grupper som äldre, handikappade och sjuka. Psykologiska effekter är också vanliga efter större katastrofer.

Lokalt finns risk för att översvämningar, ras och skred kan frilägga gamla kemisk-toxiska deponier liksom nedgrävda antraxsmittade (mjältbrand) djurkadaver. Det senare skapar framförallt smittorisk för utegående djur i området, men även människor kan utsättas.

#### Anpassningsåtgärder och överväganden

Samhället bör vara förberett på fler och intensivare extrema väderhändelser och naturolyckor. Vid krislägen bör fokus ligga på sårbara grupper. Ensamboende äldre liksom fysiskt och psykiskt handikappade bör aktivt uppsökas.

Länsstyrelserna bör kartlägga kända deponier, industrimark och antraxsmittade djurgravar etc. för att få en heltäckande karta över riskområden vid översvämningar, ras, skred och erosion, se avsnitt 4.3.6.

#### 4.6.4 Smittspridning

*Ett varmare klimat med ökad nederbörd ger en ökad risk för smittspridning. Spridningsmönster för smittsamma sjukdomar kommer sannolikt att förändras och helt nya sjukdomar och sjukdomsbärare kan komma in i landet. Osäkerheterna och risken för överraskningar är dock stora.*

Spridning av virus, bakterier och parasiter orsakar många slags sjukdomar. Spridningen bl.a. genom vatten, livsmedel och olika vektorer, dvs. djur, insekter, spindeldjur m.m. kommer sannolikt att öka i ett varmare klimat.

#### Hälsoeffekter av klimatpåverkan på vattenflöden och vattenkvalitet

Ändrade vattenflöden, såväl ökande som minskande, kan ge upphov till negativa hälsoeffekter. Vid översvämningar, ras och skred kan spridning av smittämnen och kemisk-toxiska ämnen som förekommer i jord och mark förorena vattentäkter, betesmark, badvatten i utomhusbad, och bevattningsvatten. Avloppsvatten kan läcka in i dricksvattentäkter och i ledningar. Riskerna för vattenburna sjukdomsutbrott ökar då. De smittämnen man mest oroar sig för hos människa är *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, norovirus och VTEC (EHEC), varav den senaste vanligen ger de allvarligaste sjukdomssymtomen, se bilaga B 34.

Hur stora utbrotten kommer att bli beror inte bara på omfattningen av t.ex. översvämningar i olika områden utan också på andra förhållanden, som förekomst av smittämnen och olikheter i utformningen av de lokala vatten- och avloppssystemen. Ett enda utbrott kan omfatta allt ifrån några tiotal till flera tiotusentals fall.

Ökade vattenflöden kan bidra till läckage av smittämnen från avlopp och förorenade betesmarker till badplatser. Med ett ändrat klimat kommer badsäsongen också att förlängas och fler människor kommer att bada oftare. Detta i kombination med högre vattentemperaturer kan öka risken för spridning av vissa mag-tarm bakterier, hudinfektioner som badklåda och systeminfektioner.

Badsårfebersvibrier är ett för Sveriges del nytt allvarligt problem. Dessa smittämnen finns i svenska vatten men tillväxer inte förrän vid vattentemperaturer över 20 grader. Den optimala

salthalten för dessa vibrierer är 0,4–1,7 procent, alltså som i Östersjön sommartid, men de påträffas även i sötvatten. Risken för utbrott av badsårsfeber kommer att öka under detta sekel i Östersjön ända upp mot Umeåtrakten.

Toxiska algbloomningar (cyanobakterier) uppträder i både sött och bräckt vatten. De gynnas av högre vattentemperaturer och kan i näringsrika vatten ge upphov till hälsovådliga koncentrationer. Algbloomningar kommer sannolikt att öka i sjöar och vattendrag. För Östersjön råder en viss osäkerhet om utvecklingen, se avsnitt 4.5.2 och 4.5.3. Det är framför allt småbarn och djur som riskerar att insjukna om de badar eller dricker av vatten med pågående skadlig algbloomning.

### Hälsoeffekter av klimatpåverkan på livsmedel

Ett varmare klimat under sommarmånaderna förväntas öka antalet matförgiftningar genom att risken ökar för att livsmedel utsätts för höga temperaturer genom att kylkedjan för livsmedel bryts eller att maten inte hanteras adekvat vid tillredning och förvaring hos konsumenterna. Mikroorganismer som *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* och *Salmonella*, tillväxer snabbt i många livsmedel om de inte kylförvaras.

Smittspridning genom bevattning med förorenat vatten vid livsmedelsproduktion kan komma att öka genom en ökad risk för översvämningar.

Svensk livsmedelsproduktion kommer att behöva anpassa sig till en högre temperatur och högre luftfuktighet och till perioder med extrem nederbörd och torka. Detta kommer att medföra ökade kostnader och ökade krav på kvalitetsstyrning för att förhindra en ökning av livsmedelsburna sjukdomsfall och utbrott.

### Ändrade smittspridningsmönster

Förändringar i årstidernas längd och klimat påverkar ekosystemen och den biologiska mångfalden. Tidiga tecken på klimateffekter syns ofta tydligast i områden nära arternas utbredningsgränser både vid den nordliga gränsen och på höga höjder. Där är ofta klimatet den begränsande faktorn genom att säsongerna kan vara för kalla eller för korta för en arts överlevnad, förökning eller tillväxt.

Under de senaste decennierna har ett flertal europeiska arter ändrat sina utbredningsområden. Bland annat har fågelarter och insekter expanderat norrut. Fästingar finns i dag spridda över nästan hela landet.

Förskjutning av årstider kan få effekter för ett flertal s.k. vektorburna sjukdomar där smittämnen i naturen överförs av olika djurarter, som gnagare, fåglar och rävar, hos insekter, mygg, knott mm, eller av spindeldjur framför allt fästingar. Mildare vintrar ger ökad överlevnad för smittspridande arter. Det finns också risk för indirekta effekter som att mildare vintrar, mindre skarsnö och en förlängd växtsäsong ökar antalet värddjur i ett område, vilket gör att exempelvis fästingar lättare hittar blodföda och därmed i sin tur kan öka i antal.

Ekosystemsförändringar kan uppkomma successivt eller abrupt. Helt nya artsammansättningar kan uppstå i ett område och detta kan skapa möjligheter för nya smittämnen att etablera sig lokalt. Ett smittämne kan t.ex. komma att spridas med en ny typ av vektor.

### Ändrad risk för infektionssjukdomar

I tabell 4.36 redovisas en riskbedömning för olika sjukdomar vid en klimatförändring. Riskbedömningen tar hänsyn både till sambandet med klimatförändringen och till hur allvarliga konsekvenserna kan bli för hälsoläget i Sverige. Djursjukdomar behandlas i avsnitt 4.4.2.

Bland de infektionssjukdomar som ger de största riskerna vid en klimatförändring märks olika vektorburna sjukdomar. Det gäller både de i dag i Sverige förekommande fästingburna sjukdomarna borrelios och TBE och vissa andra vektorburna sjukdomar som i dag inte betraktas som inhemska. Endast borreliainfektion bedöms ha mycket hög risk. Uppskattningvis insjuknar varje år cirka 10 000 personer i landet. En förväntad ökad risk för borreliainfektion i södra och mellersta delarna av landet kommer att innebära betydligt fler fall i dessa områden samtidigt som sjukdomen förväntas spridas till stora delar av Norrland, undantaget fjälltrakterna.

En mycket allvarlig europeisk vektorburen sjukdom som skulle kunna komma att etablera sig i Sverige under detta sekel är visceral leishmaniasis, som sprids av sandmygga och har en direkt temperaturkoppling. Det är vanligt att man kan bli övergående infekterad med *Leishmania*-parasiten utan att utveckla symtom, men om en

person samtidigt är HIV-infekterad blir sjukdomsförloppet synnerligen allvarligt med en medelöverlevnad på endast 13 månader.

Badsårsfeber hos människa ingår också i högriskgruppen av infektionssjukdomar genom att sjukdomen har så allvarliga följder. Sjukdomen kan ge blodförgiftning med hög risk för dödsfall. Den är direkt kopplad till vattentemperaturen och drabbar framför allt äldre. Sjukdomen som i media kallades kolera i samband med ett utbrott sommaren 2006 gav upphov till tre dödsfall.

Några livsmedels- och vattenburna infektionssjukdomar uppvisar också en förhöjd risk (medelhög) för vid en klimatförändring. Det gäller framförallt VTEC, cryptosporidos, campylobacter-infektion, algtoxinförgiftning, legionella och toxinmatförgiftning.

West Nile virus är en myggöverförd sjukdom som finns i Europa. Fåglar fungerar som reservoardjur och som kan drabba människa och häst. West Nile virus kan tänkas etablera sig i Sverige. Myggorna som sprider sjukdomen finns redan i landet, men ännu har ingen smittspridning påvisats.

Malaria, som ofta förekommer i debatten, kommer sannolikt inte att bli ett problem i Sverige, trots en trolig ökad förekomst av malariamyggor i de södra och mellersta delarna av landet. All smittspridning upphör nämligen om alla infekterade personer i ett område ges behandling, vilket svensk sjukvård bör ha goda möjligheter att erbjuda.

Sverige kommer också att få ett ökat antal fall av infektionssjukdomar där smittan erhållits utomlands på grund av ett ökat globalt smittryck.



**Tabell 4.36** Sammanfattande klimatrisk-konsekvensbedömning för infektionssjukdomar i Sverige hos människa. Riskbedömningen bygger dels på hur starkt sambandet är mellan sjukdoms-risikökning och en klimatförändring i Sverige och dels på hur viktig sjukdomen är, dvs. dess konsekvens för hälsoläget i Sverige. För närmare sjukdomsbeskrivningar se bilaga B 34. INF=infektion, sjd=sjukdom.

Klimatkoppling i Sverige	Mycket starkt samband	BADKLÅDA – badvatten	ALGTOXIN-badvatten	BADSÅRSFEBER (VIBRIO)-badvatten; dödlig blodförgiftning	BORRELIAINF.-fasting; följdbesvär fr leder, hjärta, nervsystem, hjärnhinneinflamm.	
	Starkt samband		CRYPTOSPORIDIUM-INF-mat/vatten; diarrésjd LEGIONELLAINF. - vattendroppar/luftkond.; svår lunginflamm. TOXINMATFÖRGIFTN.-diarrésjd	TBE – fasting; hjärninflammation CAMPYLOBACTER-INF- mat/vatten; diarrésjukdom VTEC- mat/vatten; blodig diarré, HUS	VISCERAL LEISHMANIASIS* - Sandmygga; inre organ angrips, dödlig	
	Medelstarkt samband	MALARIA* - mygga; allvarlig febersjd	LEPTOSPIRAINF. – gnagare; allvarlig febersjd CALICIVIRUS – vatten/mat/bad/direkt kontakt; diarrésjd HARPEST- mygga; bölder, lunginflammation	SALMONELLA-INF. - mat/vatten; diarrésjd, ledbesvär	WEST NILE FEBER* mygga, febersjd, neurologiska symtom	
	Svagt samband		AEROMONASINF. - mat/vatten; diarrésjd GIARDIAINF.- mat/vatten/kontakt smitta; diarrésjd LISTERIAINF.- mat; febersjd, ev blodförgiftning, hjärnhinneinflammation	DENGUEFEBER* - mygga; febersjd		
	Mycket svagt samband		ROTAVIRUS-mat/vatten; diarrésjd STELKRAMP – jord; dödlig sårinfektion	HEPATIT A -mat/vatten; gulsot TYFOID/PARATYFOID*- mat/vatten/kontakt smitta diarrésjd; komplikationer SHIGELLAINF.* mat/vatten/kontakt smitta; diarrésjd,		
		1	2	3	4	5
<b>Konsekvens för hälsoläget i Sverige</b>						
		Mycket begränsade	Begränsade	Allvarliga	Mycket allvarliga	Katastrofala
Risk vid klimatförändring:				* Stark klimatkoppling utomlands		
		Mycket Hög Risk				
		Hög Risk				
		Medelhög Risk				
		Låg Risk				
		Mycket Låg Risk				

## Anpassningsåtgärder och överväganden

Ökad risk för smittspridning vid en klimatförändring är ett betydande potentiellt problem. Ett antal olika sjukdomar och sjukdomsbärare kan identifieras som kan komma att spridas in över landet. Det är dock svårt att förutsäga och beräkna effekterna. Det finns ett antal exempel på spridning norrut i takt med ett varmare klimat, t.ex. fästingspridningen och med den borrelia och TBE. En skärpt uppmärksamhet inriktad på nya sjukdomar och sjukdomsbärare är ytterst viktig.

Riskerna för spridning av vattenburen smitta kan minskas genom en effektivare rening av dricksvattnet. Kostnaderna för en ökad avskiljning/inaktivering av mikroorganismer i vattenverk har uppskattats till 1 300 miljoner för 2011–2040, se avsnitt 4.2.5 och bilaga B 13. Åtgärderna motverkar de ökande riskerna för vattenburna sjukdomsutbrott. Ytterligare förändringar av de mikrobiologiska riskerna längre fram i tiden är svåra att bedöma, men ger sannolikt lägre kostnader.

Vid planering och drift av badplatser bör risken för smittspridning från betesmark beaktas. Längre avstånd krävs mellan badande och betande djur på grund av risken för betesmarks-läckage. Provtagning och övervakning kan behövas i ökad omfattning på badplatser där risker ändå finns. Det är angeläget att allmänheten får riskinformation om bl.a. badsårsfeber, t.ex. vid översvämningar eller långvariga höga vattentemperaturer.

De högre temperaturerna under fler månader ger oss fler röt månader och ökade problem med livsmedelshanteringen. Vi får ett klimat som ställer högre krav på livsmedelshygien än vi är vana vid. Information behövs till konsumenterna om basal hygien samt hur livsmedel bör hanteras vid höga temperaturer.

Klimatförändringen och den ökade globala rörligheten ger en ökad risk för smittspridning. Genom att den globala utbredningen av många infektionssjukdomar kommer att förändras framöver så kommer riskinformation, vaccinationsrekommendationer och dylikt behöva uppdateras kontinuerligt.

Sverige har i dag 2 miljoner individer som använder enskilda vattentäcker. Socialstyrelsen och SGU bör informera permanentboende och sommarboende med enskilda vattentäcker om risken för sämre vattenkvalitet. Se vidare avsnitt 4.2.5.

Utökad fortbildning i infektionssjukdomar av personal inom hälso- och sjukvårdssektorn respektive av veterinärmedicinsk per-

sonal behövs med tanke på ett ökande smittryck globalt och risk för att helt nya infektionssjukdomar kan komma att etablera sig i landet, se avsnitt 5.9.

### Forsknings- och utvecklingsfrågor

- Ny effektiv och snabb sanering av dricksvattensystem behöver utvecklas.
- Nya metoder bör utvecklas, eller anpassas för svenska förhållanden, för hantering och lagring av livsmedel vid ett varmare och fuktigare klimat.
- Ökad kunskap behövs om smittämnen överlevnad i mark, efter föroreningar i samband med översvämningar och mer långsamt ökade flöden, samt om möjliga motåtgärder. Detta gäller bland annat Salmonella och VTEC.
- De finns kunskapsluckor om klimatets betydelse inom:
  - Vektorförekomst för aktuella infektionssjukdomar och utbredning i landet, nuläge och förändringar.
  - Förekomst respektive utbredning i landet av vektorburna smittämnen såsom West Nile virus och Borrelia.
- Forskning bör också öka om skydd mot vektorburna sjukdomar, t.ex. de fästingburna TBE och Borrelia.
- Nätverk bör etableras internationellt avseende FoU om klimatsambandet för aktuella infektionssjukdomar på människor och djur.
- En större mer samlad satsning på forskning kring klimatanpassning föreslås. Här ingår utökad forskning kring smittspridning se avsnitt 5.9

### Förslag

- I instruktionen till Livsmedelsverket, Socialstyrelsen och Smittskyddsinstitutet ska framgå att myndigheterna får ansvar för anpassning till ett förändrat klimat inom sina ansvarsområden, se avsnitt 5.10.2.

- Livsmedelsverket bör få i uppdrag att se över regler och riktlinjer för livsmedelshanteringen mot bakgrund av den ökade temperaturen sommartid och den ökade risken för perioder med extremt höga temperaturer. Verket bör också löpande informera allmänheten om risker och försiktighetsmått vid livsmedelshantering.
- Socialstyrelsen bör få i uppdrag att:
  - följa utvecklingen av epidemiologin hos nya och kända infektioner till följd av klimatförändringar och vid behov ta initiativ till åtgärder för att upprätthålla ett bra smittskydd,
  - utarbeta kunskapsunderlag som kan användas i en utökad fortbildning om infektionssjukdomar för personal inom hälso- och sjukvården.
- Smittskyddsinstitutet bör få i uppdrag att i samverkan med Statens Veterinärmedicinska anstalt:
  - följa och analysera utvecklingen av epidemiologin hos nya och kända infektioner till följd av klimatförändringar och vid behov ta initiativ till ny forskning inom berörda områden på grund av klimatförändringar.
  - utarbeta kunskapsunderlag och informera om den ökade risken för smittspridning och om nya sjukdomar till följd av klimatförändringar samt analysera möjliga motåtgärder och rapportera dessa till övriga berörda myndigheter.

#### 4.7 Förändringar i vår omvärld och deras påverkan på Sverige

Klimat effekter på människans aktiviteter och system är svårbedömda. Samhällets system är föränderliga vilket gör det komplicerat att bedöma klimatteffekter, särskilt långt in i framtiden. Antalet tillgängliga observationer och studier av klimatteffekter är i dagsläget betydligt fler, enligt IPCC:s utvärderingsrapport 2007, jämfört med hur förhållandena var i samband med utvärderingsrapporten 2001. Samtidigt är skillnaderna stora mellan kontinenterna vad gäller antal observationer och studier. Tillgängligheten av underlag är bäst för Europa, sämre för Nordamerika och betydligt sämre för övriga världsdelar (IPCC, 2007).

Nedanstående analyser och sammanställningar baseras IPCC:s utvärderingsrapport 2007, vilken i sin tur baseras på flera olika

socioekonomiska framtidsscenarier och ett urval av resultat från olika klimatmodeller och scenarioperioder. Allmänt gäller att klimateffekterna blir flera, och att deras storlek ökar, när klimatförändringarna blir mer omfattande. Hur olika effekter slår in varierar beroende på sektor, region samt anpassningskapacitet. Sårbarheten för klimateffekter kan också öka på grund av andra stressfaktorer såsom miljöutsläpp, fattigdom, konflikter, epidemier och brist på mat. Oavsett regioner finns det grupper (barn, fattiga, sjuka och äldre) vilka är särskilt sårbara för klimatförändringarna (IPCC, 2007).

### Påverkan på olika geografiska områden

I nedanstående tabeller presenteras kortfattat utvalda klimateffekter i olika geografiska områden. Analyserna och sammanställningarna bygger på IPCC:s rapport om anpassning och Naturvårdsverkets rapport *Klimateffekter, anpassning och sårbarhet*.

**Tabell 4.36 Afrika**

Sektor	Förväntad effekt
Vatten	Mellan 75–250 miljoner exponerade för vattenstress år 2020.
Jordbruksproduktion	Produktionen minskar till följd av att arealerna lämpliga för produktion minskar samtidigt som vegetationsperioden förkortas.
Livsmedelstillgång	Minskad jordbruksproduktion. Minskat fiskbestånd i sjöar på grund av stigande vattentemperaturer.
Kustområden	Lågt liggande kustområden riskerar att översvämmas.
Hälsa	Stora regionala skillnader, t.ex. ökning eller minskning av utbredningen av och smittorisken för malaria.

Nya studier bekräftar att Afrika är en av de mest sårbara kontinenterna för klimatvariabilitet och klimatförändringar på grund av flera samtidiga påfrestningar och låg anpassningskapacitet. Kostnaden för anpassning kan komma att uppgå till minst 5–10 procent av BNP kring 2080-talet.

Tabell 4.37 Asien

Sektor	Förväntad effekt
Vatten	Glaciäravsmältning i Himalaya innebär: – ökning av antalet översvämningar och ras och skred (kort sikt). – minskad avrinning och tillgång på färskvatten framför allt längs de stora floderna (medellång och lång sikt). Sammantaget kan över en miljard människor komma att påverkas negativt kring 2050.
Jordbruksproduktion	Spannmålsskördarna kring 2050: – ökning med upp till 20 procent i östra och sydöstra Asien. – minskning med upp till 30 procent i centrala och södra Asien.
Kustområden	Ökad risk för översvämning, framför allt i de tätbefolkade delaregionerna i södra, östra och sydöstra Asien.
Hälsa	Ökad dödlighet till följd av diarrésjukdomar, huvudsakligen relaterade till översvämningar och torka, i östra, södra och sydöstra Asien.

Befolkningstillväxten i Asien medför en ökad efterfrågan på de minskande vattenresurserna. Sammantaget och med beaktande av effekterna av snabb befolkningstillväxt och urbanisering förväntas risken för svält ligga kvar på en mycket hög nivå i flera utvecklingsländer i regionen.

Tabell 4.38 Australien och Nya Zeeland

Sektor	Förväntad effekt
Vatten	Ökade problemen med vattentillgångar fram till 2030 i södra och östra Australien samt i delar av Nya Zeeland.
Jordbruksproduktion	Minskad jordbruksproduktion fram till 2030 på grund av ökad torka och fler bränder.
Skogsbruk	Minskad skogsproduktion fram till 2030 på grund av ökad torka och fler bränder (i de södra och västra delarna av Nya Zeeland förväntas dock skogsbrukets förutsättningar på kort sikt förbättras).
Kustområden	Ökad risk för och kraftfullare översvämningar fram till 2050.
Biologisk mångfald	Signifikanta förluster (t.ex. Stora Barriärrevet) förväntas fram till 2020.

Regionen har betydande anpassningskapacitet tack vare välutvecklade ekonomier samt vetenskapliga och tekniska resurser, men det finns påtagliga hinder för implementering av anpassningsåtgärder.

Extrema väderhändelser utgör stora utmaningar. De naturliga systemen har begränsad anpassningskapacitet.

