

Risker, konsekvenser och sårbarhet för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt



SMHI (2014). Risker, konsekvenser och sårbarhet för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt. SMHI Klimatologi Nr 10. SMHI, SE-601 76 Norrköping, Sverige.

Pärmbilden är ett collage av foton; skogsbrand, raserad bilväg och översvämmat villaområde.

Källor: SMHI Bildarkiv, Rolf Hansson och Gunn Persson.

ISSN : 1654-2258 © SMHI

Förord

Regeringen gav år 2014 SMHI i uppdrag att utarbeta underlag till Kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. Som en del av uppdraget ingick att:

”Göra en uppdaterad sammanställning av kunskapen om nuvarande och framtida risker och konsekvenser på lokal, regional och nationell nivå, med utgångspunkt från bland annat analys och slutsatser i utredningen Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter (SOU 2007:60) och utifrån aktuellt kunskapsbaserat underlag.”

I föreliggande rapport beskrivs den kunskapsutveckling kring det svenska samhällets sårbarhet för ett förändrat klimat som skett sedan Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande offentliggjordes 2007. Sammanställningen är baserad på uppgifter från myndigheter, organisationer och experter. Som en del i kunskapsinhämtningen hölls en workshop den 4 april 2014 på SMHI med deltagande främst av representanter för relevanta myndigheter, men också med experter från universitet och organisationer.

Flertalet av de i rapporten refererade myndigheterna och organisationerna har varit aktiva i framtagandet av texterna:

Boverket, Dricksvattenutredningen, Energimyndigheten, FOI (Totalförsvarets forskningsinstitut), Folkhälsomyndigheten, Havs- och Vattenmyndigheten, Jordbruksverket, Lantmäteriet, Livsmedelsverket, Länsstyrelserna, MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), Naturvårdsverket, PTS (Post- och telestyrelsen), Riksantikvarieämbetet, Sametinget, SGU (Sveriges geologiska undersökning), SGI (Statens geotekniska institut), Sjöfartsverket, Skogsstyrelsen, SVA (Statens veterinärmedicinska anstalt), Svenska kraftnät, Svenskt Vatten, Sydvatten och Trafikverket.

Bidrag har även inkommit från Bertil Forsberg (Umeå universitet), Hans Hansson (Lunds universitet), Lars Nyberg (Karlstad universitet) och Tor Broström (Uppsala universitet).

Materialet har sammanställts av Lotta Andersson, Gunn Persson, Sten Bergström och Alexandra Ohlsson.

Sammanfattning

Regeringen gav år 2014 SMHI i uppdrag att utarbeta underlag till Kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. Som en del av uppdraget ingick att göra en uppdaterad sammanställning av kunskapen om nuvarande och framtida risker och konsekvenser, främst med utgångspunkt från Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60). I föreliggande rapport beskrivs kunskapsläget kring det svenska samhällets sårbarhet för ett förändrat klimat.

Klimatförändringarna påverkar hela samhället. Generellt kan sägas att medvetenheten om klimatförändringarnas påverkan har ökat, men det saknas en del kunskap och verktyg, främst på den lokala nivån.

Översvämningsriskerna kring sjöar och längs vattendrag ökar, vilket kan påverka bebyggelse och infrastruktur. Risker för *ras och skred* tros också öka, främst i landets västra och sydvästra delar samt områden längs östra kusten. *Erosion* längs vattendrag, sjöar och kuster kan komma att öka i delar av landet.

Vattentillgång och -kvalitet kommer att påverkas av förändrade nederbördsmonster, ökad spridning av föroreningar samt ökade mikrobiologiska risker.

Energisystemet kommer att utsättas för större påfrestningar, särskilt av extrema väderhändelser. Kunskapen har ökat kring klimatförändringarnas effekter på energisystemet, men det kvarstår kunskapsluckor relaterade till extremväder och anpassningsåtgärder.

Kunskap och medvetenhet om klimatförändringarnas påverkan på *kommunikationerna* i samhället har ökat, men det finns fortfarande behov av mer utredning och verktyg.

Förutsättningarna för *jordbruket* förbättras i huvudsak, med möjlighet till ökade skördar och nya grödor. Samtidigt kommer fler skadegörare och ogräs in. Nya behov av bevattning kan uppstå och markavvattningen kan behöva en översyn. Eventuellt minskat utbud av livsmedel på världsmarknaden, kan innebära ökad efterfrågan på svenska livsmedel. Samtidigt går Sverige idag mot ökat importberoende.

Även *djurhållningen* står inför stora utmaningar. Å ena sidan kan djuren gå ute under en längre del av året och möjligheterna att vara självförsörjande med foder ökar. Men det varmare klimatet medför också risk för att nya djursjukdomar uppträder.

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. Stora regionala skillnader i utbudet av kommersiellt virke kan påverka svensk skogsindustri.

Förändrade förutsättningar är också att vänta för *fiskbestånden*. Nya fiskarter i svenska vatten kan föra med sig nya smittor och konkurrera ut befintliga arter i känsliga ekosystem.

Renskötseln i Sverige kommer att allvarligt påverkas av klimatförändringarna och effekterna utgör stora utmaningar.

Klimatförändringarna ger både positiva och negativa effekter för *turismen*. Det finns hinder för anpassningskapaciteten, bland annat bristande organisering av besöksnäringen.

Människors och djurs hälsa kan påverkas direkt av extrema väderhändelser. Ett varmare klimat ger även upphov till förändrade smittspridningsmönster och nya sjukdomar kan nå Sverige. Förändringar i luft, vatten och mark, orsakade av klimatförändringar, kan också påverka hälsotillståndet för djur och människor.

På nationell nivå är kunskaperna om risker för *bebyggelse* tillräckliga för att rekommendera åtgärder, men det saknas lokala beslutsunderlag. För *kulturarvet* behöver kunskapen öka.

Klimatförändringarna förväntas leda till förändringar för *den biologiska mångfalden och ekosystemen*. Det påverkar förmågan att nå flera av Sveriges miljömål och behöver ses i samband med andra miljöhot. Det finns bland annat behov av regionala kartläggningar av hur arter, ekosystem, naturtyper och biologisk mångfald kan påverkas.

Risk- och säkerhetsperspektivet har växt fram under senare år, men präglas av utmaningar avseende metoder. Mycket få studier behandlar förhållanden i Sverige.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	INLEDNING	1
3	ALLMÄNT OM KUNSKAPSLÄGET	1
3.1	Nya klimatscenarier	2
3.2	Länsvisa och kommunala klimatanalyser	3
3.3	Underlag från Lantmäteriet	4
3.4	Nationell plattform för arbete med naturolyckor.....	5
3.5	Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning.....	6
3.6	Rapporter om det allmänna kunskapsläget inom klimatanpassning.....	6
3.7	Stora forskningssatsningar	7
4	ÖVERSVÄMNINGAR	8
4.1	Skyfall	8
4.2	Framtidens havsnivåer	9
4.3	Översvämningsrisker runt sjöar och längs vattendrag.....	10
4.3.1	Mälaren	10
4.3.2	Vänern	11
4.3.3	Övriga Sverige	12
4.3.4	Översvämningskarteringar.....	13
4.4	Dammsäkerhet	13
5	RAS, SKRED OCH EROSION.....	14
5.1	Statens Geotekniska Institut	15
5.2	Myndigheten för samhällskydd och beredskap	17
6	VATTENFÖRSÖRJNING OCH AVLOPPSSYSTEM	17
6.1	Myndigheternas arbete.....	18
6.2	Dricksvattenutredningen	18
6.3	Skyfall	19
6.4	Vattentillgång	19
6.5	Grundvatten.....	21
7	TEKNISKA FÖRSÖRJNINGSSYSTEM.....	22
7.1	Energiproduktion	22
7.2	Elförsörjning.....	23
7.3	Elnätet.....	24
7.4	Värme- och kylbehov	24
7.5	Kunskapsbehov	25

8	KOMMUNIKATIONER	26
8.1	Väginfrastrukturen	26
8.2	Telekommunikation	27
8.3	Sjöfart	28
8.4	Flyg	28
8.5	Kunskapsbehov	29
9	SKOGSBRUKET	29
9.1	En utmaning för skogsägare	29
9.2	Skogsbränder	30
9.3	Pågående arbeten	31
9.4	Kunskapsbehov	31
10	JORDBRUKET	32
10.1	Växtskyddet	32
10.2	Jordbrukets vattenanläggningar	33
10.3	Djurhållning	34
10.4	Livsmedelstrygghet	35
10.5	Kunskapsbehov	35
11	FISKERINÄRINGEN	36
11.1	Fiskhälsa	37
11.2	Vattenbruk	37
11.3	Hållbar förvaltning	37
11.4	Kunskapsbehov	38
12	RENSKÖTSELN	38
12.1	Livsmiljöprogrammet Eallinbirás	38
13	TURISM OCH BESÖKSNÄRING	39
14	MÄNNISKORS OCH DJURS HÄLSA	40
14.1	Hälsoeffekter av extrema väderhändelser	40
14.2	Smittspridning	42
14.2.1	Smittspridning med vektorer	44
14.2.2	Smittspridning med vatten och miljö	44
14.2.3	Smittor hos vilda djur	45
14.3	Ändrad luftkvalitet	46
14.4	Fukt, mögel och kvalster	46
14.5	Kunskap som saknas avseende människors hälsa	47
15	BEBYGGELSE, BYGGNADER OCH KULTURARV	48

15.1	Byggd miljö	49
15.2	Kulturarvet.....	51
15.3	Nya kunskapsunderlag och nytt vägledningsmaterial	53
15.4	Kunskapsluckor och brist på underlag	54
15.4.1	Boende och byggande	54
15.4.2	Materiella kulturarv	54
15.5	Pågående arbete	55
16	NATURMILJÖN OCH MILJÖMÅLEN.....	56
16.1	Klimatförändringarna och miljömålen	58
16.2	Luftmiljön	59
16.3	Landekosystem och biologisk mångfald.....	60
16.3.1	Begreppet biologisk mångfald	60
16.3.2	Ett rikt odlingslandskap	60
16.3.3	Skred-, erosions- och översvänningsåtgärders effekter på naturvärden	61
16.3.4	Skötsel av skyddad natur inför förväntade klimatförändringar	61
16.3.5	Klimatförändringarnas effekter på fjällekosystemen.....	62
16.4	Sötvattenmiljön	62
16.4.1	Användning av sjöar och vattendrag	63
16.4.2	Påverkan på vattenkvaliteten av hittillsvarande förändringar	63
16.4.3	Konsekvenser av framtida klimatförändringar	63
16.4.4	Främmande arter	64
16.4.5	Strandvegetation.....	64
16.5	Marin miljö och kusten	65
16.5.1	Observerade och förväntade effekter	65
16.5.2	Bottenviken och Bottenhavet.....	66
16.5.3	Effekter på arter – exempel	66
16.5.4	Blåstång	66
16.5.5	Ålgräsängar	66
16.5.6	Havsförurning.....	67
16.6	Tvärgående frågor.....	68
16.6.1	Tvärgående frågor kopplat till vattenförvaltning	68
16.6.2	Referensförhållande inom ekologisk och kemisk status.....	68
16.6.3	Risk för försämring av status	69
16.6.4	Samhällsekonomiska aspekter.....	70
16.6.5	Styrmedel.....	70
16.6.6	Värdering	71
16.6.7	Globala initiativ för beräkning av kostnader och nytta av klimatanpassning	72
16.7	Anpassningsåtgärders påverkan på miljömål	72

17	OMVÄRLDS/SÄKERHETSANALYS	74
17.1	Pågående arbeten	74
17.2	Kunskapsbehov	74
18	REFERENSER	76
19	BILAGA 1	92

1 Bakgrund

Regeringen gav år 2014 SMHI i uppdrag att utarbeta underlag till Kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. Som en del av uppdraget ingick att göra en uppdaterad sammanställning av kunskapen om nuvarande och framtida risker och konsekvenser, främst med utgångspunkt från Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60).

I föreliggande rapport beskrivs kunskapsutvecklingen kring det svenska samhällets sårbarhet för ett förändrat klimat. Sammanställningen är baserad på uppgifter från myndigheter, organisationer och experter. Som en del i kunskapsinhämtningen hölls en workshop den 4 april 2014 på SMHI med deltagande främst av representanter för relevanta myndigheter, men också med experter från universitet och organisationer.

2 Inledning

Klimat- och sårbarhetsutredningen tillsattes 2005 i efterdyningarna av stormen Gudrun, som drabbade Sverige i januari samma år. Utredningen var banbrytande med sin breda översikt av vilka konsekvenser ett förändrat klimat kan komma att få för Sverige. Klimat- och sårbarhetsutredningens delbetänkande SOU 2006:94 handlade om de stora sjöarna Mälarens, Hjälmarens och Vänerns översvämningsrisker. Övriga konsekvenser belystes i utredningens huvudbetänkande SOU 2007:60. I betänkandena lämnades också ett antal åtgärdsförslag.

Regeringen presenterade 2008 proposition 2008/09:162 ”En sammanhållen klimat- och energipolitik”. Kapitel 9 i propositionen, Anpassning till ett förändrat klimat, refererar Regeringen till som Sveriges klimatstrategi.