**Tabell 4.39 Latinamerika**

Sektor	Förväntad effekt
Vatten	Glaciäravsmältning och förändrad nederbörd innebär minskad vattentillgång i stora områden.
Jordbruksproduktion	Ökad försaltning och ökenspridning. Försämrade produktivitet för vissa viktiga grödor och boskapsskötsel, med negativa konsekvenser för livsmedeltillgången.
Skogsbruk	De tropiska skogarna i östra Amazonas ersätts gradvis av savann. Vegetationen i halvtorra områden ersätts vegetation typisk för torra marker.
Kustområden	Ökad risk för översvämningar.
Biologisk mångfald	Signifikant förlust av arter.

Vissa länder i Latinamerika har gjort insatser för anpassning. Regionens anpassningskapacitet är dock begränsad på grund av bland annat avsaknad av grundläggande informations-, observations- och övervakningssystem. De politiska, institutionella samt tekniska ramverken är också bristfälliga.

**Tabell 4.40 Nordamerika**

Sektor	Förväntad effekt
Vatten	Minskad tillgång och ökad efterfrågan. Minskade sommarflöden och fler vinteröversvämningar.
Jordbruksproduktion	Totalt ökade skördar från regnvattnat jordbruk med 5–20 procent på kort sikt.
Skogsbruk	Störningar till följd av skadedjur, sjukdomar och brandrisk.
Kustområden	Befolkningstillväxten och det stigande värdet på infrastrukturen i kustområdet ökar sårbarheten för klimatvariabilitet och framtida klimatförändringar.
Hälsa	Städer som redan är drabbade av värmeböljor förväntas drabbas ytterligare.
Tropiska stormar	Skadekostnaderna kan öka med 70–75 procent (ABI, 2005).

Samhällen och biotoper vid kusterna kommer att drabbas allt mer av klimatförändringarnas effekter i kombination med ökad exploatering. Anpassning i Nordamerika sker i dag ojämnt och beredskapen för ökade exponeringar är låg.

**Tabell 4.41 Europa**

Sektor/område	Förväntad effekt
Vatten	Ökad risk för översvämningar till följd av skyfall samt mer frekventa kustöversvämningar och ökad erosion.
Sydeuropa	Förvärrade förhållanden med höga temperaturer, torka, skogsbränder och ökad risk för värmeböljor. Minskad tillgång på dricksvatten, skördevolymer, turism, vattenkraftsproduktion.
Central- och Östeuropa	Minskad sommarnederbörd och ökad vattenstress. Ökad risk för värmeböljor och torvbränder. Skogsproduktiviteten förväntas minska.
Nordeuropa	Positiva effekter på kort sikt: minskat uppvärmningsbehov, större skördar, ökad skogstillväxt och ökad vattenkraftproduktion. Negativa effekter på lång sikt: Mer frekventa vinteröversvämningar, kustöversvämningar, översvämningar på grund av skyfall, hotade ekosystem och ökad markinstabilitet med ras och skred.
Biologisk mångfald	Stora förluster (särskilt i bergsområdena)

Klimatförändringarna förväntas öka de regionala skillnaderna vad gäller naturresurser och tillgångar i Europa. Europas tidigare erfarenheter av extrema klimathändelser kan underlätta en klimatanpassning.



Tabell 4.42 Övergripande trender

Sektor	Förväntad effekt
Vattenresurser	Tillgången ökar på höga breddgrader och i vissa tropiska områden. Tillgången minskar på vissa medelhöga och låga breddgrader (torra områden).
Ekosystem	En temperaturökning på 1,5–2,5°C leder till att 20–30 procent av jordens arter riskerar utrotning.
Jordbruksproduktion	1–3°C temperaturökning positiv för produktion. En kraftigare uppvärmning har negativ påverkan.
Skogsbruk	Den kommersiella virkesproduktiviteten bedöms öka måttligt på kort till medellång sikt, dock med stora regionala variationer.
Kustområden	Stor risk för översvämningar. Låglänta tätbefolkade kustområden i Afrika, Asien samt önationer kommer drabbas särskilt hårt.
Industri, bebyggelse och samhälle	Kustområden och floddalar är särskilt sårbara för översvämningar, förändrad markstabilitet m.m. Sammantaget tenderar nettoeffekterna att bli mer negativa ju större klimatförändringarna blir.
Hälsa	Ökad undernäring Ökat antal dödsfall till följd av extrema väderhändelser Ökad frekvens av diarrésjukdomar Ökad frekvens av hjärt- och lungsjukdomar på grund av marknära ozon Ändrad utbredning av smittbärande infektionsjukdomar

### Påverkan på migrationsmönster

Forskningen om kopplingen mellan klimatförändringar och internationella flyktingar/internflyktingar börjar bli etablerad. Forskningsresultaten pekar dock i olika riktningar på flera punkter, bl.a. kring huruvida det finns några egentliga klimatflyktingar, hur många flyktingarna blir och även vart flyktingströmmarna går (Haldén, 2007). Flera beräkningar pekar på potentiellt stora flyktingströmmar till följd av klimatförändringar, t.ex. i Afrika kommer år 2020 75–250 miljoner människor vara utsatta för vattenstress, men dessa bedöms vara geografiskt begränsade. Framtida klimatflyktingar hamnar sannolikt i läger i hemlandet, s.k. internflyktingar, eller i grannländerna. I stora delar av världen pågår omfattande migrationsrörelser, framför allt i form av intern urbanisering, och det är rimligt att anta att klimatförändringar kommer att förstärka denna process. Städer i relativ närhet till områden som drabbas av negativa klimateffekter kommer att utgöra mål för flyktingströmmar, vilket i sin tur sannolikt leder till slumspridning. Slumspridning verkar destabiliserande och är dessutom ekonomisk

kostsamt för regioner. Destabilisering, i formen av långsam utarmning snarare än plötsligt sönderfall, av regioner kan i kombination med fattigdom och institutionell svaghet förvärra existerande konflikter eller skapa nya. Planerad migration, vilket innebär att man flyttar befolkningen från områden som kan bli utsatta för tillfälliga eller permanenta översvämningar eller torka, kan komma att förekomma i vissa områden i syfte att begränsa anpassningskostnader, mänskligt lidande och instabilitet (Haldén, 2007; WBGU, 2007).

### Påverkan på europeisk och svensk säkerhetspolitik

Mycket lite forskning har bedrivits på området klimatförändringars betydelse för internationella och regionala samarbetsmönster (Haldén, 2007). På senare tid har dock frågan aktualiserats och väckt större uppmärksamhet internationellt. Bland annat har Storbritannien tagit upp ämnet i FN:s Säkerhetsråd och ett antal f.d. amerikanska generaler och amiraler lyfte fram klimatförändringarna som det största hotet mot global säkerhet i den uppmärksammade rapporten *National Security and the Threat of Climate Change*.

Klimatförändringar bedöms inte i första hand skapa nya konflikter utan snarare förstärka och förvärra redan existerande konfliktmönster. I ett längre perspektiv, efter 2050, finns det dock risk för att nya konflikter uppkommer till följd av klimatförändringar eftersom klimateffekterna vid det laget kan vara mer kraftfulla och omvälvande. I regioner där mellanstatliga och inomstatliga samarbetsformerna är välutvecklade, t.ex. Europa, är sannolikheten för konflikt mindre. I regioner där samarbetsformerna är mindre välutvecklade, t.ex. Afrika och Mellanöstern, är riskerna för konflikt större. En kraftigt försämrad världsekonomi kan försvaga många stater och begränsa deras förmåga till att skapa ordning och säkerhet. Samtidigt kan en försämrad världsekonomi begränsa staters förmåga att föra krig (CNA, 2007; Haldén, 2007; Stern, 2006; WBGU, 2007).

Klimatförändringar kommer sannolikt att påverka olika områden i Europa på olika sätt. På kort sikt kommer de främst att medföra vissa fördelar för Nordeuropa, medan Sydeuropa i huvudsak kommer att utsättas för påfrestningar. Europa, hela eller delar,

kan komma att få problem med de från ett säkerhetspolitiskt perspektiv intressanta sektorerna energiförsörjning och jordbruk.

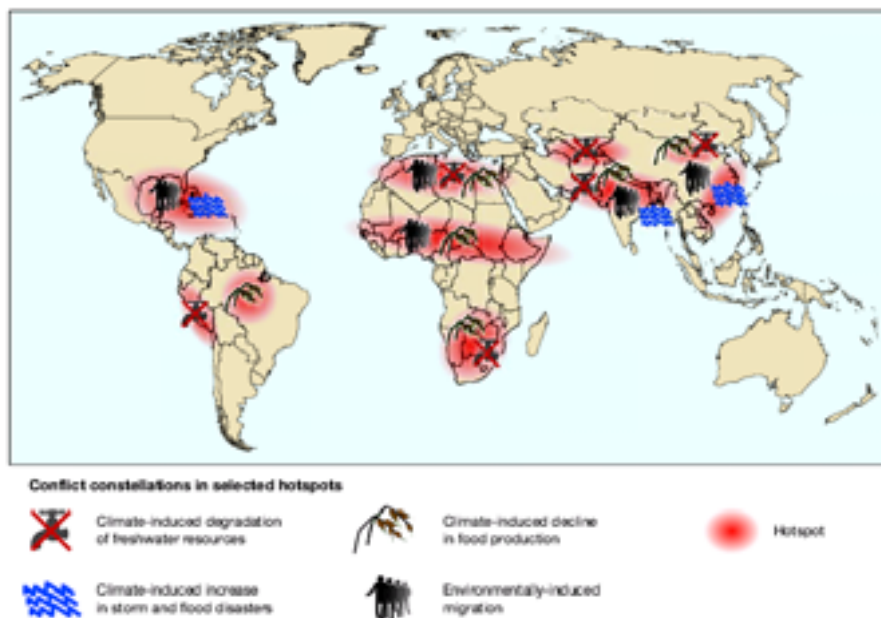
Europas importberoende av energi kan komma att öka i framtiden. År 2030 kan uppemot 70 procent, mot 50 procent idag, av EU:s energibehov att täckas av import. Cirka en tredjedel av Sveriges energibehov, nästan uteslutande olja, importeras (KOM 2006:105; IEA, 2004). Ett ökat importberoende från regioner vilka är instabila i dagsläget, men som dessutom kan destabiliseras ytterligare i ett framtida klimat, utgör en risk för störningar i försörjningstryggheten. EU har delvis med anledning av de framtida riskerna tagit fram grönboken *En europeisk strategi för en hållbar, konkurrenskraftig och trygg energiförsörjning* samt rapporten *Att hantera yttre energirisiker*.

Jordbruket och livsmedelsförsörjningen, globalt såväl som inom EU, är intressant ur säkerhetspolitisk synvinkel, men också för andra politikområden. Inom klassisk geopolitik betonas vikten av inhemska försörjning för ett lands fortlevnad. Fram till 2050 bedöms EU inte ha några problem att trygga den inhemska livsmedelsproduktionen inom unionen (Haldén, 2007). Vissa medlemsländer kan dock få problem med minskande skördar varför det är av vikt att det finns en välfungerande europeisk livsmedelsmarknad. Det ursprungliga syftet med den europeiska jordbrukspolitikerna (CAP) var att trygga att Europa skulle vara självförsörjande i händelse av ett kraftigt försämrat världsläge. Klimatförändringarna kan medföra att länder vilka i dagsläget är globala exportörer av livsmedel (t.ex. Australien och Nya Zeeland) får en försämrad kapacitet att producera livsmedel. Detta kan medföra att det ursprungliga syftet med EU:s jordbrukspolitik, vilket i dagsläget kan framstå som föråldrat, återigen blir aktuellt. Det kan bli ett ökat tryck på att omdirigera jordbruksstödet till de områden som drabbas särskilt hårt av torka eller extrema väderhändelser. Det kan även bli aktuellt att de områden i Europa där förutsättningarna för jordbruk kommer att förbättras i högre utsträckning används för att garantera EU:s förmåga till självförsörjning. En viktig prioriteringsfråga kan även bli huruvida jordbruksmark ska användas till odling av grödor avsedda för biobränslen eller livsmedel (Haldén, 2007; IPCC, 2007).

Europeisk och svensk säkerhetspolitik, men också andra politikområden, kommer med anledning av klimatförändringar med stor sannolikhet vara avhängiga händelser i andra, ofta fattiga, delar av världen varför säkerhetspolitiken kan behöva integreras närmare

med biståndspolitiken i framtiden. Genom omfattande humanitära interventioner och fredsbyggande kan man möjligen förebygga destabilisering av regioner, svältkatastrofer, spridning av epidemier, flyktingströmmar etc. (CNA, 2007; WBGU, 2007). Figur 4.54 visar potentiella oroshärddar med anledning av klimatförändringar.

Figur 4.54 Potentiella oroshärddar med anledning av klimatförändringar



Källa: WBGU, 2007.

### Påverkan på svensk biståndspolitik

Svensk biståndspolitik och Sidas övergripande mål är fattigdomsbekämpning, dvs. att verka för att fattiga människors levnadsstandard ska höjas. Utifrån detta ska Sida, i fråga om klimatfrågan, dels bidra till åtgärder som förebygger eller minimerar utsläpp av växthusgaser, dels minska fattiga länders och människors sårbarhet och stärka deras förutsättningar att anpassa sig till klimatförändringar. Klimatarbetet styrs av ett antal principer: att det är bättre att förebygga än att bota, försiktighetsprincipen samt att klimatfrågan ska integreras i Sidas verksamhet utifrån det övergripande

perspektivet att bekämpa fattigdom. Sidas nuvarande synsätt är att ansvaret för klimatfrågan ska spridas inom organisationen på ett sådant sätt att en integrering av klimatfrågan blir möjlig. Verksamheter inriktade på energi, transporter och näringsliv är i huvudsak inriktade på att begränsa utsläpp av växthusgaser, medan arbete med hälsa och vattenresurser främst har fokus på att motverka följderna av klimatförändringar. Tyngdpunkten i Sidas agerande ligger i dagsläget på insatser som bidrar till att förebygga och minimera utsläpp av klimatgaser (Sida, 2004).

Det faktum att den fattiga delen av världen drabbas särskilt hårt av klimatförändringar i kombination med att fattiga människor är särskilt sårbara för dessa innebär att biståndspolitik har en viktig roll att spela i klimatanpassningsarbetet. Enligt Klimatkonventionens (UNFCCC) artikel 4.4 ska I-länderna (Annex – länderna) stödja de utvecklingsländer som är mest sårbara för klimatförändringar. Industrieländerna har gett stöd till de minst utvecklade länderna (MUL) att ta fram National Adaptation Programmes of Action (s.k. NAPA:s). Programmen utgår från ländernas egna bedömningar om vilka sektorer i samhällena som är särskilt sårbara för extremt väder och klimatförändringar och som behöver anpassas i första hand. Ett effektivt biståndsarbete, där hänsyn tas till klimatförändringarna, kan innebära en begränsning av klimatförändringars negativa effekter, t.ex. uppkomsten av klimattflyktingar, politisk instabilitet och/eller eskalering av existerande konflikter, och behovet av akuta humanitära insatser.

### Påverkan på världsekonomin

Enligt Stern-rapporten kan klimatförändringarnas totala kostnader uppgå till minst 5 procent av världens BNP per år, nu och för all framtid, ifall inga åtgärder vidtas. Om man vidgar skalan av risker och följder kan skadorna komma att uppgå till så mycket som 20 procent av världens BNP per år. Klimatförändringarnas effekter på ekonomin är i paritet med hur världskrigen eller 1930-talets ekonomiska depression påverkade sin samtid. Rapporten fastslår att klimatförändringarna, såvida inte åtgärder vidtas för att begränsa deras omfattning, kommer att skada världens förutsättningar för tillväxt. Nordeuropa tillhör den del av världen som inte kommer drabbas särskilt hårt, åtminstone på kort sikt, och till viss del även gynnas av ett förändrat klimat (IPCC, 2007; Stern, 2006).

En liten öppen ekonomi som Sverige kan dock indirekt påverkas ifall klimatförändringar resulterar i en global lågkonjunktur med global minskad efterfrågan som följd. Ifall klimatförändringar däremot resulterar i ett minskat globalt utbud men bibehållen global efterfrågan kan dock länder, vilka inte i någon högre grad påverkas av klimatförändringars negativa effekter, komma att ekonomiskt gynnas såvida världsmarknaden fortfarande fungerar effektivt.

Det faktum att extrema väderhändelser förväntas bli vanligare i stora delar av världen i ett förändrat klimat kan påverka de globala finansiella marknaderna. Extrema väderhändelser, vilka orsakat omfattande förödelse, kan påverka världens börser och kan medföra att förtroendet för finansiella institutioner minskar. Störningar i den tekniska infrastrukturen kan resultera i likviditetsproblem i den finansiella sektorn, vilket man t.ex. erfor i samband med de omfattande elavbrotten i nordöstra USA och Ontario 2003. Betalningslikviditeten är kritisk för kommersiella banker eftersom det är kärnan i bankernas kapacitet att utföra in- och utbetalningar. Ett framtida scenario där ett antal extrema väderhändelser samtidigt orsakar omfattande skada på olika geografiska platser runt om i världen skulle allvarligt kunna skada förtroendet för de finansiella institutionerna och därmed världens ekonomiska system (Finansinspektionen, 2004; Stern, 2006).

Extrema väderhändelser och klimatförändringar är även ett globalt problem för försäkringssektorn på grund av återförsäkringssystemet. Återförsäkring innebär att primärförsäkringsgivare försäkrar sig hos återförsäkringsbolag, vilka ofta är multinationella företag. Riskspridningen blir därmed global. Enligt uppskattningar gjorda av det brittiska försäkringsförbundet (ABI) kommer försäkringskostnaderna för skador orsakade av tropiska stormar att öka kraftigt i ett förändrat klimat. Man bedömer även att försäkringssystemet har ett kapitalunderskott i förhållande till dessa nya risker och att det finns behov av mer återförsäkringsskydd. Ifall återförsäkringar blir dyrare till följd av ökad risk för klimatrelaterade skador kan priserna på den svenska försäkringsmarknaden komma att påverkas (ABI, 2005).

## Påverkan på svenskt näringsliv

En nyckel till ekonomisk framgång i framtiden och i ett framtida klimat är ett lands förmåga till strukturomvandling. Struktur-omvandlingar inkluderar dels förändringar mellan olika branscher, t.ex. omflyttning av arbetskraft från varuproduktion till tjänste-produktion, men även förändringar inom en bransch, som förändringar inom ett företag till följd av utveckling av nya produktionsprocesser. Näringslivets omvandlingsförmåga är avgörande för en hög tillväxttakt och ett effektivt resursutnyttjande. En förmodad ökad globalisering leder till ökad konkurrens, vilket i sin tur väntas leda till ett större behov av goda strukturomvandlings-möjligheter. Ett näringsliv med god strukturomvandlingsförmåga kommer att vara mer konkurrenskraftigt i och med att man förmår utnyttja sina komparativa fördelar i en föränderlig omvärld och snabbt kan anpassa produktionen efter förändringar i (andra länders) utbud och efterfrågan. Detta är extra viktigt för en liten öppen ekonomi som Sverige, vilken är starkt beroende av omvärlden. I internationella jämförelser konstateras att svensk struktur-omvandlingstakt är något högre än för flertalet av de övriga OECD-länderna. Svensk strukturomvandlingstakt är dock, beräknat på svenska officiella sysselsättningsdata, svagt minskande under åren 1988–2004. Sammanfattningsvis talar faktumet att Sverige har en relativt hög strukturomvandlingstakt för att svenskt näringsliv kommer att ha relativt goda förutsättningar i ett framtida klimat. Att den svenska strukturomvandlingstakten, enligt vissa undersökningar, minskar kan dock ses som ett oroväckande tecken (Långtidsutredningen, 2007).

**Tabell 4.43 Påverkan på Sverige av klimatförändringar i andra delar av världen – översikt**

Sektor i Sverige	Förväntad effekt
Jordbruks- och livsmedelsproduktion	Minskat utbud av livsmedel på världsmarknaden, beroende på hur stora klimatförändringarna blir. Kan innebära ökad efterfrågan på svenska livsmedel.
Skogsnäring	Stora regionala skillnader i utbudet av kommersiellt virke kan påverka svensk skogsindustri.
Vattentillgångar	Ökad efterfrågan på vatten på världsmarknaden. Eventuell framtida exportvara för Sverige.
Turism	Regionala klimateffekter i t.ex. Medelhavet och Alperna kan leda till ökad turism i Skandinavien.
Energi	Ökad efterfrågan på el från Europa. Risk för störningar i importen av vissa energislag, t.ex. olja.
Försäkringsverksamhet	Återförsäkringssystemet kan drabbas med dyrare försäkringar som följd.
Biologisk mångfald	Ökad migration av arter.
Hälsa	Ett försämrat globalt hälsotillstånd, bl.a. till följd av ett ökat antal konflikter, kan leda till ökad risk för smittspridning av sjukdomar.
Svensk näringsliv	Förändrade globala förutsättningar ställer krav på att länder har hög strukturomvandlingstakt för att vara konkurrenskraftiga.
Säkerhetspolitik	Förnyat fokus på EU:s jordbrukspolitik (CAP). Ökad integrering med biståndspolitiken. Ökat fokus på vatten. Ökat fokus på energi.
Biståndspolitik	Ökat fokus på klimatanpassningsfrågor.
Flyktingströmmar	Ökat behov av samordning på europeisk nivå och beredskap för ökade klimatflyktingströmmar

## 4.8 Samlade effekter på samhället

### 4.8.1 Socioekonomisk utveckling i Sverige

Utsläppsscenarierna i IPCC:s SRES-rapport (Special Report on Emission Scenarios) baserar sig på antaganden om utvecklingen av ett antal socioekonomiska parametrar, uppdelat på cirka tio regioner. Utvecklingen i enskilda länder berörs inte. För att få en uppfattning om en möjlig utveckling i Sverige under scenarierna A2 och B2 redovisar vi en nedskalning till Sverige av BNP-tillväxten och befolkningsutvecklingen i de olika SRES-scenarierna, och jämför med några svenska långsiktiga scenarier.