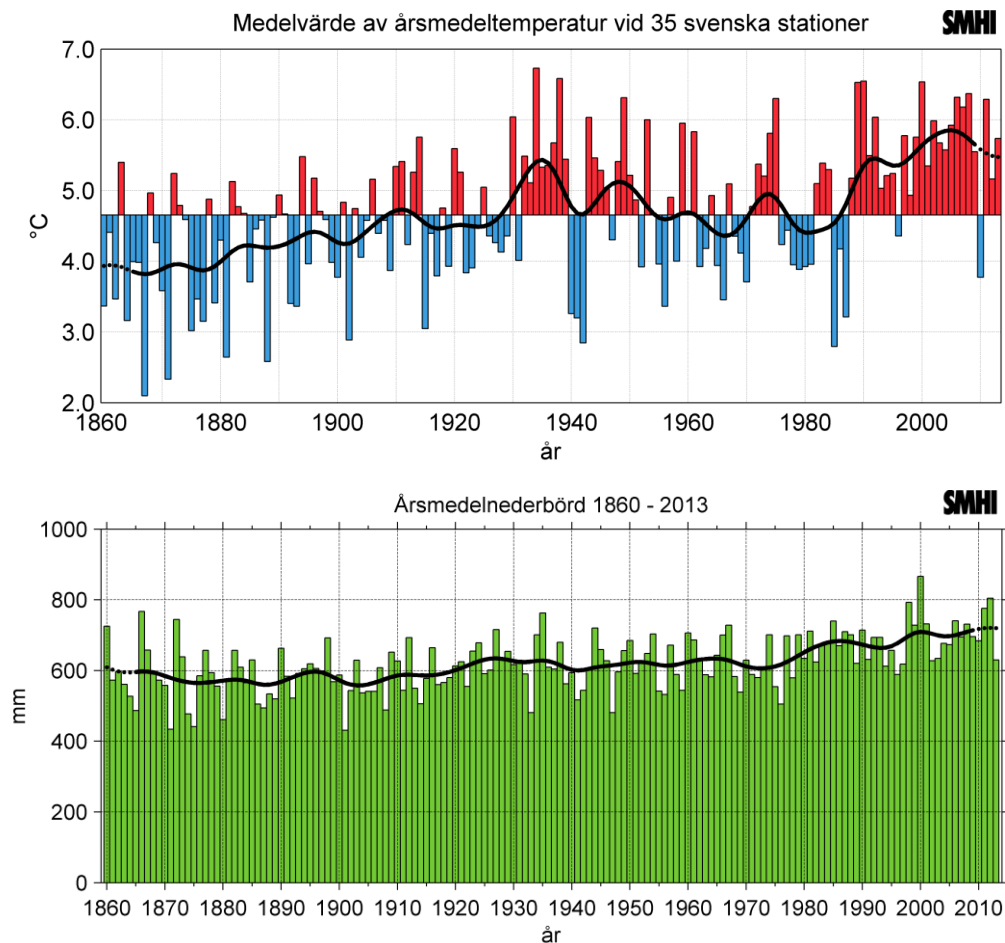
Föreliggande rapport är bilaga i huvudrapporten för det uppdrag SMHI utför om klimatanpassning. Den beskriver kunskapsläget utifrån det material som inkom kring den workshop som hölls 4 april 2014, etapp 1 i uppdraget. Till huvudrapporten läggs även en uppföljning av klimatpropositionen kapitel 9, etapp 2 i uppdraget.

3 Allmänt om kunskapsläget

Sedan 2007 har en stor mängd ny information om det globala klimatets utveckling tillkommit. Detta sammanfattas av IPCC i den femte utvärderingen (AR5) som publicerades i september 2013 (IPCC, 2013a och IPCC 2013b).

Internationellt har dramatiska väderhändelser haft stor betydelse för att ökade satsningar på klimatanpassning kommit till stånd. Kraftiga översvämningar har rapporterats från Asien (Thailand 2011, Indien och Pakistan 2014) och Afrika (Nigeria 2012). I december 2012 drabbades New York av stormen Sandy. I juli 2011 inträffade ett skyfall i Köpenhamn som fått stor betydelse för diskussionerna om klimatanpassning i Sverige och också i andra delar av norra Europa. England drabbades av stora översvämningar under vintern 2014. Sommaren 2014 blev mycket händelserik i Sverige med översvämningar i Stockholm, Halland och Malmö. Dessutom drabbades Västmanland av den mest omfattande skogsbrand som inträffat i Sverige i modern tid.

För Sveriges del sammanfattas klimatutvecklingen i diagrammen över årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd i figur 1. Som framgår av figuren har årsmedeltemperaturen i Sverige för samtliga år, utom ett år, legat högre än medelvärdet för referensperioden 1961-90. I mätserien över årsmedelnederbörd uppvisar år 2000 det högsta värdet och år 2012 det näst högsta värdet.



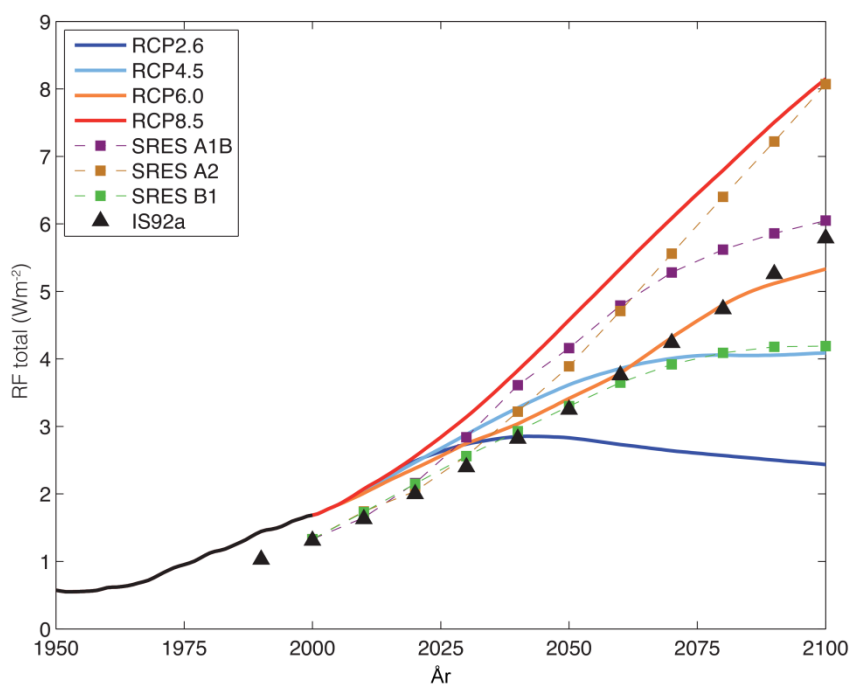
Figur 1. Årsmedeltemperaturen i Sverige 1860-2013 (överst) baserat på 35 stationer samt årsmedelnederbörd 1860-2013 (nederst) baserat på 87 stationer. Den svarta kurvan visar ungefär ett tioårigt löpande medelvärde. Referensperiod för årsmedeltemperaturen är 1961-1990. Källa: SMHI.

3.1 Nya klimatscenarioer

2007 kom IPCCs 4:e vetenskapliga sammanfattning av den internationella kunskapen om klimatet, AR4. Den utkom mellan Klimat- och sårbarhetsutredningens båda betänkanden och fick stor betydelse för formuleringarna i huvudbetänkandet (SOU 2007:60). Merparten av det klimatanpassningsarbete som redovisas i utredningen och som genomförts fram till 2013 bygger på så kallade SRES-scenarioer för att beskriva framtidens koncentrationer av växthusgaser. I Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007) användes huvudsakligen sex regionala klimatscenarioer. Dessa byggde på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). De globala modellerna baserades på utsläppsscenario SRES A2 respektive SRES B2 som de beskrivs av IPCC (2007) och av Nakićenović m.fl. (2000). I tillägg till detta användes två olika regionala modellversioner från Rossby Centre vid SMHI.

I september 2013 presenterade IPCC första delrapporten av sin femte utvärdering, AR5. Klimatberäkningarna i denna grundar sig på ett nytt sätt att beskriva framtida klimatpåverkan, så kallade RCP:er, som kommer från engelskans "representative concentration pathways". Dessa beskriver fyra olika utvecklingsvägar för framtida koncentrationer av långlivade växthusgaser, aerosoler samt andra klimatpåverkande faktorer. RCP:erna är namngivna efter den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100. Olika strålningsdrivningar motsvarar olika ökningarna av växthusgashalter i

atmosfären. RCP4,5 betyder att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären genererar en strålningsdrivning på $4,5\text{W/m}^2$ år 2100, jämfört med förindustriell nivå. Figur 2 visar en jämförelse mellan de tidigare SRES-scenarierna och RCP-scenarierna samt beräkningar med olika globala klimatmodeller.