## Ekonomiska scenarier för Sverige

I Konjunkturinstitutets (KI) simuleringar med allmän-jämviktsmodellen EMEC för arbetet med kontrollstation 2008 resulterar de antaganden som gjorts om bl.a. produktivitetsutveckling och tillväxt i olika branscher i en BNP-tillväxt på drygt 2 procent fram till 2025 i referensalternativet. Exporten antas fortsätta att växa relativt kraftigt. Investeringarna utvecklas betydligt gynnsammare än under det senaste decenniet och växer med 4,2 och 2,1 procent årligen under perioden 2002–2015 respektive 2015–2025. I de alternativa scenarierna med ett högre pris på utsläppsrätten antas att marginalprissättningen på el leder till kraftigt stigande elpris, vilket medför en viss avmattning i den ekonomiska tillväxten.

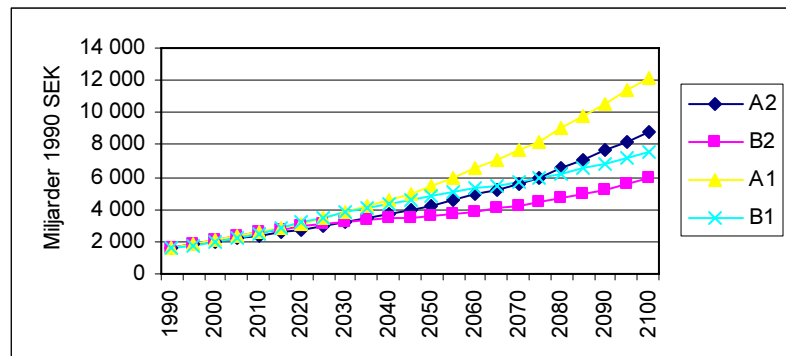
Produktivitetsutvecklingen skiljer sig ganska mycket mellan olika sektorer. Verkstadsindustri, läkemedelsindustri och kemisk industri har en hög tillväxttakt (mellan 2 och 3,5 procent per år) medan massa-, pappers- och grafisk industri, järn- och stålverk samt metallverk har en lägre tillväxttakt än genomsnittet för näringslivet. Byggnadsindustrin förväntas ha en stark utveckling som ligger över genomsnittet för näringslivet. Antagandena om kraftigt stigande elpriser till 2015 leder till ökad övergång till fjärrvärme och kraftig tillväxt för värmeverken. Det stigande elpriset påverkar även tillväxten för elintensiva sektorer som järn- och stålverk samt metallverk, vilket i sin tur påverkar efterfrågan på gruvsektorns produkter. Jordbruket väntas ha en relativt låg tillväxttakt, cirka 1 procent per år, medan skogsbruket ligger något högre. (Östblom, 2007)

KI:s scenarier sträcker sig som nämnts fram till 2025. De stora skillnaderna mellan de olika SRES-scenarierna kommer emellertid inte förrän efter 2050. För den tidsperioden finns inga ekonomiska scenarier framtagna för Sverige.

I SRES-rapporten rapporterades resultat endast för fyra regioner: OECD, Asien, Östeuropa och f.d. Sovjetunionen samt övriga världen. Utsläppsscenarierna genererades i modeller som hade en upplösning på mellan 9 och 11 regioner. Några länder-specifika projektioner gjordes inte. Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) vid Columbia University i USA har gjort nedskalningar av IPCC:s scenarier från de 11 regionerna till nationsnivå (CIESIN, 2002). Beräkningarna gjordes med en linjär nedskalning, där varje lands årliga tillväxttakt

för befolkningen och BNP antas vara lika med tillväxten för den region det tillhör.

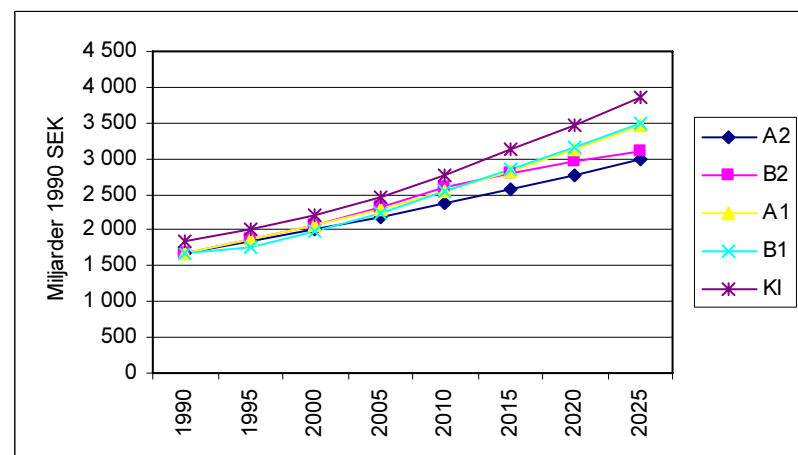
**Figur 4.55 BNP-utvecklingen i Sverige fram till 2100 nedskalat från SRES-scenarierna**



Källa: CIESIN, 2002.

Jämfört med KI:s scenarier blir BNP-utvecklingen fram till 2025 något lägre i SRES-scenarierna, figur 4.56. A2 ökar dock efter 2025 och är vid år 2100 högre än B1 och B2.

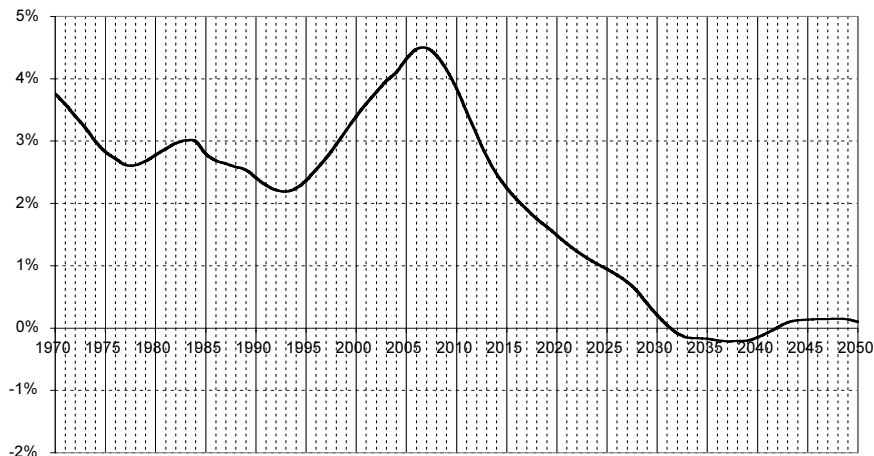
**Figur 4.56 BNP-utvecklingen i Sverige fram till 2025 enligt nedskalade SRES-scenarier och Konjunkturinstitutet.**



Källa: CIESIN, 2002 och Östblom, 2007.

Den demografiska utvecklingen har visat sig vara en god prediktor på BNP-utvecklingen (Lindh och Malmberg 1999; Malmberg 1994). Den analys som Institutet för Framtidsstudier gjort utgör en skarp kontrast mot gängse ekonomiska scenarier, figur 4.57. I analysen har SCB:s prognoser för befolkningsutvecklingen använts.

**Figur 4.57 Sveriges ekonomiska tillväxt 1970–2050, enligt den demografiska modellen**



Det är ålderssammansättningen som har störst betydelse för BNP-utvecklingen. En åldrande befolkning, som vi har i Sverige, ger lägre BNP-tillväxt. Om denna modell håller, kommer den ekonomiska utvecklingen se mycket annorlunda ut än i gängse antaganden i ekonomiska analyser.

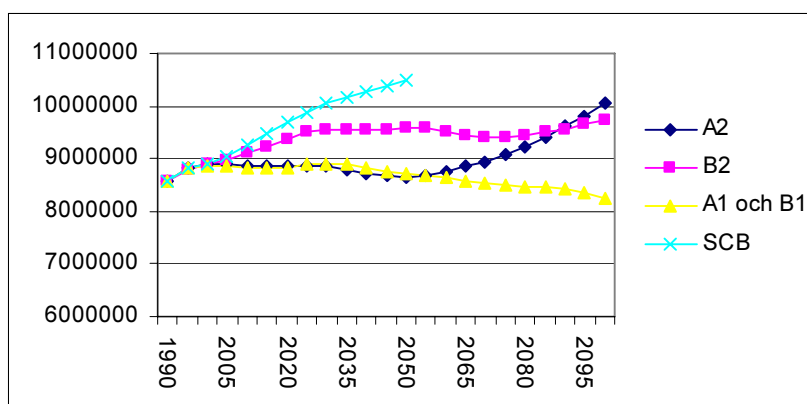
### Befolkningstillväxten

SCB gör framskrivningar av befolkningsutvecklingen fram till 2050. Där räknar man med att befolkningen växer till 10,5 miljoner år 2050. Detta baseras på antaganden om att både livslängden och fertiliteten ökar, samt att Sverige fortsätter att vara ett invandringsland.

För vissa av scenarierna i CIESIN:s beräkningar var befolkningstillväxten fram till 2050 tagen från FN:s befolkningsprognoser, som görs för varje enskilt land. Nedskalningsmetoden

användes då endast efter 2050. Resultaten för Sverige visas i figur 4.58.

**Figur 4.58** Befolkningsstillväxten i Sverige: SCB:s framskrivning till 2050 samt SRES-scenarierna nedskalade för Sverige fram till 2100



Källa: SCB samt CIESIN, 2002.

En jämförelse med SCB:s framskrivning visar att SRES-scenarierna ligger en bra bit lägre än den svenska prognosen vid år 2050. A2 och B2, där man antar en högre befolkningsutveckling än i A1 och B1, ligger närmast. Även de ligger dock en bra bit lägre än den svenska prognosen. B2 ligger högst vid 2050, medan A2 har en högre tillväxttakt under slutet av seklet. Om de antaganden som den svenska framskrivningen bygger på stämmer, kan man således anta att folkmängden 2100 hamnar på högre nivåer än vad diagrammet med de nedskalade SRES-scenarierna visar.

### Regional utveckling

Institutet för Framtidsstudier har gjort scenarier för den regionala befolkningsutvecklingen i Sverige och det därmed förknippade bostadsbyggandet. De trender man ser är att storstadsregionerna fortsätter att växa, medan utflyttningen från mindre städer fortsätter. Mälardalen, västkustlandskapen, Skåne, Åre-Östersund samt Umeå är några av de områden där befolkningen ökar mest. I dessa områden blir åldersstrukturen mer gynnsam, och bostadsinvesteringarna ökar. Liksom under tidigare århundraden ökar

befolkningen mycket längs kusten, men också i områden i det inre av Götaland ökar befolkningen ganska kraftigt, 2,5–4 procent över en femårsperiod.

### **Socioekonomiska faktorerers betydelse för konsekvenser av klimatförändringarna**

De konsekvensbedömningar och beräkningar av kostnader och intäkter som görs i detta betänkande är i allmänhet gjorda utan hänsyn till förändringar i socioekonomiska faktorer. Antaganden om sådana utvecklingsfaktorer skulle med stor sannolikhet överskugga konsekvenserna av klimatförändringarna, och göra det svårt att se vilka effekter som beror på att klimatet förändras, och vilka som beror på de socioekonomiska antaganden som gjorts. För att bedömningarna inom olika sektorer skulle bli konsistenta, skulle det också krävas ett övergripande socioekonomiskt scenario för ekonomisk, teknisk och regional utveckling fram till 2100. Detta är svårt att ta fram eftersom det finns mycket lite bedömningar för så långa tidsperioder. Kostnadsscenarierna som presenteras i detta kapitel är därför beräknade för dagens situation, och illustrerar hur klimatförändringarna skulle kunna påverka Sverige, givet att ingenting annat förändras.

I det fortsatta arbetet med klimatanpassning finns det dock anledning att ta hänsyn till socioekonomiska effekter. Generellt sett kan sägas att både befolkningsutvecklingen och den regionala utvecklingen påverkar hur stora konsekvenserna blir av ökad frekvens av översvämning, stormar, erosion, ras och skred. En ökad befolkning innebär att behovet av både bebyggelse och infrastruktur kommer öka. En ökning av kapitalstocken innebär att det finns större värden som kan skadas. Samtidigt förbättras förutsättningarna för att anpassa samhället till ett förändrat klimat, och omställningstakten ökar vilket gör anpassningen lättare. Konsekvenserna av väderrelaterade händelser i storstadsregionerna kommer att bli större om koncentrationen av befolkningen till dessa områden ökar. Det kommer att vara av stor vikt att den fysiska planeringen i dessa områden görs med hänsyn till kommande förändringar i klimatet.

En stark ekonomi med hög omvandlingstakt har naturligtvis bättre möjligheter än en svag ekonomi att möta påfrestningar och vidta nödvändiga omstruktureringar och förebyggande åtgärder.

Hur priserna utvecklas påverkar också i hög grad både sårbarheten och möjligheterna till att ta tillvara förbättrade produktionspotentialer på grund av klimatförändringarna. Utvecklingsmöjligheterna för bl.a. turistnäringen, jordbruket och skogsbruket, vilka alla till stor del är beroende av klimatet, beror till stor del på prisutvecklingen och konkurrensen med omvärlden. För energisektorn är prisutvecklingen för olika energislag av stor betydelse, liksom exportmöjligheterna. Denna typ av frågor diskuteras i sektorsanalyserna för de sektorer där det ansetts vara relevant och där underlag funnits tillgängligt.

I och med att klimatförändringarna är en viktig faktor för den samhällsliga utvecklingen, kan det vara av intresse att utveckla scenarier och modeller som kan användas för analyser på lång sikt. Det gäller både ekonomiska modeller med hög sektorsupplösning och regionala modeller med bäring på regional utveckling och fysisk planering.

#### **4.8.2 Samlade kostnadsbedömningar**

I sektorsanalyserna har uppskattningar av skadekostnader och åtgärds kostnader gjorts i möjligaste mån, liksom i förekommande fall beräkningar av intäktsökningar. I det följande görs en sammanställning av de ekonomiska konsekvenser som har kunnat beräknas. Många konsekvenser på betydelsefulla områden, som påverkan på naturmiljön, kulturvärden och risk för människoliv, är inte inkluderade. En beskrivning av viktiga konsekvenser som inte kunnat kostnadsberäknas eller inte är av ekonomisk karaktär görs i avsnitt 4.8.4. I det följande redovisas en sammanställning av skadekostnader och åtgärds kostnader för klimatanpassning, främst baserat på underlag från de expertgrupper som varit knutna till utredningen.

## Vilka kostnader har vi räknat med?

Skadekostnader är kostnaden för de skador som skulle uppstå, om inga åtgärder vidtas för att mildra konsekvenserna av olika väderhändelser. De kan utgöras av kostnaden för att reparera och återställa det skadade objektet, i det fall det är möjligt, eller av värdet av det som förstörts.

Skadekostnaderna innefattar bara en delmängd av de ekonomiska konsekvenser som kan uppstå. Kostnader som inte ingår är de som beror på skador på kommunala och enskilda vägar och VA-nät, samt produktionsbortfall och inkomstbortfall för enskilda. Kostnader till följd av indirekta konsekvenser av el- och teleavbrott, avbrott i vattenförsörjning, väg- och järnvägstrafik samt sjöfart är inte heller medräknade, annat än i viss mån för översvämning av de stora sjöarna. Vid naturkatastrofer kan också småföretag i utsatta områden drabbas, dels av direkta skador, men också av konsekvenser på andra system, som elavbrott, teleavbrott och brutna kommunikationer via väg, järnväg och sjöfart. Inte heller dessa kostnader har räknats med.

Av de positiva effekter som inte räknats med är det viktigaste området ökad turism.

## Begränsade möjligheter att utföra detaljerade kostnadsberäkningar och kostnads-nyttoanalyser

I de flesta fall har konsekvensbeskrivningarna baserats på scenariet RCA3-EA2. Eftersom scenario A2 innebär högre utsläpp och därmed större klimatförändringar än B2, betyder det att konsekvenserna, och därmed de ekonomiska effekterna, blir lägre om utvecklingen skulle följa B2-scenariot.

Att utifrån klimatscenarier med kartor över olika klimatindex bedöma hur olika tekniska och ekologiska system kommer att påverkas är en svår uppgift. Dessa klimatscenarier är i sig osäkra, se avsnitt 2.2.1. Till detta tillkommer stora osäkerheter om olika systems livslängd och framtida utveckling. De konsekvensbedömningar och kostnadsberäkningar som presenteras här bör därför tolkas med stor försiktighet. De syftar framförallt till att visa på möjliga storleksordningar.

Åtgärds-kostnader är oftast lättare att beräkna än skadekostnader även om det även för de förstnämnda råder osäkerheter, särskilt på

längre sikt. I de fall både åtgärdskostnader och skadekostnader finns beräknade kan en kostnadsnyttobedömning göras. För flera sektorer är det tydligt att det är samhällsekonomiskt lönsamt med förebyggande åtgärder istället för att vänta tills skadan uppkommer. Det gäller bland annat väg- och järnvägssektorerna, dag- och spillvattensystemen och åtgärder mot ras och skred i vissa områden. I de flesta fall kan förebyggande åtgärder vidtas successivt i samband med nyinvesteringar och regelmässigt underhåll. På så sätt kan större merkostnader undvikas.

För många sektorer har det inte varit möjligt att göra någon generell bedömning av huruvida det är kostnadseffektivt att vidta förebyggande åtgärder nu eller om man bör vänta. Kostnaderna för att vidta förebyggande åtgärder mot effekterna av en klimatförändring kan minskas med förbättrad teknologi och förbättrade metoder, vilket talar för att vänta med åtgärder som inte bedöms vara kostnadseffektiva nu. I många fall är dock åtgärdskostnaderna redan nu lägre än skadekostnaderna, särskilt om åtgärderna görs samtidigt med löpande underhållsarbete.

## Sektorvis redovisning av beräknade kostnader och intäkter

### *Vägar*

Merkostnaderna för reparationer på vägar och broar på grund av skred, ras, bortspolad väg och översvämningar har uppskattats till mellan 80 och 200 miljoner kronor per år. Om risken antas öka successivt under seklet och skadorna når den angivna kostnadsnivån vid 2080, så ligger den totala kostnaden fram till 2100 på mellan 9 och 13 miljarder kronor. Kostnaderna för att förebygga 50 procent av dessa skador bedöms ligga mellan 2–3,5 miljarder kronor. Åtgärderna är således mycket lönsamma, se bilaga B 1.

Kostnaderna för vissa typer av skador är inte medräknade i ovanstående kalkyler, framförallt kostnader för stora skred. Kostnaderna för skredet i Munkedal uppgick till 120 miljoner kronor, varav omledningskostnader utgjorde mer än 50 procent, se avsnitt 4.1.1.

Översvämning av de stora sjöarna kan betinga stora kostnader för återställning av vägar. Den totala kostnaden för dagens 100-årsnivå i Vänern beräknades till cirka 900 miljoner kronor, och 1,9 miljarder kronor vid dagens dimensionerande nivå. Totalkost-



naden vid översvämningar av Mälaren beräknades till 8 miljoner kronor vid en 100-årsnivå och 150 miljoner kronor vid dimensionerande nivå, se delbetänkandet, SOU 2006:94.

Vi har inga uppgifter på kostnader för kommunala och enskilda vägar.

### *Järnvägar*

De senaste åren har järnvägsnäten drabbats av både stormar, översvämningar och skred. Skadekostnaderna för raset i Ånn, skredet i Munkedal och översvämningen i Mölndal uppgick sammantaget till 35 miljoner kronor, och skadorna efter stormen Gudrun och stormen Per kostade cirka 180 miljoner kronor tillsammans. Banverket har bedömt att kostnaderna för trafikstörningar och återställande vid översvämning vid Vänern skulle kunna uppgå till 150–550 miljoner kronor, beroende på vattennivå och varaktighet. Höga vattennivåer i Mälaren kan drabba järnvägsspåren genom Stockholm, med stora kostnader för trafikstörningar som följd, se SOU 2006:94.

Anpassningsåtgärder för att minska riskerna innefattar bland annat utbildning av personal, kartläggning av riskområden, ökat underhåll, utbyte av avvattningsanläggningar och erosionsskydd, översyn av dimensioneringskrav samt trädsäkring för att förebygga elavbrott. Kostnaderna för att genomföra dessa åtgärder bedöms uppgå till cirka 100 miljoner kronor. Därefter krävs cirka 20 miljoner kronor om året i ökade underhållskostnader, se bilaga B 2.

### *Flyg*

Flyget beräknas få sänkta kostnader för avisning och halkbekämpning med cirka 60 miljoner kronor per år. Vissa anpassningsåtgärder, såsom tjockare överbyggnad på landningsbanor och förbättrade reningsanläggningar på några flygplatser, måste genomföras. Kostnaden för detta beräknas ligga på drygt 300 miljoner kronor fram till år 2080, se avsnitt 4.1.4. Den på många flygplatser redan i dagläget påkallade renoveringen av dagvattensystem är än mer angelägen på grund av den ökade nederbörd som klimatförändringar ger upphov till. Ombyggnad av ledningar innebär en merkostnad på cirka 100 miljoner kronor, se bilaga B 4. Endast en

del av denna kostnad är dock klimatrelaterad. De skadekostnader som skulle kunna uppstå om dessa åtgärder inte genomförs har inte uppskattats.

### *Sjöfart*

Mildare vintrar innebär att behovet av isbrytarassistans minskar. Kostnaderna för Sjöfartsverkets isbrytning uppgår i dag till mellan 150 och 250 miljoner kronor per år. En stor del av kostnaderna är fasta beroende på att isbrytare måste hållas i beredskap. Hur mycket kostnaderna kan minskas beror på när förändringen i klimatet förefaller så stabil att beredskapen kan sänkas och viss isbrytarkapacitet avvecklas, se avsnitt 4.1.3.

### *Telekommunikationer samt radio- och tv-distribution*

Kostnaderna vid teleavbrott kan bli höga, men har inte kunnat beräknas. Stormen Gudrun beräknas ha kostat Telia 500 miljoner kronor i direkta kostnader för återställande av ledningsnät, reservkraft, mobila master etc., se bilaga B 5. Kostnaderna för alla abonnenter som drabbades har inte kunnat beräknas. Att telenäten inte fungerar kan orsaka betydande problem i nödsituationer, se avsnitt 4.1.5 och 4.1.6. Inga stora kostnader beräknas uppstå för förebyggande åtgärder eftersom förnyelsetakten i telekommunikationerna är relativt hög. Inga kostnader för förebyggande åtgärder uppstår heller i radio- och tv-distributionen, eftersom denna inte bedöms vara känslig utifrån nuvarande klimatunderlag.

### *Elsystem och kraftpotentialer*

Ökad vattenföring gör att produktionspotentialen för vattenkraft successivt ökar under seklet (Andréasson, 2006b). Ökningen har i modellsimuleringar beräknats ligga mellan 7 och 22 procent för B2-scenarierna och mellan 10 och 32 procent för A2-scenarierna fram till slutet på seklet. En successiv ökning på upp till 15–20 procent, ger ökade intäkter med cirka 190–260 miljarder kronor fram till 2100, baserat på ett elpris på 40 öre. Detta kommer dock att kräva vissa ombyggnader av kraftverk och regleringsmagasin.

Enligt RCA3-EA2 kommer även vindens energiinnehåll att öka. Vindkraftpotentialen uppskattas kunna öka med 5–20 procent de närmaste 30 åren, vilket motsvarar cirka 2 TWh, givet att planerna på att bygga ut vindkraften till 10 TWh genomförs (Gode et al, 2007). Med ett elpris på 40 öre och en successiv ökning av vindenergin ökar intäkten med 26 miljarder kronor fram till 2100 enligt RCA3-EA2. Båda dessa beräkningar är bruttointäkter, dvs. kostnader för ökade investeringar är inte medräknade.

Stormen Gudrun medförde kostnader på 2,6 miljarder kronor för kraftbolagen, varav 650 miljoner var avbrottsersättning till kunderna (Energimyndigheten, 2005). Efter Gudrun ändrades ersättningsreglerna, och vid stormen Per var skadekostnaderna totalt 1,4 miljarder kronor, varav 750 miljoner kronor var avbrottsersättningar (Svensk Energi, 2007). Elnäten bedöms inte drabbas av lika stora skadekostnader efter att nuvarande planer med åtgärdande av kritiska ledningssträckor genomförts, men betydande skadekostnader kan fortfarande uppstå.

Ras och skred kan drabba ställverk och stolpar. Reparationskostnader för enskilda haverier uppgår till 0,5–4 miljoner kronor för brytare i stationer samt 3–5 miljoner kronor för mindre stolpar med 2–3 stolpar, se avsnitt 4.2.1. Översvämning kan drabba nätstationer med elavbrott och kostnader för återställande som följd. Skadekostnaderna för en översvämning kring Vänern har för elnäten beräknats till 100–150 miljoner kronor. Till detta kommer kostnader för driftsavbrott, vilka kan uppgå till cirka 1 miljon kronor per dygn (SOU 2006:94).

### *Dammar*

Klimatförändringarna innebär en risk för att det dimensionerande flödet ökar för dammar av den högsta riskklassen, men stora osäkerheter finns fortfarande. 100-årsflödet ökar på vissa håll i landet och minskar i andra. Kostnaderna för anpassning till klimatförändringar har bedömts kunna bli av samma storleksordning som anpassningen för dagens klimat enligt Flödeskommitténs riktlinjer, dvs. cirka 2 miljarder kronor, se avsnitt 4.2.2.

### *Värme- och kylbehov*

Värmebehovet kommer att minska i ett varmare klimat. Beräkningar av det minskade värmebehovet har gjorts baserat på förändringen i antal graddagar, befintligt byggnadsbestånd och oförändrade priser. Ingen effektivisering antas ske, se bilaga B 11. Under perioden fram till 2040 beräknas kostnaden för uppvärmning minska med cirka 4,7 miljarder kronor per år för A2-scenariot jämfört med nuläget. 2041–2070 minskar kostnaden med 6,6 miljarder kronor och från 2071 fram till sekelskiftet minskar det med cirka 9 miljarder kronor jämfört med nuläget. Kostnadssänkningen över hela perioden 2010–2100 skulle bli cirka 690 miljarder kronor. Enligt B2-scenariot uppskattas energibehovet vara 12 procent högre, vilket innebär att besparingen blir cirka 600 miljarder kronor.

Kylbehovet beräknas öka i framtiden, delvis på grund av klimatförändringar. Beräkningarna för lokaler baseras på dagens lokalyta och oförändrade priser. Med dessa förutsättningar beräknas den klimatrelaterade efterfrågeökningen på kyla i lokaler och bostäder öka energikostnaderna med cirka 150 miljarder kronor under perioden 2011–2100 för A2-scenariot, se bilaga A 6. För B2-scenariot ökar energikostnaderna med cirka 135 miljarder kronor.

### *Fjärrvärmesystem*

Med ökade nederbörds mängder och konsekvenser som översvämningar och höjda grundvattennivåer ökar påfrestningarna på kulvertarna för fjärrvärme. En ökad förnysetakt av de sårbara kulvertlängderna uppskattas kosta 1,35 miljarder kronor fram till år 2020, se avsnitt 4.2.4.

### *Dricksvattenförsörjning*

De totala kostnaderna för skador på grund av störningar i dricksvattenförsörjningen är svåra att beräkna och har inte uppskattats eftersom det är svårt att bedöma i hur många fall dricksvattnet blir otjänligt och vilka konsekvenser detta får för allmänheten.

Samhällskostnaden för ett mikrobiellt vattenburet sjukdomsutbrott kan variera från några miljoner till flera 100-tals miljoner kronor per tillfälle, beroende på utbrottets omfattning. Kostna-

derna för att ersätta mindre vattentäkter om de förorenas eller blir otjänliga på grund av höga humushalter kan variera från några 10-tals miljoner kronor till mer än en miljard för större vattentäkter. Om vattenledningar blir förstörda av ras eller skred kan samhällskostnaden bli mellan 10 och 50 miljoner kronor per tillfälle.

I en situation där kranvattnet inte är drickbart, blir kostnaden för konsumenterna mycket stor, liksom de ökade transportkostnaderna och därmed förknippade utsläpp. En liter vatten på flaska kan kosta mellan 5 och 15 kronor litern, medan en liter vatten ur kranen i dag kostar några öre. Sämre råvattenkvalitet och ökade reningskostnader kommer göra att dricksvattenpriset ökar och närmar sig priserna i Europa och USA, se avsnitt 4.2.5.

Kostnaderna för att anpassa svensk dricksvattenberedning till ett förändrat klimat uppgår enligt en grov uppskattning till 5,5 miljarder kronor för kommunal vattenförsörjning och omkring 2 miljarder kronor för enskild vattenförsörjning.

#### *Dag- och spillvattensystem*

Ökad nederbörd och överfulla avloppssystem ger ökade risker för översvämning på grund av bland annat bakåtströmmande vatten. Åren 2004 och 2005 inträffade cirka 1 600 källaröversvämningar per år. Den större delen av dessa är inte naturskaderelaterade. År 2003 och 2002 inträffade två händelser med extrem nederbörd, i Kalmar och på Orust, som innebar kostnader för 60 respektive 120 miljoner kronor.

För att avloppssystemen ska klara kraftigt ökad nederbörd måste förnysetakten öka. Merkostnaderna för en ökad förnysetakt är troligen i storleksordningen 10–20 miljarder kronor, se bilaga B 16. Andra tänkbara åtgärder, som att minska mängderna av tillskottsvatten till spillvattensystemen och anlägga utjämningsmagasin, har inte kostnadsberäknats. I ovanstående kostnader ingår inte förnysekostnaderna för privata servisledningar. En grov bedömning är att de privata kostnaderna för förnyelse av vattensystemen inom privata fastigheter uppgår till cirka 40 procent av de allmänna, vilket ger en kostnad på cirka 4–8 miljarder kronor under 25-årsperioden, se bilaga B 16.

*Påverkan på byggnadskonstruktioner*

Högre temperatur och fuktigare klimat ger upphov till kostnadsökningar på grund av ökat underhållsbehov och kortare livslängd för byggnaders klimatskal. Kostnadsökningarna har beräknats bli sammanlagt cirka 100 miljarder kronor fram till 2080 (ej diskonterade värden, jämför med diskonterade värden i bilaga B 17). Skadekostnader som uppstår om detta underhåll inte görs har inte beräknats. Det torde främst röra sig om hälsoeffekter av mögel och kostnader för mer omfattande reparationer än regelmässigt underhåll, se avsnitt 4.3.5.

*Översvämningar av strandnära bebyggelse*

Havsnivåhöjningen och ökade flöden i vattendrag gör att riskerna för översvämning längs kust, vattendrag och sjöar ökar. I utredningens delbetänkande (SOU 2006:94) redovisades beräkningar över översvämningar av Vänern, Mälaren och Hjälmaren. I det fortsatta arbetet har motsvarande beräkningar gjorts för vattendrag och kust. Det har emellertid inte varit möjligt att beräkna förändrade återkomsttider för höga flöden på samma sätt som för de stora sjöarna. Detta gör att en uppskattning av de sammantagna kostnaderna fram till 2100 blir mer översiktliga.

Inom de områden längs vattendrag som har hög risk att drabbas av ett hundraårsflöde i dagens klimat finns villor, fritidshus, flerbostadshus, kontor och industrilokaler till en sammanlagd yta av 6 miljoner kvadratmeter. Givet att dessa i dag befintliga byggnader drabbas av en sådan översvämning en gång under det närmaste seklet blir kostnaden för att återställa dem drygt 18 miljarder kronor, bilaga B 14. Till detta kommer översvämningar med kortare återkomst som sannolikt kommer att inträffa flera gånger under seklet. Dessa har inte kostnadsberäknats.

Dessa skadekostnader omfattar endast bebyggelsen. Skador på vägar och annan infrastruktur kan betinga betydande belopp. Tidigare översvämningar kan ge en uppfattning av hur stora skadekostnader det kan röra sig om. Översvämningen av Arvika år 2000 kostade totalt cirka 200 miljoner kronor (räddningstjänst, skyddsinsatser och skador på kommunaltekniska anläggningar samt skador på privata byggnader, anläggningar och företag). Av detta var 29 miljoner kronor kostnader för räddningstjänst och

100 miljoner kronor kostnader för privata byggnader, företag och anläggningar. Kostnaderna för skyddsinsatser och skador på kommunaltekniska anläggningar uppgick till cirka 59 miljoner kronor. Dessa fördelade sig enligt tabell 4.44 nedan.

**Tabell 4.44 Fördelning av Arvika kommuns skadekostnader för översvämningen år 2000**

Ledning och samordning	300 tkr
Byggnader och fastigheter	7 900 tkr
Gator, vägar, kajer, p-platser	7 700 tkr
Vatten och avlopp	
Pumpstationer	1 200 tkr
Avloppsreningsverk	1 500 tkr
Ledningsnät	35 900 tkr
Parker och grönområden	4 000 tkr
Summa	58 500 tkr

*Källa:* Arvika kommun.

I Arvika var således kommunens kostnader för skador på gator etc. lika stor som kostnaderna för skador på byggnader. Proportionerna mellan kostnader för skador på byggnader och infrastruktur i Arvika kan användas som en grov skattning av kostnaderna för infrastruktur på nationell nivå. Om vi antar att hälften av de permanentbostadshus och industrilokaler som är översvämningshotade ligger inom tätbebyggda områden så uppgår skadorna på infrastruktur till cirka 6 miljarder kronor.

Kostnaden fram till 2100 för översvämning av byggnader vid de stora sjöarna, Vänern, Mälaren och Hjälmaren beräknades i delbetänkandet (SOU 2006:94) uppgå till sammanlagt 7,9 miljarder kronor vid dagens hundraårsflöde. Skadekostnader för sjöfart, vägar, järnvägar, jordbruk, skogsbruk, vattenverk, avloppssystem, elverk och industrier tillkom till en storlek av 3,2 miljarder kronor.

Dagens hundraårsflöde, liksom mindre flöden med kortare återkomsttider, kommer i delar av landet att få en minskad återkomsttid. I Vänerområdet räknar man t.ex. med att hundraårsflöden får en återkomsttid på tjugo år. Hundraårsflödena i ett förändrat klimat blir därmed i dessa områden högre än dagens, vilket betyder att större områden blir översvämmade. Inom andra delar av landet blir återkomsttiderna längre, se avsnitt 4.3.1.

Den vanligaste åtgärden för att minska översvämningsrisken är invallning av hotade områden. Kostnaden för vallar varierar mellan 300 kronor per m<sup>2</sup> och 10 000 kronor per m<sup>2</sup>, beroende på markförhållanden och om vallen ligger inne i tätbebyggt område (Räddningsverket, muntlig kommunikation). Det krävs också pumpstationer. I vilken mån det är kostnadseffektivt att bygga permanenta vallar beror på hur stora värden som hotas och hur stor översvämningsrisken bedöms vara. Beredskap att lägga ut provisoriska vallar kompletterat med pumpning kan vara ett alternativ.

Vid översvämnning av Vänern och Mälaren bedömdes de mest kostnadseffektiva åtgärderna vara att öka avtappningsmöjligheterna. Kostnaderna för detta omfattar cirka 650 miljoner kronor för Mälaren. För Vänern har kostnaderna angivits ligga inom spannet 1 till 6 miljarder kronor. En säkrare kostnadsuppskattning för Vänern kräver skredkarteringar av Götaälvdalen.

För bebyggelse längs kusten finns för närvarande inga höjddata som är tillräckligt detaljerade för att kunna avgöra reella översvämningsrisker. Den byggnadsareal som ligger lägre än 5 meter över havet uppgår till cirka 60 miljoner m<sup>2</sup>. De tre kommuner som detaljstuderats visar på stora variationer för hur stor andel av byggnadsytorna under 5-meterskurvan som ligger på översvämningshotat område i slutet på seklet. I Ystad hamnar cirka 20 procent av antalet byggnader som befinner sig under 5-meterskurvan under hundraårsvattennivån vid en global havsnivåhöjning på 88 cm. För Sundsvall är motsvarande relation 6 procent, se avsnitt 4.3.1 och bilaga B 14. Dessa relationer mellan faktiskt hotad byggnadsyta och byggnadsytan under 5-meterskurvan kan användas som en grov tumregel vid kostnadsberäkningar. Om vi antar att den andel av ytan under 5-meterskurvan som är översvämningshotad är 20 procent i Skåne och Blekinge, 10 procent i resten av Götaland och Svealand samt 5 procent i Norrland, så blir återställningskostnaderna cirka 25 miljarder kronor för hela landet.

#### *Ras och skred*

Ras- och skredrisken beräknas öka inom många områden i landet. Mot slutet av seklet beräknas antalet fastigheter som ligger inom skredbenägna områden uppgå till cirka 220 000. Värdet av dessa uppgår till närmare 320 miljarder kronor. Kostnaderna för skador på el- och va-system har uppskattats till cirka 15 miljarder kronor.



Värdet av den skogs- och åkermark som ligger inom områden med ras- och skredrisk är cirka 14 respektive 1,5 miljarder kronor, se bilaga B 14.

Det är mycket svårt att göra någon bedömning av hur stor del av dessa områden som kan komma att drabbas inom den närmaste hundraårsperioden. Enligt den statistik SGI har för Göta älv så har minst 2 procent av den skredbenägna sträckan (lermarken) drabbats av skred under en tidsperiod av 50 år (SGI, 2007). Om detta skulle gälla för hela landet, så innebär det att 4 procent av de skredbenägna områdena i Sverige skulle drabbas av skred under de närmaste 100 åren. Detta motsvarar fastighetsvärden för 12 miljarder kronor samt el- och va-nät, skogs- och jordbruksmark för drygt en miljard kronor.

Räddningsverkets har gjort några fallstudier med beräkningar av kostnaderna för att förebygga skred jämfört med de kostnader som skulle uppstå om skredet inträffade, se avsnitt 4.3.2. De visar att förebyggande åtgärder i de allra flesta fall kostar betydligt mindre än om ett skred inträffar, även om det är av liten omfattning. Det är därför av vikt att samhället vidtar åtgärder för de platser där skredrisken bedöms som stor. Riskerna på en enskild plats går dock inte att bedöma utifrån denna övergripande analys, utan måste göras från fall till fall. Det är därför inte meningsfullt att göra en beräkning av kostnader och nytta på nationell nivå.

### *Kusterosion*

Stranderosionen längs kusterna kommer att påverkas av höjda havsnivåer, ändrade våg- och vindförhållanden. Förutsättningar för erosion finns vid cirka 15 procent av Sveriges kuster. Cirka 220 km av dessa sträckor är bebyggda. Uppskattningar av påverkan på erosionskänsliga kuststräckor visar att cirka 150 000 fastigheter ligger inom riskområdet, se bilaga B 14. Värdet på dessa fastigheter uppgår till cirka 220 miljarder kronor, se avsnitt 4.3.3.

SGI har gjort en överslagsberäkning av kostnaden för skydd mot stranderosion inom dessa 220 km (Rydell, 2007). Investeringskostnaden för strandskoning och strandfodring bedöms ligga i intervallet 2,7–5,4 miljarder kronor. Till detta kommer underhåll på 3 000–4 000 kronor per år och meter kust.

### *Skogsbruk*

Ett varmare klimat beräknas ge upphov till ökad skogstillväxt i Sverige, mot slutet av seklet med 20–40 procent högre än dagens cirka 100 miljoner m<sup>3</sup>fub. Det motsvarar ökade intäkter på 4,5–9 miljarder årligen, räknat med ett genomsnittligt rotnettovärde på cirka 230 kronor per m<sup>3</sup>fub. För perioden 2010–2100 betyder det ökade intäkter på mellan 300 och 600 miljarder kronor.

Ökad förekomst av skadegörare väntas emellertid öka kostnaderna i skogsbruket. Skadekostnaderna för ökade skador av granbarkborre har uppskattats till cirka 300 miljoner kronor per år. Kostnader uppstår också på grund av svårighet att avverka, frakta ut virke till bilväg och vidare till industri på grund av blötare vintrar och mindre tjäle. Kostnaderna för dyrare avverkningar har uppskattats till 600–1 200 miljoner kronor per år. Kostnaden för olika tekniska hjälpmedel som skulle kunna minska problemen vid drivning samt att förbättra 70 procent av skogsbilvägarna till en högre standard bedöms vara cirka 300 miljoner kronor per år, se avsnitt 4.4.1. Dessa åtgärder skulle således vara mycket lönsamma.

Skadorna till följd av stormar, torka och brand väntas också öka. Kostnaderna för detta är svåra att beräkna men kan uppgå till mångmiljardbelopp.

### *Jordbruk*

Det varmare klimatet gör att jordbruksmarkens avkastning ökar och att växtzonerna förskjuts norrut. En bedömning är att avkastningen ökar med 50 procent i Norrland, 30 procent i Svealand och 20 procent i Götaland, se Bilaga B 23. Om priser, arealen och valet av grödor är oförändrade skulle detta ge ökade spannmålsskördar till ett värde av 1 miljard per år i dagens priser. Om vi antar att fördelningen mellan grödorna dessutom optimeras, ökar intäkterna med cirka 60 procent eller 2,8 miljarder kronor per år. Givet att inga extra investeringar behövs skulle skördeökningarna betyda ökade intäkter med 65 miljarder kronor fram till 2100 för ökad avkastning, och 180 miljarder kronor vid optimerat grödoval.

En ökad förekomst av skadegörare och ogräs väntas öka skördebortfallet. Hur mycket bortfallet skulle kunna öka har inte kunnat uppskattas. Troligen får det dock till följd att bekämpningsmedelsanvändningen ökar. En rimlig gissning är att den ökar

till dansk nivå, vilket nästan motsvarar en fördubbling. Kostnaden skulle då öka med cirka 600 miljoner kronor per år, se avsnitt 4.4.2. Räknat på en linjär ökning över seklet på samma sätt som för tillväxten blir det cirka 40 miljarder kronor fram till sekelskiftet.

Kostnadsuppskattningarna inkluderar inte omställningskostnader, ökade kostnader för förbättrad dränering, ökade kostnader för insatsvaror. T.ex. ingår inte kostnader för ökad gödsling som bedömts vara nödvändigt för att nå få den högre avkastningen. En översiktlig uppskattning har emellertid gjorts av vilka ökade kostnader för bevattning som kan uppstå. Utifrån antagandet att 40 procent av arealen behöver bevattnas vid slutet av seklet och ett pris på 10 kronor per m<sup>3</sup> för vatten blir kostnaden cirka 500 miljoner kronor per år.

Skyfall, översvämningar av vattendrag och sjöar samt stormar är andra faktorer som troligen kommer att ge ökade skadekostnader för jordbruket. Den framtida omfattningen av skyfall är svår att uppskatta. Översvämning av vattendrag beräknas kunna påverka cirka 2 procent av åkerarealen, se avsnitt 4.3.1. Två procent av den svenska årsproduktionen av spannmål motsvarar cirka 90 miljoner kronor. Värdet av jordbruksmark som ligger inom riskområde för ras och skred uppgår till cirka 1,6 miljarder kronor. Baserat på historisk skredfrekvens inom riskområden kan cirka 2–4 procent av mark med hög skredrisk förväntas skreda inom 100 år. Det motsvarar jordbruksmark till ett värde av cirka 65 miljoner kronor.

Ökade kostnader för djurhållning har inte kunnat beräknas på grund av bristande underlag. Enligt Näringsdepartementets sammanställning (Näringsdepartementet, 2005) drabbades uppgick jordbrukets kostnader för stormen Gudrun till 750 miljoner kronor.

### *Fiskerinäring*

Den minskade salthalt som förutspås i RCA3-EA2 får till följd att torsken utplånas i Östersjön, vilket orsakar minskade fångster motsvarande 200 miljoner kronor per år. Ökade vindstyrkor får till följd att fisket försvåras. Det uppskattas ge upphov till minskade fångster motsvarande 50 miljoner kronor om året. Insjöfisket beräknas däremot öka motsvarande ett värde av 15–20 miljoner kronor om året, främst på grund av förbättrade förhållanden för kräfta och gös. Sammanlagt får fiskerinäringen förluster med

omkring 230 miljoner kronor om året, se avsnitt 4.4.3. Räknat på en successiv förändring fram till 2100 ger det upphov till minskade intäkter på cirka 15 miljarder kronor.