Figur 2. Historisk och framtida antropogen förändring av strålningsbalans (RF) enligt olika SRES- och RCP-scenarier relativt år 1750 (modifierad efter IPCC, 2013).

Inom det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden m.fl., 2009) utvecklades ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. En del av dessa sträcker sig bara fram till mitten av seklet. Det är klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några ytterligare från Rossby Centre vid SMHI som utnyttjats i de flesta senare förekommande studier för klimatanpassning under perioden efter Klimat- och sårbarhetsutredningen. Nyare regionala klimatberäkningar, baserade på RCP-scenarier, finns tillgängliga genom det internationella CORDEX-projektet¹.

Sedan hösten 2013 finns nya regionala klimatscenarier för ett antal meteorologiska variabler fritt tillgängliga och nedladdningsbara på SMHIs hemsida. Dessa scenarier är baserade på utsläppsscenarierna SRES A1B samt RCP 2,6, 4,5 och 8,5. Den geografiska indelningen är Europa, Sverige, län, distrikt eller avrinningsområden.²

3.2 Länsvisa och kommunala klimatanalyser

Inom ramen för länsstyrelsernas uppdrag att upprätthålla ett regionalt samordningsansvar för klimatanpassning har ett stort antal länsvisa klimatanalyser kunnat genomföras för samtliga län utom för Gotlands län.³

¹ <http://wcrp-cordex.ipsl.jussieu.fr/>

² <http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarier/2.2252/2.2264#area=eur&dnr=0&sc=rcp85&seas=ar&var=t>

³ <http://www.klimatanpassning.se/2.481/vem-har-ansvaret/lansvisa-klimat-och-sarbarhetsanalyser-1.25071>

Klimatanalyserna beskriver förhållanden som är specifika för varje län med inriktning mot länets viktigaste frågeställningar när det rör effekterna av ett förändrat klimat. Arbetet att ta fram analyserna har gjorts av SGI, SMHI, WSP och DHI. I de flesta fall är dessa analyser baserade på 16 regionala klimatscenarier och utsläppsscenario SRES A1B, men även SRES A2 och SRES B1 finns med. Länsvisa klimatscenarier med RCP-scenarier kan hämtas från SMHIs hemsida.⁴

Länsstyrelserna har gjort fördjupade studier baserade på de länsvisa klimatanalyserna. Ett exempel från Västra Götalands län finns i en rapport av Källerfeldt m.fl. (2012). 2011 gav länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län dessutom ut rapporten *Stigande vatten* med syftet att vägleda kommunerna i arbetet med översvämningsfrågan i den fysiska planeringen (Länsstyrelserna i Västra Götalands och Värmlands län, 2011). I bilaga 1 visas en sammanställning av länkar till länsstyrelsernas arbete utarbetad av Elin Andersson vid Länsstyrelsen i Jämtlands län.

I regleringsbrevet för budgetåret 2013 fick länsstyrelserna ett uppdrag rörande regionala planer för klimatanpassningsarbetet med följande lydelse:

”Länsstyrelserna ska sammanställa, redovisa och göra jämförelser av det klimatanpassningsarbete som sker på kommunal nivå. Utgångspunkt för arbetet bör vara bedömningar om sårbarhet för klimatförändringar och behov av klimatanpassning. Länsstyrelserna ska sedan efter samråd med berörda aktörer utarbeta regionala handlingsplaner för klimatanpassning till vägledning för det fortsatta lokala och regionala klimatanpassningsarbetet”.

Detta uppdrag slutrapporterades den 30 juni 2014.

Flera kommuner har också genomfört detaljerade analyser av kommunens sårbarhet för ett förändrat klimat. Exempel är Malmö (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2008), Göteborg (Göteborgs stad, 2009), Helsingborg (Helsingborgs kommun, 2009), Sundsvall (Bergmark, 2011), Kristianstad (Kristianstads kommun, 2011), Stockholm (Stockholms stad, 2013a och Stockholms stad, 2013b). Vellinge kommun, som är en av landets mest utsatta vid stigande havsnivåer, har antagit en handlingsplan för skydd mot stigande havsnivåer.⁵

3.3 Underlag från Lantmäteriet

Lantmäteriet fick som en följd av Klimat- och sårbarhetsutredningen uppdraget att ”Ta fram en ny höjddatabas för att förbättra kunskapsunderlaget för bedömningen av risker och planering av åtgärder vad gäller att minimera riskerna för ras och skred.” En ny och mycket noggrann höjddatabas som i dagsläget täcker närmare 85 % av landets yta har nu tagits fram (Nationell höjdmodell). Förhoppningsvis kommer resterande del att göras klar till slutet av 2015. Terrängmodellen har tillfört ny och detaljerad kunskap om markens höjdförhållanden, vilket har använts i många olika tillämpningar riktade mot klimatanpassning.⁶

Dessutom har den regelbundna flygfotograferingen som görs över Sverige blivit mer användbar för analyser tillsammans med höjddata. Bilderna över en stor del av landet

⁴ <http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarier/2.2252/2.2264#area=eur&dnr=0&sc=rcp85&seas=ar&var=t>

⁵ <http://www.vellinge.se/kommun-politik/planer-och-styrdokument/remiss-rorande-hoga-havsnivaer-falsterbonaset-samt-omradena-vid-hollviken-och-kampinge/>

⁶ <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/>

<http://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/Fakta-om-laserskanning/Anvandarerfarenheter/>

kommer att förnyas vartannat år och den geometriska upplösningen har ökat till 25 cm mot tidigare 50 cm i dessa delar av landet. Användningen av nya flygfotokameror med förbättrade radiometriska prestanda har även förbättrat möjligheterna till tolkning och analys av vegetation, vilket är användbart t.ex. vid analys och uppföljning av förändringar i växtligheten.⁷

Det projekt som Lantmäteriet bedriver i samverkan med SMHI för att skapa en nätverksbildad redovisning av landets hydrografi i skala 1:10 000 (GGD) kommer att bidra till att analys- och planeringsmöjligheterna ökar i många typer av tillämpningar. Arbetet med att ta fram en samlad nationell hydrografi i skala 1:10 000 innehållande sjöar, vattendrag och hydrologiskt nätverk grundas i Inspire-krav, uppfyllandet av den svenska vattenstandarden samt användarbehov. Bra data möjliggör korrekta bedömningar bland annat inom miljösektorn och i klimatanpassningsarbetet.

Även den årliga sammanställningen och tillhandahållandet av satellitbilder med rikstäckning som sker via "Success" har stor användning inom klimatanpassningsarbetet, framför allt vid uppföljning av långsiktiga förändringar i landskapet.⁸

En liknande användning, fast på mer detaljerad nivå, finns för de historiska flygbilder som Lantmäteriet har tillgång till. Dessa håller nu på att digitaliseras och ligger till grund för s.k. Historiska ortofoton. Dessa har en stor användning och tillför även stor nytta i förändringsstudier och i samband med t.ex. restaurering av våtmarker.⁹

3.4 Nationell plattform för arbete med naturolyckor

Ett omfattande FN-arbete pågår för att förebygga naturolyckor och naturkatastrofer och minimera effekterna av dem. Vid FN:s världskonferens i Kobe, Japan, 2005 samlades delegationer från 168 länder och antog en deklARATION, Hyogo-deklARATIONEN, och en tioårsplan - Hyogo Framework for Action (HFA) 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.