#### *Rennäring*

Svåra snö-, skar- och isförhållanden innebär att man i ökad utsträckning måste stödutfodra renarna, se avsnitt 4.4.4. Stödutfodring kostar cirka 4 kronor per dag och ren. Renstammen omfattar cirka 200 000 djur. En ökad stödutfodring med 50 dagar per år skulle innebära en ökad årlig kostnad med 40 miljoner kronor. Räknat på en successiv ökning av stödutfodringen blir kostnaden fram till 2100 cirka 2,6 miljarder kronor. Därtill kommer andra kostnader men också möjliga besparingar.

#### *Naturmiljön*

Konsekvenserna har inte värderats i ekonomiska termer.

#### *Turism*

Förutsättningarna för vinterturismen kommer troligen bli sämre till följd av sämre snötillgång. Med linjära trender för omsättning i skidindustrin skulle förlusten i slutet av seklet kunna uppgå till mellan 0,9 och 1,8 miljarder kronor per år (Moen et al, 2007). Den sammanlagda förlusten fram till sekelskiftet skulle därmed kunna uppgå till cirka 20 miljarder kronor, under antagandet att förändringarna börjar bli märkbara kring 2050. Denna uppskattning tar dock inte hänsyn till möjligheten att göra konstsnö.

Samtidigt kan sommarturismen antas öka. Dels kommer svenska turister förmodligen stanna i Sverige i större utsträckning, dels kan en del av medelhavsturismen förmodas styras om till Nordeuropa. Det finns inga direkta kvantitativa beräkningar över detta, men tendenserna bekräftas i flera rapporter (European Commission 2007 samt Hamilton et al 2003), se även avsnitt 4.4.5.

*Hälsa*

Att bedöma vilka hälsoeffekter som kan uppkomma på grund av klimatförändringarna, se avsnitt 4.6, är svårt. Kostnadsbedömningar baserade på uppskattningar av ökade frekvenser av sjukdomsfall har bara kunnat genomföras för hälsoeffekter av extrema temperaturer. Hur mycket antalet sjukdomsfall på grund av ökad smittspridning via livsmedel och dricksvatten kan komma att öka går inte att bedöma, utan detta illustreras endast med några räkneexempel

Registrerade sjukdomsfall orsakade av smittspridning via dricksvatten är under de senaste 25 åren 63 000 och det anses finnas ett betydande mörkertal. Kostnaden per insjuknad har i olika studier beräknats till mellan 160 och 28 000 kronor. Det stora spannet beror till stor del på att det skiljer mellan studierna vilka kostnader som inkluderats. I Bilaga B 34 citeras kostnadsuppskattningar för några olika sjukdomsutbrott, se t.ex. s. 47 och 50.

Från olika studier har beräknats att 340 000–500 000 matförgiftas i Sverige varje år, till en beräknad kostnad av cirka 730 miljoner kronor. Den genomsnittliga kostnaden ligger då mellan 1 500 och 2 000 kronor per insjuknad. Detta innefattar endast vård- och medicinkostnader. Studier av salmonellautbrott i Sverige visar på kostnader mellan 10 000–160 000 kronor per insjuknad, se bilaga B 34. I dessa siffror ingår inte kostnader för sveda och värk. I betalningsviljestudier har obehaget av en sjukdag värderats till cirka 350 kronor per dag. Den akuta fasen av en salmonellainfektion varar i snitt en vecka, vilket skulle betyda ytterligare 2 500 kronor per insjuknad. Besvär kan kvarstå upp till flera månader, varför detta är en underskattning.

Om frekvensen av sjukdomsutbrott skulle öka med 10 procent, och man antar en snittkostnad på 10 000 kronor per insjuknad, blir kostnaden på grund av ökad smittspridning via vatten cirka 250 miljoner kronor fram till sekelskiftet. Kostnaden för ökad smittspridning via livsmedel skulle vara betydligt större, mellan 34 och 50 miljarder kronor.

*Kostnader för räddningstjänst*

Kommunen får ersättning av staten om dess kostnader överstiger en självrisk som uppgår till 0,02 procent av skattekraften. Under de senaste decennierna har ett antal ansökningar om sådan ersättning inlämnats. De kostnader för räddningstjänst som kommunerna sökt ersättning för redovisas i tabell 4.45. Den höga siffran år 2000 härrör till största delen från Arvika kommun, vars sökta belopp uppgick till 23 miljoner kronor.

**Tabell 4.45** Räddningstjänstkostnader för översvämningar, sammanställning av kostnader för kommuner som sökt ersättning från staten

År	Räddningstjänstkostnader, tusen kr
1990	387
1991	
1992	
1993	227
1994	
1995	
1996	
1997	1 091
1998	525
1999	
2000	35 991
2001	5 762
2002	6 087
2003	1 244
2004	13 066
Summa	71 898

*Källa:* Räddningsverket.

Medelvärdet över perioden uppgår till 5 miljoner kronor per år. Detta exkluderar räddningstjänstkostnader som inte överstigit självrisken för kommunerna, och som således inte ingår i kostnaderna i tabellen ovan.

*Kostnader vid inträffade extrema väderhändelser*

De skadekostnader som redovisas ovan kan ställas i förhållande till faktiska kostnader för naturskador i dagens klimat. Under de senaste tio åren har flera stora skred, stormar och översvämningar inträffat i Sverige. Hur stora kostnader dessa orsakat finns endast i undantagsfall sammanställningar för. En indikation är försäkringsbolagens ersättningar för naturskador. I tabell 4.46 återges de fyra största bolagens uppskattningar av sina ersättningsutbetalningar för ett antal stora naturskadehändelser. Till detta ska läggas självriskerna, som kan uppgå till 10 procent av skadekostnaden.

**Tabell 4.46 Skadeersättningar inom försäkringsbranschen för stora naturskador under 1997–2007**

Händelse	År	Antal skador			Skadekostnad (miljoner kronor)			Kommentar
		Privatpersoner/ boende	Företag	Totalt antal	Privatpersoner/ boende	Företag	Total kostnad	
Jordskred Vagnhärad	1997	34	0	34	50	0	50	
Storm Anatol	1999	15 620	6 745	22 365	202	768	970	
Översvämning Vänern	2000	951	84	1 035	38	19	57	
Översvämning Mellannorrland	2000	1 908	192	2 100	73	18	91	
Översvämning Orust	2002	4 663	190	4 853	106	17	123	Skyfall
Översvämning Kalmar	2003	977	117	1 094	42	21	63	Skyfall
Översvämning Småland, Norra Skåne	2004	626	147	773	21	20	41	
Storm Gudrun	2005	56 917	33 303	90 220	604	3 361	3 965	
Översvämning Västsverige	2006	833	248	1 081	19	79	98	Långvarigt regn
Storm Per	2007	7 537	9 623	16 334	78	473	551	

Statistiken bygger på beräkningar och uppskattningar från de fyra största sakförsäkringsbolagen (Folksam, If, Länsförsäkringar och Trygg Hansa), vilka tillsammans har en marknadsandel på 67,8 procent av företags- och fastighetsmarknaden och 80,6 procent av hem- och villabemsknaden avseende försäkringar år 2005.

Noteras kan att stormen Gudrun orsakade dubbelt så stora kostnader som de andra väderhändelserna i tabellen tillsammans. Ändå innefattas inte stora delar av skogsägarnas förluster, som uppgick till 16 miljarder kronor. Sveriges kostnader för stormen Gudrun

beräknades till sammanlagt 20,8 miljarder kronor (Näringsdepartementet, 2005). De största kostnadsposterna för Gudrun listas i tabell 4.47 nedan. Som synes är den helt dominerande posten skador på skogen, men även flera andra sektorer fick kännbara kostnader.

**Tabell 4.47 Skadekostnader för stormen Gudrun. Miljoner kronor.**

Skogsbruket	15 800
Kraftbolagen	1 750
Jordbruket	750
Kommuner	305
Banverket	180
Vägverket	180

*Källa:* Näringsdepartementet, 2005.

Det finns dock händelser som kanske inte ger upphov till så stora ekonomiska konsekvenser, men ändå är att betrakta som katastrofer. Skredet i Tuve 1997 är exempel på en sådan händelse, där de sammanräknade kostnaderna kanske inte är så stora, men där många drabbades hårt och flera människoliv förlorades. Skreden i Ånn och Munkedal 2006 är andra händelser där det var mycket nära en katastrof för dem som färdades på de drabbade sträckorna.

Uppskattningarna av potentiella kostnader för katastrofer i den engelska Sternrapporten (Stern, 2006) baserar sig bl.a. på försäkringsbranschens kostnader till följd av extrema väderhändelser, som har ökat med 2 procent per år sedan 1970-talet. I rapporten hävdas att om denna trend fortsätter, kan de årliga kostnaderna förorsakade av extrema väderhändelser öka till 0,5–1 procent av globala BNP år 2050. Någon motsvarande analys för Sverige kan inte göras, eftersom heltäckande statistik som urskiljer kostnaderna för naturskador i Sverige saknas. Försäkringsersättningarna endast för stora naturskador under perioden 1997–2007, där kostnaderna för stormen Gudrun dominerar, var i snitt 600 miljoner kronor per år. Om detta extrapoleras med 2 procent per år, blir de årliga kostnaderna 1,4 miljarder kronor vid år 2050 och 3,8 miljarder kronor år 2100. Till detta skall läggas självrisker och kostnader som överstiger ersättningsbeloppet.



### 4.8.3 Skadekostnadsscenarioer

#### Två scenarier för kostnader och intäkter

För att få en uppfattning om storleksordningen på de kostnader som kan uppkomma i och med att klimatet förändras har vi gjort kostnadsberäkningar för två möjliga scenarier, Hög- och Låg-scenariet. Högscenariot är baserat på RCA3-EA2, som är det scenario utredningen utgått från. Det representerar en medelhög utvecklingsbana för klimatförändringarna. Låg-scenariet är baserat på RCAO-HB2, som är ett medellågt klimatscenario.

Syftet med att redovisa skadekostnader i två scenarier är framförallt att belysa hur samhället kan komma att påverkas av klimatförändringarna i ekonomiska termer. Det är inte meningsfullt att ställa skadorna i Sverige mot åtgärder för att minska de svenska utsläppen av växthusgaser, eftersom klimatförändringarna sker globalt. Däremot illustrerar skillnaden mellan hög- och lågscenariet nyttan av en global utveckling mot lägre utsläpp. Beräkningarna av de ekonomiska effekterna av klimatförändringarna ger också en indikation om på vilka områden anpassningsåtgärder kan behövas. Kostnadsnyttoanalys av sådana åtgärder får genomföras för varje åtgärd för sig, och en bedömning av det aktuella kostnadsläget, förutsättningarna för teknisk utveckling och möjlig kostnadsutveckling vägas gentemot de skador som ska förhindras.

Scenarierna avser kostnader för skador som kan uppkomma om inga förebyggande åtgärder vidtas. Förutsättningen är således att inga invallningar, erosionsskydd, höjningar av vägar etc. har gjorts. I fall där det är möjligt att förutse skador är det sannolikt att åtgärder vidtas innan skadorna uppträder. Tidsperspektivet är fram till 2100. Beräkningarna utgår från systemens sårbarhet och omfattning idag.

Det finns i de flesta fall inte regelrätta sannolikhetsberäkningar för de olika väderhändelser som orsakar skadorna. I många fall gäller kostnadsberäkningarna för en avgränsad händelse, t.ex. att en vägsträcka spolats bort eller att en vattentäkt blir förorenad. Det är dock i de flesta fall inte möjligt att utifrån klimatscenarierna och de framtagna klimatindexen göra någon uppskattning av hur ofta sådana händelser inträffar. Detta innebär att en sammanställning av kostnaderna över hela tidsperioden fram till 2100 inte är möjlig att

göra annat än i form av ett övergripande räkneexempel som illustrerar vad kostnaden kan bli vid några möjliga händelseförlopp.

I tabell 4.48 ges en översikt över de antaganden som gjorts för olika sektorer. För en mer detaljerad redovisning hänvisas till bilaga A 6. För fjärrvärmesystem och dammar finns inga uppgifter på skadekostnader, endast åtgärdskostnader. De saknas därför i scenarierna. Även turistnäringen har utelämnats. De positiva effekterna för sommarturismen bedöms bli väsentligt större än de negativa konsekvenserna för vinterturismen. Att lägga in enbart den ena sidan skulle därför ge en skev bild.

**Tabell 4.48 Antagna förändringar avseende väderhändelser och skador. Ökning fram till 2100 jämfört med idag. Beräkningar och antaganden redovisas i Bilaga A 6.**

	Lågscenario (baserad på RCA0-HB2)	Högscenario (baserad på RCA3-EA2)
<b>Vägar</b>	Nedre gräns för Vägverkets kostnadsberäkningar.	Övre gräns för intervallet i Vägverkets kostnadsberäkningar.
<b>Järnvägar</b>	Hälften så mycket som för RCA3-EA2	Tre stora skred, två stora stormar
<b>Sjöfart</b>	Hälften så mycket som för RCA3-EA2	Halverade isbrytningskostnader
<b>Ei- och telenät</b>	Något ökade skador pga ökad stormfällning av skog	Fler och kraftigare stormar*
<b>Vattenkraft</b>	Ökning med 14 %	Ökning med 20 %
<b>Vindkraft</b>	Ingen ökning	Ökning med 10 %
<b>Dricksvatten-försörjning</b>	Hälften så stora kostnader som i högscenariot	Större ökning av skador på vattenledningar och vattentäkter. Ökade kostnader för dricksvattenberedning.
<b>Värme/kylbehov</b>	12 procent lägre än i högscenariot	Minskat uppvärmningsbehov baserat på ökat antal graddagar
<b>Byggnads-konstruktioner</b>	Hälften så mycket som för högscenariot	Boverkets beräkningar av ökat underhållsbehov under EA2
<b>Översvämning av byggnader</b>		
<i>Kust</i>	Hälften så stor översvämmad yta som i högscenariot	Hotad yta beräknad med GIS-data och fallstudier. En översvämning av samtliga byggnader på hotad yta.
<i>Vattendrag</i>	Ökad frekvens och omfattning enligt regionala förändringar i nederbörden	Ökad frekvens och omfattning enligt regionala förändringar i nederbörden
<i>Skyfall</i>	Ökad frekvens extrem nederbörd över stad baserad på nederbördsindex	Ökad frekvens extrem nederbörd över stad baserad på nederbördsindex

	Lågsenario (baserad på RCA0-HB2)	Högsenario (baserad på RCA3-EA2)
<b>Översvämning av de stora sjöarna</b>		
<i>Vänern</i>	Fem högvattennivåer på 46,5 m	En högvattennivå på 47,5 m och fem högvattennivåer på 46,5 m
<i>Mälaren</i>	Ingen ökning	En hundraårsnivå
<i>Hjälmaren</i>	Ingen ökning	En hundraårsnivå
<b>Ras och skred</b>	Skred inträffar på 2 % av hotad yta (ökning med 50 %)	Skred inträffar på 4 % av hotad yta (ökning med 100 %)
<b>Kusterosion</b>	10 % av hotad yta eroderar	40 % av hotad yta eroderar
<b>Skogsbruk</b>		
<i>tillväxt</i>	Ökning 20 %	Ökning 40 %
<i>skadegörare mm</i>	lägre gräns angivet intervall	högre gräns angivet intervall
<i>stormskador</i>	Ej ökad stormfrekvens men ökade skador på grund av vindkänsligare skog, cirka 50 % av Högsenariet	Fler och kraftigare stormar*
<i>Torka och brand</i>	Cirka 50% av Högsenariet	Ca 9 stora bränder och 5 tillfällen med extrem torka
<b>Jordbruk</b>		
<i>ökad avkastning</i>	Hälften så mycket som för Högsenariet	Enligt SLU:s uppskattningar för RCA3-EA2
<i>skadegörare, bekämpningsmedel</i>	50 % ökning av bekämpningsmedelsanvändningen	Fördubbling av bekämpningsmedelsanvändningen
<i>stormskador</i>	0	Fler och kraftigare stormar*
<i>bevattning</i>	Bevattning av 20 % av arealen	Bevattning av 40 % av arealen
<b>Fiskerinäring</b>	Minskade torskfångster, bättre insjöfiske	Torsken försvinner, försvårat fiske pga ökad vind, bättre insjöfiske
<b>Hälsa</b>		
<i>värme</i>	Ökning antal dödsfall enligt Stockholmsstudie och scenario B2	Ökning antal dödsfall enligt Stockholmsstudie och scenario A2
<i>smittspridning</i>	Ökning med 25 procent mot slutet av seklet	Ökning med 50 procent mot slutet av seklet
<b>Stormar, kostnader för kommuner</b>	0	Fler och kraftigare stormar*

\* 5 stormar av Pers storlek, 2 stormar av Gudruns storlek, 2 stormar med 50 procent högre kostnader än Gudrun.

## Förutsättningar för Hög- och Lågscenarierna

Den bedömning vi gjort av ökningen i antalet stormar och styrkan i stormarna i Högscenariot är baserade på klimatindex för medelvind, antal dagar med byvind över 21 m/s samt ökning av maximal hastighet i byarna. I RCAO-HB2 som Lågscenariot baseras på beräknas ingen vindökning uppstå, och stormfrekvensen antas därför inte öka. Antagandena för översvämning av byggnader längs vattendrag är baserade på förändring i återkomsttid för dagens hundraårsflöden, samt klimatindex för extrem nederbörd. Andra översvämningsnivåer (med längre och kortare återkomsttid) är inte beaktade. Beräkningarna för Vänern, Mälaren och Hjälmararen är tagna från utredningens delbetänkande.

Ökningen av kusterosion beror dels på havsnivån, dels på vågrörelserna. Hur stor skillnaden blir avseende kusterosion är svårt att uppskatta. De antaganden som gjorts här är ganska försiktiga, och endast tillagda för att visa möjliga storleksordningar på de kapitalförluster som kan uppstå.

Ökningen av ras och skredbenägenheten grundar sig på hundraårsflöden, medelavrinning, intensiv nederbörd och nederbörd under sommaren. SGI har beräknat att skred har inträffar på cirka 2 procent av de skredbenägna områden i landet under de senaste 50 åren. Om skred inträffar på de ytor som beräknas få högre skredbenägenhet med samma frekvens som tidigare skulle alltså 4 procent av den hotade ytan skreda under de närmaste 100 åren.

Uppskattningarna av ökade kostnader för skogsbruket på grund av skadegörare, försvårad drivning mm har tagits fram av SLU och Skogforsk för A2- och B2-scenarierna. Stormskadorna i skogen förväntas öka även i Lågscenariot trots att stormfrekvensen inte antas öka i detta scenario, eftersom skogsbeståndet kommer bli vindkänsligare. För jordbruket används förändringar i medeltemperatur samt vegetationsperiodens början och slut. Skillnaderna mellan RCAO-HB2 och RCA3-EA2 för dessa index är cirka 50 procent.

Fisket beräknas för RCA3-EA2 påverkas av ökade vindstyrkor, högre temperaturer och en minskad salthalt i Östersjön. I RCAO-HB2 antas inte vinden öka, och salthalten i Östersjön minskar inte lika drastiskt. Det gör att förlusterna begränsas till mindre än hälften än vid A2-scenariot.

Vägverket har beräknat ett spann för de skadestnader som beräknas uppstå i ett förändrat klimat. Här har den nedre gränsen i

kostnadsintervallet använts i lågscenariet och den övre gränsen i högscenariet. Antaganden för vatten- och vindkraft baseras på bedömningar i (Gode et al, 2007).

De kostnader som kan uppstå på grund av brister i vattenförsörjningen är svårt att bedöma frekvens och omfattning av. Kostnadsexemplen för vattenförsörjningen är således endast indirekt kopplade till de procentuella skillnaderna för olika index i klimatscenerierna. För illustrationens skull har vi här gjort två olika sammanställningar för de skador som finns kostnadsatta: dels med låg frekvens och låg omfattning, dels med högre frekvens och större omfattning. Vi har också räknat på ökade kostnader för dricksvattenberedning på grund av sämre råvattenkvalitet.

Ökningen av värmerelaterade dödsfall har skalats upp till nationell nivå från en studie för Stockholm från Umeå universitet. De värderas med ett standardvärde för ett statistiskt liv, motsvarande de som används i infrastrukturplaneringen. Beräkningarna av ökad smittspridning bygger på ett schablonantagande baserat på ökningen i medeltemperatur. Sjukdomsfallen värderas med en snittkostnad av ett antal studier av sjukdomsutbrott, och omfattar vård, mediciner och ett visst påslag för indirekta kostnader som kan innefatta t.ex. sveda och värk och produktionsbortfall.

## Resultat

De beräknade kostnaderna och intäkterna för de två scenarierna visas i tabell 4.49. Samtliga beräkningar bygger på antagandet att förändringarna sker successivt fram till 2080 och därefter är förutsättningarna konstanta. Detta beror på att de skadekostnader och intäkter som används i scenarierna i de flesta fall baseras på hur klimatet beräknas bli år 2080 eller i snitt under perioden 2070–2100. Beräkningarna redovisas i Bilaga A 6.

De klimatindex som påverkar de olika sektorerna förändras i många fall cirka dubbelt så mycket i RCA3-EA2 som i RCAO-HB2. I de fall bättre underlag saknats har därför kostnader och intäkter antagits vara hälften så stora i Låg-scenariot som i Hög-scenariot.

Tabell 4.49 Kostnadsberäkningar för scenario Låg och Hög. Sammanlagda skadekostnader för perioden 2011–2100. Miljarder kronor.