Syftet är att göra världen säkrare mot naturolyckor genom arbete med att reducera risker för och minska konsekvenserna av naturkatastrofer. Huvudmålet är att förluster i liv, sociala, ekonomiska och miljömässiga tillgångar orsakade av naturolyckor påtagligt ska ha minskat år 2015. Länderna har åtagit sig att följa HyogodeklARATIONEN och HFA samt att bland annat inrätta en nationell plattform för arbete med katastrofriskreducering. Sveriges nationella plattform bildades hösten 2007. Den svenska plattformen är myndighetsbaserad och samverkan med andra aktörer i samhället sker i första hand genom referens- och arbetsgrupper. Plattformen består idag av 20 myndigheter och organisationen Sveriges kommuner och landsting (SKL).

I sin budgetproposition för 2012 (Prop. 2012/13:1) poängterade regeringen vikten av att arbetet i plattformen fortsätter. Regeringen pekade också på sambandet mellan klimatförändringar och naturolyckor. *"Arbetet med den nationella plattformen för arbete med naturolyckor fortsätter att vara prioriterat, särskilt med hänsyn till samhällets anpassning till ett förändrat klimat och behovet av ett samlat stöd till länsstyrelser och kommuner som förväntas på grund av detta."*

Regeringen har i regleringsbrevet för 2013 gett följande uppdrag till MSB:

⁷ <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Flyg--och-satellitbilder/Flygbilder/Bildforsorjningsprogram/>

⁸ <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Flyg--och-satellitbilder/Satellitbilder/>

⁹ <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Flyg--och-satellitbilder/Flygbilder/Historiska-ortofoton/>

”Myndigheten för samhällsskydd och beredskap ska vara nationell kontaktpunkt för Sveriges åtagande i Hyogodeklarationen och Hyogo Framework for Action 2005–2015. Myndigheten ska även samordna det nationella arbetet genom nationell plattform för arbete med naturolyckor. ”

Arbetet i plattformen styrs av en treårig handlingsplan 2013-2015.¹⁰

Inom ramen för Nationell plattform för arbete med naturolyckor har flera studier genomförts av kvaliteten på data i den nationella höjdmodellen. I Skytt (2012) redovisas resultatet av en nationell inventering av tillämpningar av NNH med fokus på naturolyckor och katastrofriskreducerande arbete. I rapporten av Andersson m.fl. (2012) har syftet varit att undersöka hur höjddata från NNH kan förbättra underlag för bedömningen av skador och påverkan i kustzonen till följd av förhöjda havsnivåer. I MSB:s rapport från 2014 sammanfattas fyra effektstudier av havsnivåhöjningar och en tillämpning vid riskinventering av väg (MSB, 2014a).

3.5 Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning

På uppdrag av regeringen drivs Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI sedan 2012. Uppdraget löper till och med år 2015. Centrumets roll är att vara en nod för kunskap om klimatanpassning samt att vara en mötesplats för aktörer i samhällets klimatanpassning.

Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning har följande uppgifter:

- Fungerar som en nod för kunskap om klimatanpassning (nätverksbygga, stötta med expertis, förmedla nyheter, föra dialog, samverka).
- Samlar in kunskap som tas fram regionalt, nationellt och internationellt om klimatanpassning (omvärldsbevaka).
- Utvecklar kunskap som tas fram regionalt, nationellt och internationellt om klimatanpassning (sammanställa, bearbeta, analysera).
- Tillgängliggör kunskap som tas fram regionalt, nationellt och internationellt om klimatanpassning (driva klimatanpassning.se och kompetensutveckla).

3.6 Rapporter om det allmänna kunskapsläget inom klimatanpassning

Inom ramen för arbetet i den Nationella plattformen för arbete med naturolyckor gjordes år 2010 en sammanställning av myndigheternas uppdrag avseende klimatanpassning (Rydell m.fl., 2010). Nationell plattform för arbete med naturolyckor har också genomfört en översikt av styrande dokument för klimatanpassning och katastrofriskreducering (MSB, 2012a).

MSB-rapporten *Ansvar vid naturolycka* (Andersson, 2009) har utarbetats för att ge en gemensam bild till myndigheter, kommuner och den enskilde om ansvar, rättigheter och skyldigheter vid naturolyckor. Regeringen har också gett MSB i uppdrag att analysera och göra en bedömning av framtida utveckling som kan påverka arbetet med samhällets krisberedskap. MSB har valt att lösa uppdraget bland annat i form av fem tankeväckande och utmanande framtidsscenarioer som visar samhällsförändringar som påverkar samhällsskyddet och beredskapen. Klimatförändringen är en av dessa. Uppdraget redovisades 2012 (MSB, 2012b).

¹⁰ <https://msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Handlingsplan-20132015-Nationell-plattform-for-arbete-med-naturolyckor/>

3.7 Stora forskningssatsningar

Sedan 2007 har det genomförts flera större forskningssatsningar rörande klimatanpassning. I det följande presenteras de viktigaste med svenskt deltagande med programmets egna ord hämtade från respektive hemsida, med undantag för Copernicus.

- ”Mistra-SWECIA är ett tvärvetenskapligt program som skapar ny kunskap och utvecklar forskningsbaserade underlag för beslut om klimatanpassning. De forskare som medverkar i programmet studerar hur klimatet förändras, klimatförändringars effekter och möjliga strategier för klimatanpassning. Programmet har ett särskilt fokus på skogen och hur svenskt skogsbruk påverkas av ett förändrat klimat.”¹¹ Startade 2008.
- ”Climatools är ett forskningsprogram som arbetar med att ta fram en uppsättning verktyg som underlättar för samhällsplanerare och beslutsfattare att anpassa samhället till konsekvenserna av klimatförändringen.”¹² Pågick 2006-2011.
- ”RIMAROCC (Risk Management for Roads in a Changing Climate) är ett ERA-NET ROAD-projekt i samarbete mellan SGI, Egis, NGI och Deltares, som löper 2008-2010. Syftet är att utveckla en gemensam metod för riskanalys och riskhantering för vägar med hänsyn till klimatförändringarna.”¹³
- ”Climate Proof Areas (CPA) är ett internationellt projekt om klimatförändring och hur ett område kan anpassas till ökad översvämningsrisk. På internationell nivå deltar förutom Sverige, även Nederländerna, Tyskland, Belgien och Storbritannien i projektet, som startade 2008 och som kommer att pågå fram till slutet av 2011”.¹⁴
- Climate change and environmental objectives (CLEO) är ett forskningsprogram som startade 2010 och som avslutas 2015. Programmet drivs av IVL och finansieras av Naturvårdsverket. Forskare deltar från IVL, SMHI, SLU, Göteborgs universitet, Lunds universitet och Stockholms universitet. “To provide scientific support for the assessment of climate change influences on environmental objectives affected by long-range transport of air pollution.”
- “HYDROIMPACTS2.0 is a strategic research project on climate change impact funded by the Swedish Research Council Formas. It is a joint project with researchers from Lund University, Luleå University of Technology and SMHI. The hydrological research unit at SMHI is coordinating the project.”¹⁵ Avslutades 2014.
- “CIRCLE-2 is a European Network of 34 institutions from 23 countries committed to fund research and share knowledge on climate adaptation and the promotion of long-term cooperation among national and regional climate change programmes.”¹⁶ Pågick 2010-2014.
- Copernicus är ett EU-program för övervakning av miljö, klimat och säkerhet. Var tidigare en riktad forskningssatsning men är sedan 2014 ett operationellt EU-program med driftfinansiering (ca 4 miljarder EUR för 2014-2020). Finansiering för forskning och utveckling sker inom ramen för EU:s forskningsprogram

¹¹ <http://www.mistra-swecia.se/>

¹² <http://www.foi.se/sv/Kunder--Partners/Projekt/Climatools/Climatools/>

¹³ http://www.swedgeo.se/templates/SGIStandardPage____1449.aspx?epslanguage=SV

¹⁴

<http://www.arvika.se/download/18.6aa8594a138030f3596425c/1346769374635/CPA+sammanfattande+rapport+2012.pdf>

¹⁵ <http://www.smhi.se/en/research/research-departments/hydrology/hydroimpacts2-0-1.9564>

¹⁶ <http://www.circle-era.eu/np4/home.html>

Horisont 2020 och Europeiska Ryndagenturen ESA:s forskningssatsningar. Copernicus tillhandahåller historiska klimatdataarkiv (t.ex. FP7-projekten EURO4M, UERRA, MyOcean) och användaranpassade tjänster. Tjänsterna bygger på ett flertal observationssystem, där miljö- och klimatövervaknings-satelliter är en viktig del, samt modeller. Copernicus utvecklar även infrastruktur för att ge enklare tillgång till observerade och förväntade klimatförändringar. Data, information och produkter är fria att användas.¹⁷

4 Översvämningar

EU antog 2007 ett direktiv för hantering av översvämningar. I Sverige genomförs Översvämningdirektivet genom förordning om översvämningrisker (SFS 2009:956) och MSBFS 2013:1 föreskrifter om riskhanteringsplaner. MSB är ansvarig myndighet och genomför arbetet i nära samarbete med länsstyrelserna. Arbetet genomförs i cykler på 6 år och inkluderar klimataspekten.

4.1 Skyfall

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas kunskapsläget rörande riskerna för skyfall på följande sätt:

”Ökningen av intensiv nederbörd över större delen av landet påverkar dagvattensystemen. Källaröversvämningar på grund av överfulla avloppssystem riskerar därmed att öka.”

Detta var i linje med slutsatserna i IPCC AR4. Den allmänna bilden av att risken för kraftiga regn ökar i ett varmare klimat har sedan dess bekräftats av de klimatsimuleringar som tillkommit sedan 2007 (se exempelvis Nikulin m.fl., 2011). I IPCC AR5 behåller man också denna ståndpunkt med följande formulering:

”Extreme precipitation events over most of the mid-latitude land masses and over wet tropical regions will very likely become more intense and more frequent by the end of this century, as global mean surface temperature increases.”

I rapporten *Pluviala översvämningar: konsekvenser vid skyfall över tätorter*, utarbetad av DHI på uppdrag av MSB (Hernebring och Mårtensson, 2013), har man studerat hur översvämningar i urbana områden, förorsakade av extrem nederbörd, kan förutsägas och hanteras och hur dess konsekvenser eventuellt kan lindras. Där finns även bedömningar av inverkan av framtida klimatförändringar på förekomsten av skyfall i Sverige. Beräkningar av framtidens skyfall i Sverige har även publicerats av Olsson och Foster (2013).

Den 2 juli 2011 inträffade ett mycket kraftigt skyfall i Köpenhamn som blev kostsamt (Beredskabsstyrelsen, 2012). Detta medförde att frågan om denna typ av risker accentuerades. Analyser vid SMHI visar att likande fall knappast kan utslutas för någon av Sveriges städer. Ett skyfall liknande det i Köpenhamn använts därför som dimensionerande vid projekteringen av Västlänken i Göteborg. Sommaren 2014 inträffade flera kraftiga skyfall i Stockholm, Halland och Malmö med stora konsekvenser. Inget av dessa var dock så kraftigt som det som drabbade Köpenhamn 2011.

Medvetenheten om riskerna med kraftiga skyfall har ökat sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen och den vetenskapliga bedömningen att dessa blir intensivare i ett varmare klimat kvarstår.

¹⁷ <http://www.copernicus.eu/>

4.2 Framtidens havsnivåer

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas kunskapsläget rörande havsnivåerna och deras påverkan på Sverige på följande sätt:

”Havsnivåhöjningen leder till en ökad översvämningsrisk vid högvatten i kustområden särskilt i Götaland, bland annat är Göteborg och Falsterbonäset utsatt. I strandnära kustområden finns risk för omfattande kusterosion, till exempel på Skånes sydkust”.

”Bortom år 2100 kommer klimatförändringen att fortsätta. Bland annat kommer havsnivån att fortsätta stiga under många hundra år. Stora kustområden kommer på lång sikt att hotas.”

I januari 2007 presenterade IPCC sin fjärde utvärderingsrapport (AR4) som utgick från den då tillgängliga klimatforskningen. Sedan dess har ett flertal vetenskapliga artiklar publicerats, som betonar risken för att världshavet kan komma att stiga i snabbare takt än vad IPCC angav. Denna farhåga framhålls också i flera internationella syntesrapporter som tagits fram som stöd för klimatanpassning i kustområden. Detta föranledde SMHI att ta fram en kunskapssammanställning om havets framtida nivåer i ett hundraårsperspektiv. Den publicerades i december 2012 (Bergström, 2012) och rapporten eller dess underlag kom att ligga till grund för flera utredningsuppdrag vid SMHI, bland annat för olika länsvisa klimatanalys och för underlagsrapporten om Mälarens reglering till projekt Nya Slussen (Andréasson m.fl., 2011a). I den senare formuleras riskerna för framtida havsnivåhöjningar på följande sätt:

”Mot ovanstående bakgrund bedömer SMHI för närvarande att det är rimligt att anta att en övre gräns för havsvattenytans stigning är ungefär en meter under perioden 1990-2100, sett som ett globalt medelvärde. Siffran ska korrigeras för landhöjning och andra lokala effekter”.

Rapporten innehåller dessutom ett längre textavsnitt som motiverar formuleringen och som betonar de osäkerheter som omgärdar frågan om stigande havsnivåer.

I IPCC AR5 (IPCC, 2013) redovisas nya beräkningar av havets stigning fram till slutet av århundradet med perioden 1986-2005 som referens. För alternativet med de högsta utsläppen av växthusgaser (RCP 8,5) anger man ett intervall på 52-98 cm.

De bedömningar av framtidens havsnivåer som gjorts i Holland är speciellt intressanta eftersom man där satsar så stora resurser på att skydda sig mot havet. 2014 antog man ett nytt program för klimatanpassning där havsnivåbedömningar från KNMI (Nederländernas meteorologiska institut)¹⁸ utgör ett betydelsefullt underlag. Dessa ligger i samma storleksordning som tidigare bedömningar (KNMI, 2014).