	Låg (RCA0-HB2)		Hög (RCA3-EA2)	
	Intäkter	Kostnader	Intäkter	Kostnader
<b>Vägar</b>				
Statliga vägar		-9		-13
Kommunala och enskilda vägar		-3		-9
<b>Järnvägar</b>		-0,2		-1
<b>Flyg</b>	2	-0,2	4	-0,4
<b>Sjöfart</b>	2		5	
<b>Telenät</b>		0		-1
<b>Elnät</b>		-1		-4
<b>Kraftpotentialer</b>				
Vattenkraft	193		261	
Vindkraft	0		26	
<b>Värme- och kylbehov</b>				
Minskat värmebehov	606		689	
Ökat kylbehov		-135		-153
<b>Fjärrvärme</b>		-1		-1
<b>Dricksvattenförsörjning</b>		-62		-124
<b>Byggnadskonstruktioner</b>		-50		-100
<b>Översvämning av bebyggelse</b>				
Vattendrag		-24		-48
Kust		-12		-23
Skyfall		-1		-3
<b>Översvämning av Vänern, Mälaren och Hjälmaren</b>				
Byggnader		-29		-53
Infrastruktur, industrier m.m.		-53		-87
Areella näringar		-0,4		-1
<b>Ras och skred</b> (skada på bebyggelse, el och VA, jord- och skogsbruk)		-7		-14
<b>Kusterosion</b> (skada på bebyggelse, VA och jordbruk)		-22		-88
<b>Skogsbruk</b>				
Ökad tillväxt	307		614	
Skador av storm, brand, m.m.		-49		-97
Övriga skador (drivning m.m.)		-48		-184

	Låg (RCA0-HB2)		Hög (RCA3-EA2)	
	Intäkter	Kostnader	Intäkter	Kostnader
<b>Jordbruk</b>				
Ökad avkastning	36		72	
Ändrad arealanvändning	37		74	
Ökade utgifter för bekämpningsmedel		-20		-39
Ökade kostnader för bevattning		-16		-33
Stormar		0		-4
<b>Fiskerinäringen</b>		-3		-15
<b>Rennäringen</b>		-1		-3
<b>Hälsa</b>				
Värmerelaterade dödsfall		-502		-661
Smittspridning		-69		-138
<b>Kostnader för kommuner</b>				
Stormar		0		-2
Översvämningar		0		-1
<b>Summa</b>	<b>1 183</b>	<b>-1 118</b>	<b>1 745</b>	<b>-1 900</b>

Totalt sett motsvarar kostnaderna i Högscenariot ett bortfall under detta sekel på cirka två tredjedelar av ett års bruttoproduktion, mätt mot dagens BNP (2 600 miljarder kronor år 2006). Intäkterna ökar med ungefär lika mycket. Eftersom det till stor del är andra aktörer och geografiska områden som får del av intäkterna än de som drabbas av kostnaderna, är det viktigt att studera hur kostnader och intäkter fördelar sig.

Uppbyggnaden av scenarierna skiljer sig åt mellan olika områden, vilket bör tas hänsyn till då man tolkar resultaten. Flera av de positiva effekterna, som minskat uppvärmningsbehov och ökad skogstillväxt, är mer direkt kopplade till utvecklingen av olika klimatindex än sådant som t.ex. sjukdomsutbrott. Frekvensen av extrema väderhändelser är också svårt att bedöma.

Den största enskilda posten i beräkningarna är minskade kostnader för uppvärmning av bostäder och lokaler. Denna kostnadsminskning kommer de flesta i samhället till godo. Den kräver heller ingen särskild anpassning för att komma till stånd. Den ökade kraftpotentialen för vind- och vattenkraft kan däremot kräva investeringar för att kunna tas till vara. Skogsbruk och jordbruk får förbättrad avkastning på grund av det varmare klimatet, något som

till viss del motverkas av ökade skador. Det finns stor potential att öka avkastningen och minska skadorna med aktiva anpassningsåtgärder. Kostnaden för sådana åtgärder har inte kunnat uppskattas.

En potentiellt betydande positiv effekt som inte finns med i de kvantitativa beräkningarna är de förbättrade förutsättningarna för sommarturism. Dessa delar av turistnäringen kan förväntas få ökad tillväxt. De negativa konsekvenserna för vinterturismen väntas inte bli lika stora som de positiva för sommarturismen i kronor räknat.

De största negativa posterna är hälsoeffekter, översvämning, kusterosion, effekter av stormar, ökade kostnader för underhåll av byggnader samt ökat kylbehov. De sammanlagda kostnaderna för översvämning av bebyggelse och översvämning av de stora sjöarna, vilka innefattar effekter på flera samhällssektorer, är 80 miljarder kronor i Lågsceariot och 140 miljarder kronor i Högscenariot. Det bör understrykas att alla dessa kostnadsposter, liksom för dricksvattenförsörjningen, är baserade på bedömningar, inte sannolikhetsberäkningar.

Konsekvenserna av naturskador som översvämning, ras och skred kommer troligen att få en ganska ojämn fördelning över landet. De företag och hushåll som drabbas kommer då få bära en ganska stor del av klimatförändringarnas kostnader.

Skillnaderna mellan låg- och högscenariot är störst för de negativa effekterna. Det beror framförallt på antagandena om fler stormar, översvämningar och stora skred i Högscenariot, som baserats på skillnaderna i nederbörd och vind i de olika scenarierna. Uppvärmningskostnaderna minskar kraftigt även i Lågsceariot, eftersom medeltemperaturen ökar betydligt även i RCAO-HB2.

Skadekostnaderna kan påverkas både uppåt och neråt av ett förändrat kostnadsläge. Värdena för fastigheter i attraktiva lägen, vilket ofta innebär sjönära lägen, kan ha stigit mångfalt om efterfrågan ökar pga befolkningstillväxt och bättre ekonomi. Under det senaste seklet har utbyggnaden av infrastruktur i form av fastigheter, vägar, VA, el- och telesystem varit kraftig. Exempelvis skulle en översvämning i Mälaren motsvarande den som inträffade 1924 orsaka många gånger större skador idag. Det finns i dag inga tecken på att denna utveckling stannar av. Nya system kan dock vara både mer eller mindre sårbara än de nuvarande. Samhällets stora elberoende innebär en större sårbarhet än tidigare, medan trådlösa telenät är mindre känsliga för stormar än de fasta näten.



De ekonomiska effekterna kommer att påverkas av många faktorer som inte är inkluderade i analysen, som priser, kapitalbildning, världsmarknadsutvecklingen och utvecklingen för utrikeshandeln. I Konjunkturinstitutets ekonomiska scenarier fram till 2025 antas att den ekonomiska tillväxten blir god, och att investeringstakten och byggandet får en gynnsam utveckling. Befolkningen kommer öka, och det finns tecken som tyder på att det kommer bli en ökad centralisering till vissa storstadsområden, se avsnitt 3.4.1. Det innebär att samhället kommer få goda ekonomiska resurser att investera i åtgärder för att möta klimatförändringarna, men också att större värden drabbas vid extrema väderhändelser och därmed att kostnaderna kan bli större än vid samma händelser idag. Det krävs en god framförhållning av berörda sektorer och i den fysiska planeringen för att inte sårbarheten ska öka.

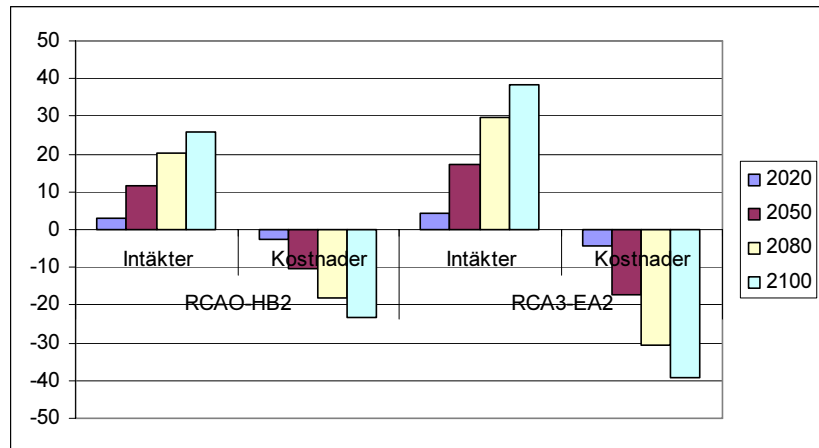
### Effekter på kort och medellång sikt

Det är svårt att säga något om hur snart vissa av effekterna av det förändrade klimatet kommer. I de scenarier vi utgått från ger RCAO-HB2 bara en bild av hur klimatet är i slutet av seklet medan RCA3-EA2 ger resultat för hela seklet, uppdelat på tre perioder.

I de beräkningar som presenterats ovan antas effekterna av klimatförändringen öka linjärt i båda scenarierna. Både kostnaderna och intäkterna stiger från 3–4 miljarder kronor år 2020 till cirka 25–40 miljarder kronor år 2100, beroende på scenario. Om vi räknar med en BNP-tillväxt på 2 procent så motsvarar kostnaderna cirka 0,2 procent av BNP både år 2050 och år 2100. Som påpekats ovan är dock troligen även kapitalstocken större, så andelen av BNP blir förmodligen i realiteten större än så.

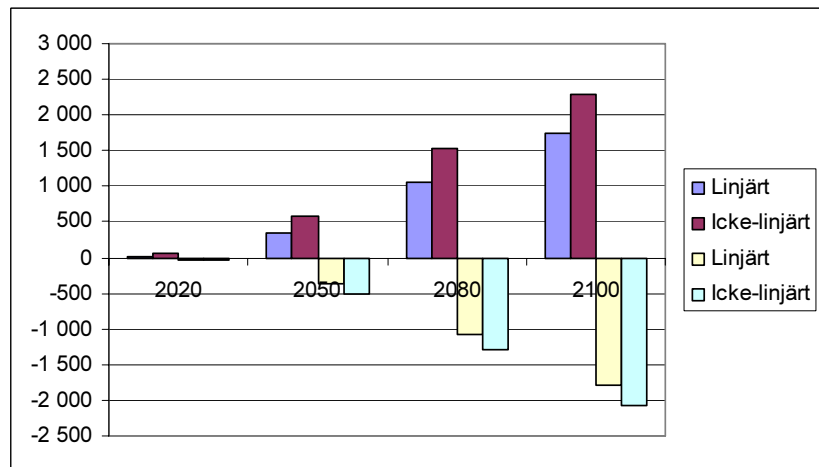
Om BNP-tillväxten istället utvecklas som i de beräkningar som Institutet för Framtidsstudier gjort baserat på befolkningsutvecklingen och åldersstrukturen, avsnitt 3.4.2, kommer tillväxten minska och blir noll från 2030 fram till 2050. Kostnaderna kommer då att utgöra en större andel av BNP. Andelen av BNP år 2050 blir i detta fall 0,5 procent.

**Figur 4.59** Årliga kostnader och intäkter för Hög- och Lågscenariet givet en linjär ökning av klimatförändringarna. Miljarder kronor.



För att illustrera hur kostnaderna skulle påverkas om klimatförändringarna sker snabbare har en alternativ utvecklingsbana tagits fram baserad på RCA3-EA2. De årliga kostnaderna och intäkterna jämfört med en linjär utveckling visas i figur 4.60.

**Figur 4.60** Ackumulerade kostnader och intäkter för RCA3-EA2 för olika utvecklingsbanor. Miljarder kronor



Många av klimatparametrarna förändras linjärt, men några kan ha en annan utveckling. Havsnivåhöjningar är trögare och kan öka mer mot slutet av seklet, medan det finns indikationer på att medelnederbörden och medelvinden kan stiga kraftigt redan vid 2020 på grund av ändringar i vädersystemens banor. Detta skulle kunna medföra att både kostnader och intäkter stiger tidigare och därmed ökar de sammanlagda kostnaderna och intäkterna under seklet. Med den utveckling som visas i figur 4.60 skulle kostnaderna bli uppåt 20 procent högre än med en långsammare, linjär klimatförändring, medan intäkterna skulle bli cirka 30 procent högre. Skillnaden beror på vilka klimatfaktorer som är drivande för de ingående posterna. Om en positiv diskonteringsränta används blir skillnaden ännu större, eftersom intäkter och kostnader som sker närmare i tiden får en större vikt.

### *Diskontering*

Ekonomiska effekter som inträffar i framtiden brukar diskonteras med en diskonteringsränta, som avser att likställa inkomster och kostnader i dag med inkomster och kostnader i framtiden. Den diskonteringsränta som i dag vanligen används i kostnadsnyttoanalyser vid infrastrukturinvesteringar är 4 procent. Av detta motsvarar 2 procent den förväntade genomsnittliga tillväxten i den svenska ekonomin, och 2 procent motsvarar en antagen tidspreferens. Denna *rena tidsdiskontering* grundar sig på att vi har en tendens att värdera inkomster i dag högre än inkomster imorgon, något som bl.a. avspeglar sig i hur stort sparandet är. Det beror bl.a. på osäkerhet om framtida utfall.

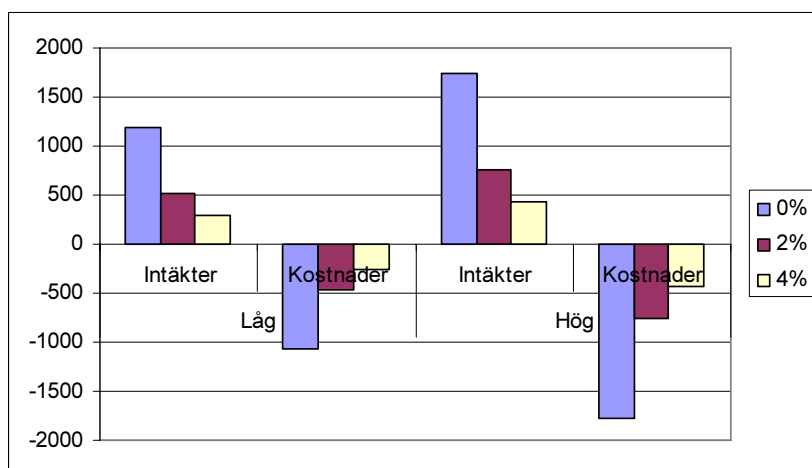
Förfarandet att diskontera framtida effekter är standard i ekonomisk analys, och görs för att kunna jämföra ekonomiska effekter som sker nu och i en osäker framtid. Detta har emellertid ifrågasatts, med motiveringen att det inte är rimligt att framtida generationers nytta nedvärderas i förhållande till nyttan för nu levande generationer, då det gäller handlingar som ger välfärd nu men vars kostnad uppstår långt senare, eller vice versa. Diskussionen har varit särskilt livlig då det gäller miljöekonomisk analys, eftersom det då gäller negativa effekter som påverkar framförallt kommande generationer, men som uppkommer av konsumtion som ger nytta till dagens generationer.

Den engelska Stern-rapporten redovisade stora skadekostnader på grund av klimatförändringarna, vilka beräknades vara långt större än kostnaderna för att minska utsläppen av växthusgaser (Stern 2006). Resultaten berodde delvis på att Stern valt att använda en diskonteringsränta för de rena tidspreferenserna som var nära noll (0,1 procent). Motivet till detta var att en högre diskonteringsränta indikerar att framtida generationers välfärd inte är viktig, vilket Stern ansåg inte stämmer med samhällets preferenser. I Sternrapporten påpekas att kostnaderna för att minska utsläppen av växthusgaser alltid kommer vara för höga om kostnaderna i framtiden ges mycket låga vikter, eftersom effekterna av utsläppen kommer långt senare.

Valet att i princip inte diskontera kostnaderna har gett upphov till en livlig debatt bland ekonomer (se t.ex. Weitzman, 2007; Nordhaus, 2006; Sterner och Persson, 2007). Argumentet mot en så låg diskonteringsränta är i huvudsak att det innebär att nuvarande generationer måste göra stora uppoffringar för att undvika osäkra effekter i framtiden, till förmån för en framtida generation som har mångdubbelt mycket högre inkomst, och för vilka samma kostnader skulle vara en relativt liten del av inkomsten. Man har också diskuterat att använda olika diskonteringsräntor beroende på vilken typ av skador och åtgärder som analysen avser, t.ex. ifall de effekter som ska avvärjas är reversibla eller ej. För miljöeffekter har en avtagande ränta diskuterats, där räntan går mot noll för effekter långt fram i tiden. Klimatförändringarna är ett typiskt exempel på ett fall där förändringarna är irreversibla ur mänsklig synvinkel och där effekterna av både utsläpp och åtgärder har en lång eftersläpning. Att minska utsläppen i slutet av seklet är inte ekvivalent med att minska dem nu, vilket bör beaktas då man gör en kostnads-nyttoanalys av utsläppsminskningar.

Valet av diskonteringsränta påverkar storleken på framtida intäkter och kostnader kraftigt. De resultat som redovisats ovan är inte diskonterade. I figur 4.61 nedan visas resultaten för Hög- och Lågscenarierna diskonterat med 2 och 4 procent.

Figur 4.61 Intäkter och kostnader enligt Låg- och Högscenarierna, diskonterat med 0,2 och 4 procents kalkylränta



Som nämnts ovan består en viss del av kalkylräntan av förväntad reell tillväxt i ekonomin. Det är rimligt att beakta att en stor del av kostnaderna som klimatförändringarna kan ge upphov till kommer att uppkomma i en ekonomi som är betydligt starkare än nu. Samtidigt är det troligt att det kommer finnas byggnader och infrastruktur till mycket högre värden på de områden som drabbas av översvämningar, ras, skred och stormar än det finns nu, vilket betyder att det kommer vara större värden som hotas än om samma händelser inträffade idag. Våra scenarier är beräknade för oförändrad kapitalstock, vilket innebär att kostnaderna troligen underskattats.

#### 4.8.4 Övriga konsekvenser

I avsnitt 4.8.2 beskrivs de effekter av klimatförändringar som kunnat kostnadsberäknas. Många av de effekter som kan förmodas uppkomma har emellertid inte någon direkt effekt på ekonomin, eller har effekter som är svåra att kostnadsberäkna. Påverkan på ekosystemen, kulturmiljön och människors hälsa är exempel på sådana effekter. Det finns också effekter på de tekniska systemen som inte varit möjliga att kvantifiera och kostnadsberäkna. Nedan ges en sammanfattning av dessa konsekvenser.

De flesta av de förändringar som förutses kommer att ske successivt. Det gör att konsekvenserna troligen inte kommer att upplevas som så dramatiska. En successiv anpassning genom medveten planering kan också göra att de negativa konsekvenserna mildras.

## Naturmiljön

Effekter av klimatförändringar på miljömålen beror i stor utsträckning på hur anpassningsåtgärder kommer att utformas. Klimatförändringarna i sig kommer dock att medföra en direkt påverkan på möjligheterna att nå flera miljömål. De mål som vi bedömer att påverkan kommer vara störst på är *Ett rikt växt och djurliv*, *Levande skogar*, *Ett rikt odlingslandskap*, *Storslagen fjällmiljö*, *Ingen övergödning*, *Hav i balans-levande kust och skärgård*, *Levande sjöar och vattendrag* samt *Frisk luft*.

Artbevarandet i skogsekosystemen försvåras i dagsläget av fragmentering, försämring och förstörelse av livsmiljöer, spridning av invasiva främmande arter och föroreningar. Detta medför att en stor mängd arter hotas av utrotning. Klimatförändringar, inklusive väderextremer, förstärker denna effekt eftersom förutsättningarna på en viss plats ändras. Mildare och fuktigare vintrar samt ökad näringsomsättning gör i många fall att fler arter kommer att kunna vara med och konkurrera om utrymmet på en viss ståndort, ibland till nackdel för en art med skyddsbehov på plats, ibland till fördel för en art söderifrån. Arter som nu finns naturligt i landskapet riskerar således att ersättas av andra, mer konkurrensstarka arter. Arter med begränsad spridningsförmåga och speciella ståndortskrav, t.ex. kalkkrävande arter, eller krav på ljusklimat kan få särskilt svårt att hinna flytta norrut. Valet av anpassningsstrategier inom skogsbruket, t.ex. trädslagsval och omloppstider kommer ha stor betydelse för den biologiska mångfalden och miljömålen *ett rikt växt och djurliv samt levande skogar*.

De i många fall hittills relativt opåverkade fjällekosystemen kommer förändras i takt med stigande temperaturer, förändrade snöförhållandena och förhöjd trädgräns. Igenväxningen är ett hot mot många artgrupper. Om renbetetrycket minskar sker igenväxningen än snabbare. Flera alpina arter och arter beroende av palsmyrar med låg konkurrensförmåga kommer ändå att konkurreras ut i ett varmare klimat. Möjligheterna att nå och upprätthålla

miljökvalitetsmålet *storslagen fjällmiljö* kommer därmed också att försämrats.

Möjligheterna att upprätthålla öppna landskap och att därmed bidra till miljömålet *ett rikt odlingslandskap* bör gynnas av klimatförändringarna. Behovet av pesticider mot skadegörare och gödsling för optimering av skördar kommer dock av allt att döma att öka. Hur jordbruket möter denna utveckling påverkar en rad miljömål: *ett rikt växt och djurliv, en giftfri miljö, ingen övergödning, levande sjöar och vattendrag samt hav i balans*. Utvecklingen av odlingsystem, gödslingsregim, växtföljd mm kan minska behoven av pesticider och näringsämnesläckage. Ett ökat återskapande av våtmarker i jordbrukslandskapet skulle t.ex. ha starkt positiva effekter på biologisk mångfald samtidigt som läckaget av näringsämnen till vattendrag, sjöar och hav skulle kunna minskas.

Biologisk mångfald inom kust- och strandekosystem kommer också påverkas av ett varmare klimat. Minskade islyft, minskande vårflood och högre vinterflöden torde minska strandnära våtmarkers utbredning. I områden där det i dag pågår en betydande landhöjning och speciella biotoper bildas, kan stora effekter på den biologiska mångfalden förväntas när havsnivåhöjningen kompenserar för landhöjningen. Detta påverkar miljömålet *ett rikt växt och djurliv*. Kustnära naturtyper, som havssträndängar i främst södra Sverige, kommer att klämmas mellan ökad havsnivå och innanförhängande markanvändning.

Sötvattenmiljön kommer att påverkas dels av en förhöjd temperatur, dels av en ökad avrinning. Alla framtidssimuleringar visar tydligt att markläckaget av närsalter kommer att öka i ett varmare och blötare klimat. Detta leder till en ökad igenväxning av sjöar och vattendrag. Redan i nuläget är många sjöar i behov av åtgärder för att de ska uppnå god ekologisk status, särskilt i södra Sverige. Det innebär att det blir svårt att nå målen *ingen övergödning* och *levande sjöar och vattendrag*.

Vattnet blir mer färgat i upp till 90 procent av alla sjöar södra Sverige. Läget kommer att fortsätta försämrats i takt med klimatförändringen. Det minskade kvävenedfallet innebär sannolikt att totalfosforhalterna ökar snabbare än totalkvävehalterna, vilket leder till att risken för skadliga algblomningar ökar. Förändringarna i Östersjöns miljö och ekosystem kan bli dramatiska om Echam4-modellens scenarier slår in. Den salthalt vi har nu i Norra Kvarken kommer att vara förhärskande så långt söderut som Bornholmsdjupet. Sötvattenmiljöer ersätter då marina miljöer. Torsken

försvinner med stora konsekvenser för hela marina ekosystemet. Echam4-modellen är extrem vad gäller nederbörd och vind. Hadam3H-modellens scenarier ger andra, mildare effekter, främst förskjutningar mellan kall- och varmvattenarter. Kväve- och fosforbelastningen kommer sannolikt att öka även i Östersjön. Tillsammans med den ökade ytvattentemperaturen finns en risk för storskaliga förändringar av de biologiska systemen, bl.a. ökad algblomning. Det finns dock brister i kunskapen om detta. Forskningsläget är osäkert med delvis motstridiga resultat.

Rekreativsmönster och friluftsliv kan förväntas påverkas av de förändrade förutsättningarna i naturmiljön. Förbuskningen av kalfjället kommer påverka fjällturismen. Trycket på kvarvarande kalfjäll riskerar att öka med mer turism och bullerstörningar som påverkar helhetsintrycket. De kvalitéer som utgör hörnstenar för friluftslivet i fjällen riskerar gå förlorade.

Andra aspekter som sannolikt påverkar friluftslivet negativt är minskad förekomst av ädelfisk (röding, öring) i många vatten. Alternativa arter som gädda, abborre och karpfiskar som kan komma i deras ställe upplevs knappast vara av samma värde.

Möjligheterna till jakt bör kunna förbättras i det framtida klimatet med bl.a. större foderproduktion. Älgen kan dock komma att minska i Sydsverige vilket kan minska älgjaktsmöjligheterna här. Å andra sidan bör förutsättningarna för annat hjortvilt förbättras.

Renskötande samers hävdvunna levnadssätt riskeras då anpassning till en för renarna inte helt naturlig årscykel kan komma att fordras. Det handlar både om ökat behov av stödutfordring, ökade behov av förflyttning av renar med lastbil och liknande. Det kan leda till att det emotionella värdet av renskötseln upplevas som urholkat och att en näring djupt rotad i kulturhistoriska traditioner hotas.

### Hälsa och förlust av människoliv

I Sverige har vi tack vare vårt kalla klimat varit relativt förskonade från smittspridning av bakterier som gynnas av varmare temperaturer. Det betyder också att vi kunnat ha enklare livsmedelshandling. Den högre medeltemperaturen gör att vi får flera röt månader i stället för som nu endast i augusti. En försiktigare livsmedelshandling blir nödvändig för att skydda sig mot matförgiftning. Vi har också en enklare dricksvattenberedning än i



utvecklade länder med sämre råvatten. Den försämrade råvattenkvaliteten på grund av mer regn och extremt väder bedöms kräva anpassningsåtgärder.

Även smittspridning via dricksvattnet kommer öka. Översvämningar kan också ge upphov till att gifter kommer ut i dricksvattentäkter genom t.ex. överspolning av betesmark, bräddning av avloppsvatten och urlakning av förorenad mark. Antalet fästingar och andra sjukdomsbärare blir fler, vilket medför att risken för att smittas då man är ute i skog och mark ökar. Ett allvarligt hot är risken för att nya, potentiellt livshotande sjukdomar etableras.

Obehaget av att vara sjuk är en kostnad utöver den rent ekonomiska konsekvenser i form av produktions- och inkomstbortfall. Den ökade risken att smittas av sjukdomar innebär också obehag och ökad oro, liksom ökade besvär och kostnader för att skydda sig.

Höga temperaturer under sommarhalvåret kan orsaka ett betydligt förkortat liv för sjuka och äldre. Det får också andra, mindre dramatiska men ändå betydelsefulla effekter, som obehag och nedsatt hälsotillstånd med följd att produktiviteten påverkas negativt. Under vinterhalvåret får vi däremot en motsatt effekt, då dödligheten minskar som en följd av förre kalla dagar. Denna effekt är dock inte lika stor som den ökade dödligheten till följd av varma temperaturer.

Den ökande frekvensen av ras, skred, översvämningar och stormar för med sig risker för att människor skadas eller omkommer. Om vägar och järnvägar berörs medför det stora risker för de som färdas på de utsatta avsnitten. Utöver den direkta risken att skadas vid själva stormen eller skredet uppstår också risker vid räddningsarbete och arbete med återställning av mark, ledningsnät och byggnader efteråt.

I stort sett alla samhällssektorer drabbas av indirekta konsekvenser av översvämningar och stormar genom att de ofta ger upphov till elavbrott. Många viktiga samhällssektorer saknar reservkraft eller har reserver i otillräcklig omfattning. De som har reservkraftanläggningar har ofta begränsad tillgång till bränsle för att driva dem. Samtidigt är det ofta problemfyllt med bränsletransporterna i krislägen. El- och telesektorn är dessutom oerhört beroende av varandra. Flertalet samhällssektorer är kraftigt beroende av fungerande telekommunikationer.

En ökad stormfrekvens kan väntas till havs i södra Östersjön enligt Echam4- modellen. Riskerna inom fisket kan därför komma

att öka om inte vederbörlig hänsyn till vädersituationen tas eller om kommunikationen av vädervarningar inte fungerar fullt ut. Hur stormfrekvensen förändras över land i Sverige är osäkert, men allt tyder på att risken för stormfällning av skog kommer att öka. Riskerna i samband med upparbetning av vindfällan är alltid stora. I samband med upparbetning av vindfällan efter stormen Gudrun omkom tio personer. Nedstämdhet och depression bland skogsägare uppmärksammades som ett förhållandevis utbrett fenomen i samband med Stormen Gudrun. Rapporter om självmord förekom också. En ökad stormfällning av skog kan också innebära negativa konsekvenser för system med luftledning.

Högre flöden gör att risken för damm- och vallbrott ökar. Om man i högre grad skyddar översvämningshotade områden genom invallning, så medför det också risk för att vallarna brister vid höga flöden och vattennivåer. Det medför risker för skador och dödsfall. Ofta är de områden som invallas stadsområden där många människor bor och vistas, vilket understryker vikten av att bygga med hög säkerhet.

### Kultur och kulturmiljöer

Ett varmare klimat kan på många sätt vara positivt för Sverige. Högre medeltemperatur och fler soliga dagar under sommarhalvåret ger i många fall högre komfort och livskvalitet. De ljummare vintrarna gör att snöiga vinterlandskap blir mer sällsynta, men det kan också upplevas positivt med färre dagar med minusgrader. Antalet regndagar kommer dock öka under vintern.

Ett förändrat klimat ger sannolikt upphov till förändringar i kulturmönster och levnadsvanor. Det finns en potential för framväxande av nya miljöer och kulturmönster som är förknippade med ett varmare klimat. Till den negativa sidan hör att befintliga värden hotas.

Drabbade områden kan få stora skador vid naturkatastrofer. Det kan vara miljöer med stor betydelse för lokalbefolkningen och kulturmiljöer med ett mer allmänt kulturhistoriskt värde. Påfrestningarna på kulturhistoriskt intressanta byggnader kan bli större i ett varmare och fuktigare klimat. Åtgärder som t.ex. invallningar kan också påverka kulturmiljöer som gamla stads-kärnor och kulturhistoriskt värdefulla byggnader i jordbrukslandskapet. Likaså hotas marina samhällen längs kuster och i

skärgårdar i södra halvan av landet. Genom en ytterligare minskad lönsamhet i kustfisket kan kulturhistoriskt värdefulla kustmiljöer som fiskelägen förloras. Med en ökad lönsamhet för jordbruket som kan följa av en klimatförändring kan å andra sidan möjligheterna att bevara kulturhistoriskt intressanta byggnader i jordbrukslandskapet förbättras. Samernas kultur, kulturhistoriskt intressanta byggnader och andra kulturmiljöer riskerar att drabbas om lönsamheten för rennäringen minskar och renskötseln går tillbaka.

### Sysselsättning i turistnäringen och areella näringar

Turistnäringen expanderar snabbt. Antalet sysselsatta ökar år från år och uppgick 2006 till cirka 152 000 personer. En generell fortsatt ökning kan väntas med undantag för vissa vintersportberoende orter. På längre sikt kan en expansion av turistnäringen baserad på sol- och badturism leda till stora positiva sysselsättningseffekter. Stora möjligheter för tillväxt i de delar av turistnäringen kommer sannolikt att skapas i takt med att uppvärmningen över Sydeuropa accentueras och luft- och vattentemperaturer sommartid längs våra kuster och insjöar ökar, förutsatt att vattenkvalitet och dricksvattentillgång är tillräckliga.

Förutsättningarna för vinterturism blir däremot sämre med betydligt kortare vintersäsonger. Delar av den på alpin turism baserade turistnäringen med dess många småföretag riskerar drabbas av intäktsbortfall och försämrad konkurrenskraft p.g.a. minskad snötillgång vintertid, kortare säsong och ökade kostnader för produktion av konstsnö. Detta gäller framför allt anläggningar och orter i Götaland och Svealand, samt södra Norrland utom fjällen i det kortare perspektivet. I det längre perspektivet även främst södra Norrlands fjälltrakter. Hur utvecklingen blir är också starkt beroende av turistanläggningarnas möjligheter att diversifiera verksamheten.

Glesbygden kan gynnas av att förutsättningarna för jord- och skogsbruk förbättras. Den ökade produktionen i skogen och i jordbruket gynnar värdetillväxt och lönsamhet i skogs- och jordbruk, vilket är särskilt positivt för de många småföretagen inom dessa sektorer. Förädlingsindustrin bör också kunna dra nytta av den ökade tillväxten, men investeringar för ökad produktion krävs då i många fall i nya anläggningar för förädling av

träråvara, massaved och vedråvara respektive anläggningar för livsmedelsförädling. Företag inom fiskerinäringen, särskilt de som specialiserat sig på torskfiske, kan drabbas hårt om klimat-scenarierna som ger kraftigt minskad salthalt i Östersjön slår in.

Sysselsättningen inom jord- och skogsbruk samt fiske har minskat under många decennier. Inom jordbruket var 2005 knappt 174 000 sysselsatta (SCB, 2007), inom skogsnäringen arbetade cirka 95 000 personer 2006 (Skogsstyrelsen, 2007) medan fiskerinäringen, beredningsindustri och vattenbruk sysselsätter cirka 5 000 personer (bilaga B 26). En fortsatt minskning av sysselsättningen i dessa näringar kan väntas till följd av fortsatta rationaliseringar även i ett varmare klimat. Minskningen kan dock komma att bli mindre än den annars skulle ha blivit med en ökad produktionspotential i jord- och skogsbruk. Förädlingen av jordbruks-, skogsbruks- och fiskprodukter sysselsätter också många personer men en stark rationalisering pågår också här. En ökad råvarubas inom jord- och skogsbruk ökar förutsättningarna för fler sysselsättningstillfällen inom förädlingsindustrin. Närhet till infrastruktur för export eller till konsument styr ofta lokaliseringen av förädlingsindustrin. Sannolikt kommer detta förhållande att kvarstå, vilket betyder att de regioner som redan i dag har anläggningar för förädling att gynnas.

Rennäringen utgörs väsentligen av små företag och en försämring av förutsättningarna för renskötsel riskerar drabba dessa. I norra Norrlands fjälltrakter kommer, trots vissa minskningar, förhållandevis snörika vintrar och betydande kalfjällsområden fortfarande att vara ett kännetecken. Möjligheterna att kombinera renskötsel med olika turistverksamheter kommer därmed sannolikt att stärkas i detta område som, sett ur ett europeiskt perspektiv, kommer att bli alltmer unikt i takt med klimatförändringarna.

Vid naturkatastrofer som översvämningar och stormar kan företag i de utsatta områdena drabbas, dels av direkta skador, men också av effekter på andra system, som elavbrott och brutna kommunikationer. Om inte el- och telesystemen är robusta kan det också få mer långsiktiga effekter som att glesbygdskommuner får svårt att få företag att etablera sig.

#### 4.8.5 Globala och regionala studier av klimatkonsekvenser

Det finns många analyser över klimatförändringarnas påverkan på världsekonomin. De flesta är gjorda med simuleringsmodeller av typen Integrated Assessment Models (IAM), som innefattar dynamiska funktioner för både ekonomi och klimateffekter, varav (Nordhaus och Boyer, 2000), (Tol, 2002) och Sternrapporten (Stern, 2006) är några av de mest omfattande studierna. Sternrapporten fick ett stort genomslag när den kom på grund av sina kraftfulla resultat, som skiljde sig från tidigare studier flera punkter. Modellerna som använts i de nämnda studierna innefattar både marknadsrelaterade och icke marknadsrelaterade effekter av en klimatförändring.

Resultaten i Nordhaus och Tol visar på en ganska stor påverkan på globala BNP, trots sina mer försiktiga antaganden. Vid en uppvärmning på 2–2,5 grader väntas den globala produktionen minska med mellan 0,5 och 2 procent. De största effekterna väntas komma i utvecklingsländerna. I norra Europa beräknas effekterna initialt kunna bli positiva. Vid en kraftigare uppvärmning, 4–5 grader, visar Nordhaus modell på BNP-förluster mellan 4 och 6 procent, medan BNP-förlusten i Tols analys inte blir större än 2 procent vid 6 graders uppvärmning. Skillnaden dem emellan ligger främst i att Nordhaus innefattar sannolikhetsuppskattningar för katastrofer och kostnader för dessa.

#### IPCC:s fjärde utvärderingsrapport

IPCC gör inga kvantitativa beräkningar av effekterna av klimatförändringarna i olika regioner. I Nordeuropa förväntas både positiva och negativa effekter uppstå. De positiva effekter som lyfts fram är minskat uppvärmningsbehov, ökade skördar och ökad skogtillväxt. Negativa effekter, främst mer frekventa översvämningar vintertid, hotade ekosystem och ökad frekvens av ras, skred och kusterosion, väntas dock uppväga fördelarna varefter klimatförändringarna förstärks.

## Sternrapporten

Den största skillnaden mellan Sternrapporten och tidigare analyser är att katastrofrisker inkluderas på ett mer omfattande sätt, så att potentiellt mycket stora kostnader inkluderas i analysen. De får ett stort genomslag trots att den statistiska sannolikheten antas vara låg. Analysen täcker också en lång tidsperiod, fram till 2200, vilket gör att osäkerheten ökar. De beräknade kostnaderna under nästa sekel får en stor vikt genom att en mycket låg diskonteringsränta använts, vilket gör att kostnader i framtiden får nästan lika stor vikt som kostnader idag. Allt detta sammantaget gör att skadekostnaderna uppskattas bli mångdubbelt större i Sternrapporten än i andra studier.

Analysen i Sternrapporten bygger både på enskilda studier över effekter av klimatförändringar och simuleringar med en IAM-modell, PAGE 2002, liknande dem i Nordhaus och Tol. Basscenariot, som inkluderar katastrofrisker men inte icke marknadsrelaterade effekter, visar på en minskning av BNP per capita globalt med 0,9 procent vid år 2100. BNP-förlusterna stiger drastiskt till 5,3 procent vid år 2200. Utöver basscenariot görs även simuleringar av ett *High Climate scenario* som innefattar effekterna vid förekomsten av återkopplingsmekanismer för klimatförändringarna (ökad växthuseffekt på grund av en försvagning av naturliga kolsänkor och ökade metanutsläpp från bl.a. områden som nu har permafrost). Med dessa antaganden ökar kostnaderna till cirka 2 procent år 2100 och 7,3 procent år 2200. Läggs dessutom icke-marknadsrelaterade effekter till så blir uppskattningen 13,8 procent vid år 2000.

Osäkerheten ökar kraftigt över tiden, vilket avspeglar sig i de beräknade konfidensintervallen. År 2100 ligger konfidensintervallet för basscenariot mellan 0,1 till 3 procent av globala BNP per capita, och år 2200 mellan 0,6 och 13,4 procent. För High-climate-scenarierna är intervallet mångdubbelt större. Den övre gränsen för kostnaderna går vid 35 procents förlust av globala BNP.

## PESETA-studien

The Joint Research Centre vid Europeiska Kommissionen, DG Research, har initierat en studie, PESETA, som avser att analysera effekter av klimatförändringar i Europa för tidshorisonterna

2011–2040 och 2070–2100 med en kvantitativ modellbaserad approach (European Commission, 2007). Två globala scenarier har valts, som ansetts täcka osäkerhetsspannet över drivkrafterna för de global utsläppen: demografisk, ekonomisk och teknisk utveckling. De två scenarier som valts är huvudscenarierna från A2 och B2-grupperna från IPCC:s Special Report on Emissions Scenarios (SRES), dvs. samma som i denna utredning.

De områden som studien fokuserar på är effekter på jordbruk, hälsa, kustskydd, översvämningsrisker vid vattendrag och turism. Endast få resultat finns ännu tillgängliga. Preliminära resultat visar att jordbrukets avkastning kan öka med 3–70 procent i vissa nordliga regioner, givet en viss anpassning till det förändrade klimatet, medan avkastningen förväntas minska i sydliga regioner med mellan 2 och 22 procent. I nästa fas avser man beräkna vilka ekonomiska värden detta kan motsvara. I Sverige uppskattas avkastningen öka med 5–15 procent i södra Sverige och med 15–30 procent i norra Sverige under A2-scenariot. I B2-scenariot beräknas ökningen bli något mindre, 5–10 procent i södra Sverige och 10–15 procent i norra Sverige.

På hälsoområdet redovisas preliminära resultat kring köld- och värmerelaterad mortalitet. Analysen visar att ökningen i värmerelaterade dödsfall förmodligen blir större än minskningen i köldrelaterade dödsfall fram till 2080. Man beräknar att antalet dödsfall kan öka med 86 000 per år under scenario A2, med en global temperaturökning kring 3 grader 2070–2100. Under scenario B2 blir ökningen hälften så stor, cirka 36 000. Dessa resultat innefattar inga acklimatiseringseffekter och heller inga anpassningsåtgärder.

Vidare har beräkningar gjorts av skador på grund av höjd havsvattennivå. Man har räknat med en medelnivåhöjning på 47 cm för scenario A2 och 36 cm för scenario B2. För det senare scenariot uppskattades skadorna till 9,3 miljarder Euro per år vid 2080 om inga skyddsåtgärder vidtogs. Om vissa skyddsåtgärder, som strandfodring och vallar, vidtas beräknas den totala kostnaden för både åtgärder och kvarvarande skador uppgå till cirka 1,3 miljarder Euro. Motsvarande siffror för A2-scenariot är 42 miljarder Euro per år respektive 11 miljarder Euro om skyddsåtgärder vidtas.

Turistströmmen till södra Europa är den enskilt största flödet av turister över hela klotet. Det omfattar 100 miljoner människor per år, vilka spenderar omkring 100 miljarder Euro. De resultat som redovisas pekar på att området med perfekta förhållanden, som

Medelhavet i dag anses ha särskilt för badturism, flyttar norrut, kanske så långt som till Nordsjön eller Östersjön (European Commission, 2007). Förhållandena under vår och höst beräknas däremot bli bättre, och hur detta kan komma att påverka resandemönstren är av avgörande betydelse. Spanien, Italien och Grekland väntas få försämrade förutsättningar för badturism, medan norra Frankrike, Storbritannien, Irland, Nederländerna, Danmark, norra Tyskland, Polen, de baltiska staterna, Finland och Sverige väntas få bättre förutsättningar.

### Studier av turism

Modellstudier i (Hamilton et al, 2005) visar att klimatförändringarna flyttar den internationella turismen uppåt polerna och uppåt bergen. Det totala antalet turister minskar dock, eftersom den internationella turismen domineras av engelsmän och tyskar, och dessa väntas föredra att stanna hemma om klimatet blir varmare i deras egna länder. Denna minskning förväntas dock försvinna i den ökning av turismen som väntas uppkomma på grund av befolkningsökningar och ekonomisk tillväxt.

(Lise and Tol, 2002) visar att turister från hela världen verkar föredra det klimat som i dag finns i Sydfrankrike och Kalifornien, dvs stabilt, varmt och soligt klimat. Ett varmare klimat kanske inte ökar attraktiviteten så mycket om det inte åtföljs av stabilitet vad avser sol och uppehållsväder.

(Berritella et al, 2004) har i en kvantitativ analys med en global allmänjämviktsmodell (GTAP5) funnit att turismen totalt sett inte påverkas av en klimatförändring, men att en signifikant omfördelning mellan destinationer sker. Nordamerika, Östeuropa, f.d. Sovjetunionen samt Australasien väntas få positiva effekter. De negativa förändringarna uppgår till 0,3 procent av globala BNP vid år 2050 och de positiva till 0,5 procent av globala BNP.

### Nationella analyser

Konsekvenserna för Skandinavien skiljer sig rätt markant från de globala analyserna, eftersom de stora negativa effekterna av klimatförändringarna kommer att uppstå i länder på sydligare breddgrader, medan effekterna initialt beräknas kunna bli positiva



längre norrut, t.ex. i norra Europa. Det finns många nationella studier av sårbarheten för klimatförändringar, bl.a. för Nederländerna (Netherlands Environmental Assessment Agency, 2005), Tyskland (Zebisch et al, 2005) och Danmark (Danmarks miljøundersøgelser, 2002). Det är dock huvudsakligen kvalitativa analyser, i vissa fall med kvantitativa beräkningar för några sektorer, som jordbruk och skogsbruk. De beskrivningar av effekterna som görs stämmer väl överens med resultaten för Sverige.

I det finska forskningsprogrammet FINADAPT har man gjort beräkningar av påverkan av klimatförändringarna på areella näringar, turism och energibranschen samt översvämning av byggnader. Beräkningarna visar på en svagt positiv nettoeffekt, främst på grund av förbättrade högre tillväxt i skogsbruket och ökad turism (Perrels et al, 2005). Jordbruket förväntas få ökad produktivitet och minskade produktionskostnader, negativa effekter från översvämningar mm ej medräknade. Nettot för minskat uppvärmningsbehov och ökat kylbehov beräknas bli positivt, liksom vattenkraftpotentialen. Man räknar med en ökad turistinstömning från Europa både för sommar- och vinterturism, trots den kortare vintersäsongen. Skadekostnaderna för översvämning och kostnader för förebyggande åtgärder mot översvämning väntas öka med sammanlagt cirka 200 miljoner kronor per år. Allt som allt blir det en liten positiv effekt, motsvarande cirka 0,06 procent av BNP år 2020 och 0,02 procent år 2080. Ökade kostnader för transportinfrastruktur, industri- och tjänstesektorer är inte inkluderade i analysen. Kostnader för stormar, ras och skred har heller inte behandlats.