Bedömningarna om framtidens havsnivåer ligger nu något högre jämfört med tiden för Klimat- och sårbarhetsutredningen men skillnaden är inte dramatisk. De högsta beräknade nivåerna enligt IPCC:s senaste rapportering, som kom 2013 (AR5) ligger på ca 1 meter fram till år 2100 utgående från perioden 1986-2005. Kunskapen om utvecklingen under århundradena bortom 2100 är fortfarande relativt begränsad.

Lantmäteriets nya nationella höjdmodell är av avgörande betydelse för arbetet med detaljerade analyser av riskerna med stigande havsnivåer.

¹⁸ <http://www.knmi.nl/>

4.3 Översvämningssrisker runt sjöar och längs vattendrag

Klimat- och sårbarhetsutredningens delbetänkande SOU 2006:94 handlade om de stora sjöarna Mälarens, Hjälmarens och Vänerns översvämningssrisker. Övriga översvämningssrisker behandlades i utredningens huvudbetänkande SOU 2007:60. Där sammanfattas kunskapsläget på följande sätt:

”Översvämningssrisken i sjöar och vattendrag ökar främst i västra Götaland och västra Svealand samt i delar av Norrland. Bebyggelse och teknisk infrastruktur, särskilt vägar, järnvägar och dagvattensystem drabbas. Bland annat är Vänerområdet utsatt. Kostnaderna för ökningen av översvämningar av byggnader de närmaste 100 åren uppskattas till mellan 50 och 100 miljarder kronor.”

Sedan 2007 har ett stort antal studier genomförts som i stort sett bekräftar denna riskbild.

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera exempelvis hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. I arbetet med underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen användes en ganska enkel metod för detta gränssnitt, den så kallade delta-change metoden. En ny metod har utvecklats benämnd DBS (Distributionsbaserad skalering)-metoden (Yang m.fl., 2010). Metoden bevarar förändringens statistiska egenskaper på ett bättre sätt än den tidigare metoden. Denna nya metod är numera standard i de flesta tillämpningar som rör klimatets inverkan på ras, skred, och översvämningar längs sjöar och vattendrag.

Med stöd av Elforsk har ett omfattande arbete lagts ner vid SMHI på att ta fram ett rationellt och kostnadseffektivt produktionssystem så att ett flertal klimatscenarier kan bearbetas för hydrologiska tillämpningar till rimliga insatser (Andréasson m.fl., 2011a) och i samband med arbetet med en ny reglering av Mälaren utvecklades beräkningsmetoderna för reglerade sjöar. Detta arbete har bland annat gjort det möjligt att göra klimatanpassningsberäkningar i samband med uppdaterade och mer detaljerade översvämningsskarteringar för områden med betydande översvämningssrisk, som genomförts av MSB.¹⁹

4.3.1 Mälaren

MSB har haft regeringens uppdrag att utreda konsekvenser av en översvämning av Mälaren. Uppdraget redovisades under våren 2012 (MSB, 2012c). Fokus var att studera översvämningsskonsekvenser på verksamheter viktiga för samhällets funktionalitet. Förutom att ge regeringen en samlad analys och bedömning av konsekvenserna av en översvämning i Mälaren har inriktningen varit att stimulera fortsatt utveckling och hantering av översvämningssfrågor. I rapporten konstaterar MSB bland annat att:

”Risken för översvämning i Mälaren är idag hög eftersom tillrinningen till Mälaren kan vara högre än den kapacitet som finns att tappa vatten från Mälaren. Fram till dess att en ökad tappningskapacitet eller att förebyggande och beredskapshöjande åtgärder av mycket stor omfattning har genomförts kvarstår den höga risken.

Redan vid vattennivåer på en halv meter över Mälarens medelvattennivå börjar anläggningar som bedriver samhällsviktig verksamhet att slås ut. Det kan innebära stor risk eller fara för befolkningens liv och hälsa, samhällets funktionalitet eller samhällets grundläggande värden.”

Under år 2011 tog länsstyrelserna runt Mälaren (länsstyrelserna i Stockholm, Södermanland, Uppsala, Västmanland och Örebro) gemensamt fram förstudien *Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden* (Länsstyrelserna, 2011).

¹⁹ <https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Kartor/Oversvamningskartering/>

Avsikten var att lyfta upp några av de frågeställningar, åtgärdsstrategier och konsekvenser som kan bli aktuella att studera närmare om havet stiger så mycket att nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön minskar eller försvinner helt. I oktober 2012 skickades *Mälaren om 100 år* till regeringen tillsammans med en skrivelse från länens landshövdingar. Skrivelsen förespråkade ett fördjupat utredningsuppdrag för att utreda förutsättningarna för Mälaren som dricksvattentäkt i framtiden. Med frågeställningen följde även ett flertal andra frågor som har bäring på olika system runt Mälaren och Saltsjön. 2013 följdes arbetet upp av rapporten Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv (Länsstyrelserna, 2013). Kartläggningen utgör den första av sex föreslagna utredningsfaser i den skrivelse till regeringen som länsstyrelserna lämnade i oktober 2012.

De genomförda utredningarna har visat att en utökad tappningskapacitet är av strategisk betydelse för att man ska kunna hantera översvämningsriskerna runt Mälaren. Detta är en viktig förutsättning i det förslag till ny reglering av Mälaren som lämnades in som underlag till Mark- och miljödomstolen (Andréasson m.fl., 2011b) och som behandlades under hösten 2013. I förslaget tas hänsyn till såväl stigande havsnivåer som en förändrad tillrinning till Mälaren på grund av ett förändrat klimat.

4.3.2 Vänern

Översvämningsriskerna runt Vänern har också varit föremål för flera utredningar sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt delbetänkande och sitt huvudbetänkande. På uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län levererade SMHI 2010 en fördjupad studie rörande översvämningsriskerna för Vänern (Bergström m.fl., 2010). Tack vare tillgången på nyare klimatscenarier och mer detaljerade beräkningar av vindeffekten kunde denna studie modifiera de framtida riskerna för höga nivåer något men den övergripande riskbilden kvarstår.