### Jämförelse med kostnadsscenarierna för Sverige

Utöver skillnaden i geografisk omfattning skiljer sig våra beräkningar på många sätt från de globala studier som ofta citeras. Analyserna i denna utredning bygger inte på modellsimuleringar utan på en bottom-up-metod med sektorvisa studier. Våra resultat bygger på scenarier endast för de kommande hundra åren, och på att uppvärmningen i vår region inte blir högre än cirka 3,5 grader. Återkopplingsmekanismer som de i Sterns *High Climate*-scenario är inte inkluderade. Scenarierna innefattar en ökad frekvens av vissa extrema väderhändelser: några fler stormar av Gudruns dignitet och en kraftig översvämning av Vänern. Risker för katastrofer med

konsekvenser som är större eller av annan art än vid tidigare händelser, exempelvis en kraftig översvämning i Mälardalen eller Göteborg, har inte inkluderats. Beräkningarna innefattar heller inga icke-marknadsrelaterade kostnader.

Det kan noteras att de stora kostnaderna i Sternrapporten främst uppträder efter 2100. Vi har inte gjort några beräkningar som sträcker sig längre än till 2100. Beräkningar så långt fram i tiden blir av naturliga skäl mycket osäkra, och har inte setts som meningsfulla att göra i denna utredning. Icke desto mindre är det viktigt att understryka att klimatförändringarna fortsätter även efter sekelskiftet, och kan medföra mycket kraftigare effekter än de som tagits upp här.

I Peseta-studien har man gjort uppskattningar av ökningen i jordbrukets avkastning. De är lägre än de uppskattningar som gjorts i expertgrupperna som varit knutna till denna utredning. Särskilt avkastningen av jordarna i Norrland beräknas öka mer. Kostnaderna för havsnivåhöjningen har bara beräknats på europeisk nivå i Peseta. De antaganden som gjorts för Högscenariot i våra beräkningar innebär att kostnaderna för översvämning av kustnära områden och kusterosion skulle uppgå till 0,7 miljarder kronor per år vid 2080, vilket skulle motsvara cirka 0,2 procent av kostnaderna för hela Europa. Det är svårt att bedöma om detta är rimligt eller inte, eftersom de bakomliggande beräkningarna inte redovisas i den övergripande rapport som PESETA hittills lämnat, och kostnaderna beror både på hur låg kusten är i olika länder samt hur mycket bebyggelse och infrastruktur som befinner sig på hotade områden.

Kostnadsberäkningarna i den finska studien i FINADAPT-programmet omfattar bara en delmängd av det som ingår i våra scenarier, men resultaten för de sektorer som inkluderats ligger i samma storleksordning som beräkningarna för Sverige.

## Referenser

- Agrawala, S. (ed.) (2007). *Climate Change in the European Alps. Adapting Wintertourism and Natural Hazards Management*. OECD Publishing.
- Andersson-Sköld, Y. (2007). *Föroreningsspredning vid översvämningar. Etapp I*. Statens Geotekniska Institut. Varia 576.
- Andersson-Sköld, Y., Nyberg, H., Göransson, G., Lindström, Å., Nordbäck, J., Gustafsson, G. (2007). *Föroreningsspredning vid översvämningar. Etapp II*. Statens Geotekniska Institut, Varia 577.
- Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S., Bergström, S. (2006). *Dammsäkerhet – Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat*. Elforsk rapport 06:80.
- Andréasson, J. (2006). *Hydropower production in future climates – an example from Sweden*. Climate Change and Energy, SMHI. No 3.
- Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S., Bergström, S. (2007). *Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat, andra upplagan, kompletterad med analyser för Umeälven*. Elforsk rapport 07:15.
- Andréasson, J., Hellström, S.-S., Rosberg, J., Bergström, S. (2007b). *Översiktlig kartpresentation av klimatförändringars påverkan på Sveriges vattentillgång – Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. SMHI Hydrologi, Nr 106.
- Arvidsjaur (2007). *Seminarium Arvidsjaur 22–23 mars 2007*.
- Association of British Insurers (2005). *The Financial Risks of Climate Change*. ABI Rapport.
- Banverket (2003). *Robusthets- och säkerhetsaspekter i järnvägsplanering*. BVH (Banverkets handböcker) 806.7.
- Banverket (2007). *Uppdrag att redovisa åtgärder för att bedöma och förebygga risk för erosion, ras och skred m.m.* HK 06-4027/BA30.
- Benckert, A. och Göransson, T. (2001). *Slutrapport Dammhaveri i Aitik den 8 september 2000*, Rapport Boliden 2001-03-30.
- Bergström, S., Hellström, S.-S., Andréasson, J. (2006). *Framtidens översvämningsrisker*. SMHI Reports Hydrology Nr. 19.
- Bergström, S., Hellström, S.-S., Andréasson, J. (2006b). *Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem*. Hydrologiskt under-

- lag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. SMHI Reports Hydrology Nr. 20.
- Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., Tol, R. (2004). *A General Equilibrium Analysis Of Climate Change Impacts On Tourism*. FEEM Working Paper No. 127.04. Fondazione Eni Enrico Mattei, Milano.
- Boverket (2006). *Vad händer med kusten – Erfarenheter från kommunal och regional planering samt EU-projekt i Sveriges kustområden*. Rapport.
- Bruun, P. (1988). *Profile nourishment: Its background and economic advantages*. Journal of Coastal Research 4.
- Callaghan, T.V., Björn, L.O., Chernov, Y., Chapin, Christensen, T.R., Huntley, B., Ims, R.A., Johansson, M., Jolly, D., Jonasson, S., Matveyeva, N., Panikov, N., Oechel, W., Shaver, G., Elster, J., Jónsdóttir, I.S., Laine, K., Taulavuori, K. Taulavuori, E. & Zöckler, C. (2004). *Climate change and UV-B impacts on arctic tundra and polar desert ecosystems. Responses to projected changes in climate and UV-B at the species level*. Ambio 33: 418–435.
- Carlshem, L. (2006). *Kort information angående konsekvenser för Svenska stamnätet vid förhöjda vattenstånd i Väneren, Mälaren och Hjälmaren*. Information Svenska Kraftnät.
- Carlsson, B., Graham, L.P., Rosberg, J. (2005). *Exploring the range of uncertainty in climate change impacts on runoff and hydropower for the Luleälven River*. 15<sup>th</sup> International Northern Research Basins Symposium and Workshop, Luleå to Kivickjokk, Sweden, August 29<sup>th</sup>–September 2<sup>nd</sup>.
- Carlsson, B., Bergström, S., Andréasson, J., Hellström, S-S. (2006). *Framtidens översvämningsrisker*. SMHI Reports Hydrology Nr 19.
- CIESIN (2002). *Country-level GDP and Downscaled Projections based on the A1, A2, B1, and B2 Marker Scenarios, 1990–2100*, [digital version]. Palisades, NY: Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University. <http://www.ciesin.columbia.edu/datasets/downscaled>. (070625)
- Climate and Energy (2007). *Impacts of climate change on river runoff, glaciers and hydropower in the Nordic area*. Report no. CE-6. Nordic Project on Climate and Energy.

- CNA Corporation (2007). *National Security and the threat of Climate Change*. Rapport.
- Dagens Nyheter (2007). *Japanska jätteostron har invaderat västkusten*. Artikel 2007-08-27.
- Danell, Öje (2007). *Rennäring och annan markanvändning*. Presentationsmaterial Arvidsjaur 22–23 mars 2007.
- Danmarks miljøundersøgelser (2002). *Dansk tilpasning til et ændret klima*. Faglig rapport fra DMU, nr 401. DMU/Miljøministeriet. Dnr 393-2006-BE90.
- Ecoheatcool (2006). *The European Cold Market*. Work Package II Final report.
- Edberg O. (2006). *An assessment of the impacts of climate change upon the winter tourism industry in Åre Sweden*.
- Engardt M, Foltescu V. (2007). *Luftföroreningar i Europa under framtida klimat*. SMHI, Meteorologi 2007:nr.125.
- EU-kommissionen (2006). *Att hantera yttre energirisker* S160/06, 2006. Rapport från kommissionen/generalsekreteraren/den högre representanten till Europeiska rådet
- EU-kommissionen (2006b). *En europeisk strategi för en hållbar, konkurrenskraftig och trygg energiförsörjning*. KOM 2006:105.
- EU-kommissionen (2006c). *Handlingsplan för energieffektivitet: att förverkliga möjligheterna*. KOM (2006)545.
- EU-kommissionen (2007), *Limiting Global Climate Change to 2 degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond*. Commission staff working document. Accompanying document to the Communication from the Commission Impact Assessment. {COM(2007) 2 final}{SEC(2007) 7}
- Eurostat (2007). *Inbound and outbound tourism in Europe – Issue number 52/2007* ([http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?\\_pageid=1073,46587259&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL&p\\_product\\_code=KS-SF-07-052](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1073,46587259&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_product_code=KS-SF-07-052)). F-213-507-04, F-2278-548-04, 2005
- Fallsvik, J., Hågeryd, A.-C., Lind, B., Alexandersson, H., Edsgård, S., Löfling, P., Nordlander, H., Thunholm, B. (2007). *Klimatförändringens inverkan i Sverige. Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat*. SGI dnr 1-0611-0652.
- Fenger, J. (ed.) (2007). *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources. Their role in the Nordic energy system. A com-*

- prehensive report resulting from a Nordic Energy research project.* Nord 2007:003.
- Fidje, A., Martinsson, T. Solar energy. Fenger, J. (ed.) (2007). *Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources. Their role in the Nordic energy system. A comprehensive report resulting from a Nordic Energy research project.* Nord 2007:003.
- Finansinspektionen (2004). *Från elavbrott till 11 september.* Rapport.
- Fiskeriverket (2007), *Amerikanska kammaneter i svenska vattenoroar* Fiskeriverket, 2007-08-09, <http://www.fiskeriverket.se/>
- Flödeskommittén (1990). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Slutrapport från Flödeskommittén.* Statens vattenfallswerk, Svenska Kraftverksföreningen, SMHI.
- Friluftsförbundet (2007). [www.friluftsförbundet.se](http://www.friluftsförbundet.se)
- German Advisory Council on Global Change (WBGU) (2007). *World in Transition – Climate Change as a Security Risk.* Summary for Policy-Makers.
- Gode, J., Axelsson, J., Eriksson, S., Hovsenius, G., Kjellström, E., Larsson, P., Lundström, L., Persson, G. (2007). *Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar. Effekter, sårbarhet och anpassning.* Elforsk rapport nr 07:39.
- Golder Associates AB (2004). *Bedömning av konsekvenser vid ett eventuellt dammhaveri, dammanläggningar för ett nytt sandmagasin, på uppdrag av Boliden Mineral AB, januari 2004.* Rapport.
- Haldén, P. (2007) *Rapport om klimatförändringarnas samhälleliga och säkerhetsmässiga konsekvenser.* Climatools. Rapport till Miljövårdsberedningen.
- Hamilton, J.M., D.J. Maddison and R.S.J. Tol (2005). *The Effects of Climate Change on International Tourism*, Climate Research, 29, 245–254.
- Hartman-Persson, A. (2007). *Personlig kommunikation Forsmark kärnkraftverk om kärnkraftsverks känslighet mot förhöjda vattentemperaturer 2007-06-15.*
- Helsinki Commission (2007). *Climate Change in the Baltic Sea Area, Helcom Thematic Assessment in 2007.* Baltic Sea Environment Proceedings No 111.

- IPCC (2007). *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policy Makers. WGII.
- IVL Svenska Miljöinstitutet (2007). *Kompletteringar – Analys av värme- och kylbehov för bygg- och fastighetssektorn i Sverige*. Elektronisk kommunikation 2007-08-24.
- Jord- och skogsbruksministeriet, (2005). *Nationell strategi för anpassning till klimatförändringen*. Finlands anpassningsstrategi.
- Jöborn, A., I. Danielsson, H. Oscarsson (red.) (2006). *På tal om vatten*. Alfa print.
- Kemikalieinspektionen (2005). *PM 2005-12-19*. Diarienummer F-213-507-04, F-2278-548-04, 2005.
- Kjellström E, Barring L, Gollvik S, Hansson U, et al. (2005) *A 140-year simulation of the European climate with the new version of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA3)*. SMHI, 2005; No.108.
- Kullman, L. (2007). *Föredrag vid Rennäringsseminarium i Arvidsjaur 22–23 mars 2007*.
- Lindh, T. and B. Malmberg (1999). *Age structure effects and growth in the OECD, 1950–1990*. Journal of Population Economics 12(3): 431–49.
- Lise, W. and Tol, R.S.J. (2002): *Impact of climate on tourism demand*. Climatic Change, 55(4), 429–449.
- Långtidsutredningen (2007). *Strukturomvandlingstakten i Sverige 1988–2004*. Underlagsrapport.
- Malmberg, B. (1994). *Age structure effects on economic growth – Swedish evidence*. Scandinavian Economic History Review 42(3): 279-95.
- Meier, H.E.M. (2006). *Baltic sea climate in the late twenty-first century: a dynamical downscaling approach using two global models and two emission scenarios*. Clim. Dyn., 27(1) 39–68. Springer Science and Business Media.
- Meier, H.E.M., Broman, B., Kjellström, E. (2004). *Simulated sealevel in past and future climates of the Baltic Sea*. Clim. Res., 27, 59–75. Inter Research.
- Menzel, A., Sparks, TH, Estrella, N., Anto, A.A., et al. (2006) *European phenological response to climate change matches the warming pattern*. Global Change Biology 2006;12:1969–1976.
- Miljömålsportalen (<http://www.miljomal.nu/>)

- Mo, B., Doorman, G. & Grinden, B. (2006). *The impact of climate change on the Nord Pool electricity market*. European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources Reykjavik, Iceland, June 5–9, 2006.
- Moen J., Fredman P. (2007). *Effects of climate change on alpine skiing in Sweden*. Under publicering i Journal of Sustainable Tourism.
- Moen, J. and Danell, Ö. (2003). *Reindeer in the Swedish Mountains: An Assessment of Grazing Impacts*. *Ambio* 32.
- Moen, J. (2006). *Climate change, reindeer, and forage: effects on the ecological basis for reindeer husbandry*. Utkast artikel 2006-09-19.
- Naturvårdsverket (2007). *Klimat effekter, anpassning och sårbarhet*. Rapport 5704.
- Netherlands Environmental Assessment Agency (2005). *The effects of climate change in the Netherlands*. MNP Bilthoven.
- Nordhaus, W. och J. Boyer (2000). *Warming the World – the Economics of the Greenhouse Effect*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Nutek (2007). *Årsbokslut för svensk turism och turistnäring 2006*.
- Näringsdepartementet (2005). *Fakta om Sveriges ansökan om bistånd från EU:s solidaritetsfond*. PM 2005-03-10.
- Perrels, A., Rajal, R. and Honkatukia, J. (2005). *Appraising the socioeconomic impacts of climate change for Finland*. FINADAPT Working paper 12, Finnish Environment Institute Mimeographs 342, Helsinki.
- Prop. 2006/07:122. *Ett första steg för en enklare plan- och bygglag*.
- PTS (2003). *Robusta elektroniska kommunikationer. Strategi för åren 2003–2005*. PTS-ER-2003:13.
- Rankka, K., Rydell, B. (2005). *Erosion och översvämningar. Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat*. Deluppdrag 2. SGI Varia 560:2.
- Riksdagen (2002). *Sveriges säkerhetspolitiska linje, fastslagen den 11 februari 2002*.
- Riksrevisionen (2007). *Säkerheten vid vattenkraftdammar*. RiR 2007:9.
- Rocklöv J, Forsberg B. (2007). *Dödsfallen i Stockholm ökar med värmen – värmeböljor kan bli ett hälsoproblem i Sverige*. Manus accepterat för publicering i Läkartidningen.



- Rydell, B. (2007). *Skydd av byggd miljö – stranderosion*. PM till utredningen, SGI.
- Rydell, B., Angerud, P., Hågeryd, A.-C., Nyberg, H. (2006). *Omfattning av stranderosion i Sverige. Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden*. SGI Varia 543.
- Räddningsverket (1996). *Lönar det sig att förebygga skred?* R53-151/96.
- Räddningsverket (2000). *Översvämning*. ISBN 91-7253-081-2.
- Samernas Riksförbund (2007). *www.sapmi.se*
- SCB (2005). *Rikets fastigheter 2005, del 1*. Statistiska meddelanden BO 27 SM 0501.
- SCB (2006). *Energistatistik för flerbostadshus 2005*. Statistiskt meddelande EN 16 SM0603.
- SCB (2006b). *Energistatistik för lokaler 2005*. Statistiskt meddelande EN 16 SM0603.
- SCB (2006c). *Energistatistik för småhus 2005*. Statistiskt meddelande EN 16 SM0601.
- SCB (2006d). *Skogsstatistisk årsbok 2006*.
- SCB (2007). *Boende, byggande och bebyggelse*. Statistikdatabasen.
- Scott, D. och Jones, B. (2006). *Climate Change & Seasonality in Canadian Outdoor Recreation and Tourism*. Waterloo, ON: University of Waterloo, Department of Geography
- SGI (2006). *På säker grund för hållbar utveckling – förslag till handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat*. Handlingsplan.
- SGI (2007). *Skreddrabbade sträckor i Sverige*. PM Frekvens av skred i Sverige.
- SIDA (2004). *Klimat och utveckling – Sidas synsätt*. PM.
- Sievänen, T., Tervo, K., Neuvonen, M., Pouta, E., Saarinen, J. and Peltonen, A. (2005). *Nature-based tourism, outdoor recreation and adaptation to climate change*. FINADAPT Working Paper 11, Finnish Environment Institute Mimeographs 341.
- Skogsstyrelsen (2006). *Stormen 2005 – en skoglig analys*. Skogsstyrelsen meddelande 1.
- Skogsstyrelsen (2007). *Personlig kommunikation Christer Kalén*.
- SMHI (2007). *Klimatunderlag från SMHI till Klimat- och sårbarhetsutredningen*.

- SMHI och Naturvårdsverket (2003). *En Varmare Värld*. Monitor 18.
- SOU 2001:101 *En ny rennäringspolitik – öppna samebyar och samverkan med andra markanvändare*.
- SOU 2006:14 *Samernas sedvanemarkar*. Gränsdragningskommissionen.
- SOU 2006:81 *Mervärdesskog*. Slutbetänkande av Skogsutredningen 2004.
- SOU 2006:94 *Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Väneren*. Delbetänkande Klimat- och sårbarhetsutredningen.
- SOU 2007:36 *Jordbruket som bioenergiproducent*.
- Statens Energimyndighet (2006). *Förbättrad energistatistik för lokaler – Stegvis STIL*, Rapport för år 1.
- Statens Energimyndighet (2005). *Stormen Gudrun – konsekvenser för nätbolag och samhälle*. ER 16:2005.
- Statens Jordbruksverk (2006) *PM till utredningen*.
- Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change – The Stern Review*. Cambridge University press, United Kingdom.
- Stern, T. och Persson M. (2007). *An Even Serner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate*. Resources for the Future Discussion Paper, RFF DP 07-37. Washington, D.C.
- SveMin (2007). *GrvRidas – Grvindustrins riktlinjer för dammsäkerhet*.
- Svensk Energi (2002). *RIDAS – Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Riktlinjer reviderade 2002.
- Svensk Energi (2007). *Stormen Per kostade 1,4 miljarder*. Artikel Svenskenergi.nu nr 3: 2007.
- Svenska Kraftnät (2007). *Dammsäkerhetsutvecklingen i Sverige. En sammanställning baserad bl.a. på dammägarnas årsrapportering till länsstyrelserna om dammsäkerhet årsskiftena 2004/2005 och 2005/2006*. Dnr 393-2006-BE90.
- Svenska Kraftnät (2007b). *Kommunikation med Sture Larsson, Svenska Kraftnät, augusti 2007*.
- Svenskt Vatten (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering*.

- Svenskt Vatten VASS (2007). *Svenskt Vattens webbaserade statistiksystem*.
- Svensson, J., Strand, J., Sahlén, G., Weisner, S. (2002). *Biotopskydd för vattenanknutna biotoper*. Naturvårdsverket rapport 5262.
- Tol, R. S.J. (2002). *Estimates of the damage costs of climate change – part II: dynamic estimates*. Environmental and Resource Economics 21: 135–150.
- Turistdelegationen. (2005). *Besöksmål i Sverige*.
- Viner, D. (2006). *Tourism and its Interactions with Climate Change*. Journal of Sustainable Tourism. Vol. 4:317–322.
- Viner, D. (2007). *OH-presentation vid konferensen Water and Climate, 12–14 februari, Berlin*.
- Wayne P, Foster S, Connolly J, Bazzaz F, Epstein P. (2002). *Production of allergenic pollen by ragweed (Ambrosia artemisiifolia L.) is increased in CO2-enriched atmospheres*. Ann Allergy Asthma Immunol 2002; 88(3):279–282.
- Weitzman, M. (2007). *The Stern review of the economics of climate change*. Forthcoming, Journal of Economic Literature.
- Zebisch, M., Gorthmann T., Schröter, D., Hasse, C., Fritsch, U., Cramer, W. (2005). *Climate Change in Germany. Vulnerability and Adaptation of climate sensitive Sectors*. Federal Environmental Agency, Research Report 201 41 253. Dessau.
- Åström, J., Fellman, M., Pettersson, T. (2007). *Förekomsten av bräddning i ljuset av framtida klimatförändringar*. Material till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Intern rapport Chalmers.
- Östblom, G. (2007). *Samhällsekonomiska kalkyler för kontrollstation 2008*, PM 2007:06, Konjunkturinstitutet.
- Östersund (2007). *Seminarium om turism och klimatförändringar genomfört av Klimat och sårbarhetsutredningen tillsammans med ETOUR 16 april 2007*.