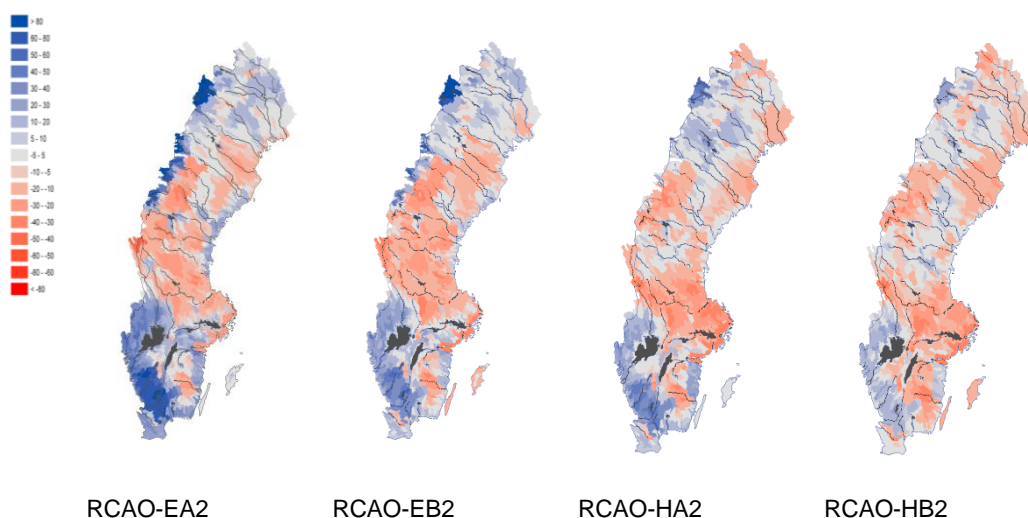
Mellan Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall AB träffades i april 2008 en överenskommelse om ändrad tappning från Vänern med avsikt att sänka de högsta vattenstånden (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2008). Innehållet i överenskommelsen, som utarbetats efter samråd med SMHI, Länsstyrelsen i Värmlands län och Sjöfartsverket, redovisas i form av en s.k. tappningsställare, som visar den tappning som minst skall ske vid olika vattenstånd i Vänern. Tappningsställaren är dock inte helt styrande eftersom, enligt överenskommelsen, prognos över tillrinningen till Vänern ska beaktas vid planeringen av tappningen. Dessutom kan hänsyn tas till temporära begränsningar i kraftstationer eller översvämningsrisker i älvdalen (Bergström och Eklund, 2013). Överenskommelsen trädde i kraft den 1 oktober 2008 och hade en giltighetstid som längst till och med den 31 december 2012. Den har därefter förlängts under tiden som nya utredningar om miljökonsekvenserna pågår.

Hittills genomförda studier visar att en ändrad tappningsstrategi för Vänern skulle kunna sänka de högsta nivåerna med ett par decimeter. Utredning om miljökonsekvenserna av detta och ytterligare modifiering av tappningen pågår.

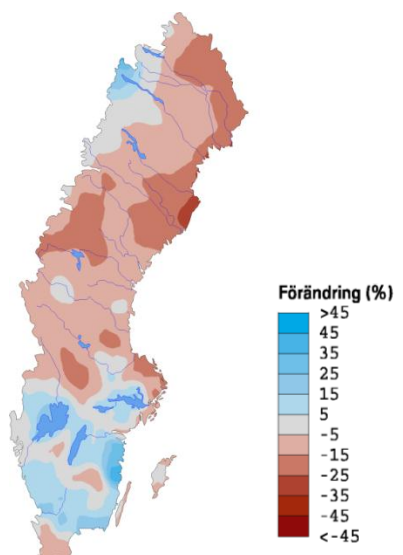
2007 inleddes ett samarbete mellan de kommuner som gränsar till Vänern benämnt Kommuner i samverkan om Vänerns vattenreglering. I samarbetet ingår kommunerna Hammarö, Grums, Grästorp, Gullspång, Götene, Karlstad, Kristinehamn, Lidköping, Mariestad, Mellerud, Säffle, Trollhättan, Vänersborg och Åmål. Länsstyrelserna i Värmlands och Västra Götalands län är adjungerade liksom Vänerns vattenvårdsförbund och Centrum för klimat och säkerhet vid Karlstad universitet. På uppdrag av Kommuner i samverkan om Vänerns vattenreglering har Karlstad universitet genomfört en konsekvensanalys av översvämningsarna runt Vänern baserad på framtidsscenarier från SMHI och Lantmäteriets nya höjddatabas. (Andersson m.fl., 2013). Dessutom har man i Karlstad (Karlstads kommun, 2010) och i Vänersborg (Vänersborgs kommun, 2014) genomfört detaljerade översvämningsprogram för att ytterligare utreda sårbarheten.

4.3.3 Övriga Sverige

I Klimat- och sårbarhetsutredningen redovisas rikstäckande kartor över hur översvämningsriskerna uttryckta som 100-årsflöden förändras i ett förändrat klimat (figur 3). Dessa kartor byggde på då tillgängliga regionala klimatscenarier. Sedan dess har en ny generation regionala klimatscenarier blivit tillgängliga. 12 stycken av dessa har använts som standard för ett stort antal klimatanalyser i Sverige avseende perioden fram till 2100. Dessa scenarier är i sin tur nu på väg att ersättas av ännu en ny generation scenarier, baserade på IPCC:s nya koncept för utsläppsscenarioer, RCP-er, och nya klimatmodeller. Resultat från de 12 ovan nämnda scenarierna har fått stor spridning i Sverige. I figur 4 som är hämtad från Andréasson m.fl. (2011), visas en kartbild som närmast är att jämföra med figur 4.18 i SOU 2007:60. En jämförelse mellan de två figurerna visar att den allmänna bilden av klimatförändringens påverkan på 100-årsflöden i Sverige är förhållandevis stabil.



Figur 3. Procentuell förändring i lokala 100-årsflöden (2071–2100 relativt 1961–1990). Resultatet visas för 4 olika klimatscenarier. Källa: Figur 4.18 i SOU 2007:60.



Figur 4. Förändring av 100-årsflödets storlek beräknat på lokal vattenföring i varje beräkningspunkt för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden (1963-1992). Medelvärde baserat på resultat från 12 klimatsimuleringar. Observera att kartan inte begränsas av Sveriges nationsgränser utan av gränserna för de avrinningsområden vars vattendrag rinner genom Sverige. Källa: Andréasson m.fl. (2011).

4.3.4 Översvämningsskarteringar

MSB har regeringens uppdrag att förse landets kommuner och länsstyrelser med översiktlig kartläggning av områden som kan översvämmas utmed landets vattendrag. Som ett led i detta arbete har ca 75 vattendrag översiktligt skarterats. För dessa skarteringar användes den äldre höjddatabasen över Sverige. De översiktliga översvämningsskarteringarna visar vattnets utbredning för 100-årsflödet och det högsta beräknade flödet (Flödesdimensioneringsklass I enligt Svenska kraftnät m.fl., 2007).

I takt med att den nya och mer detaljerade höjddatabasen från Lantmäteriet blivit tillgänglig har en översyn och uppdatering av de översiktliga översvämningsskarteringarna påbörjats. Förutom ny höjddata uppdateras skarteringarna med klimatanpassade 100-årsflöden och 200-årsflöden som visar en förväntad situation år 2100. Även det högsta beräknade flödet har använts men avser dagens klimat. För orter som utpekats att ha betydande översvämningssrisk, enligt förordningen om översvämningssrisker, har även ett 50-årsflöde för dagens klimat lagts in. Prioriteringen av vattendrag har gjorts av MSB i samråd med SMHI och länsstyrelserna.

Översvämningsskarteringarna finns tillgängliga på MSB:s hemsida.²⁰

Dagens allmänna bedömningar om framtidens översvämningssrisker runt sjöar och längs vattendrag överensstämmer väl med de som gjordes av Klimat- och sårbarhetsutredningen. Beträffande Mälaren och Vänern har ett stort underlag tagits fram som avsevärt förbättrat kunskapen om riskbilden.

MSB:s översvämningsskarteringar har haft stor betydelse för att kartlägga riskbilden beträffande översvämningar runt sjöar och längs vattendrag och Lantmäteriets nya nationella höjddatabas är av avgörande betydelse för arbetet med detaljerade analyser.

4.4 Dammsäkerhet

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 sammanfattas kunskapsläget rörande klimatets förändring och dess påverkan på dammsäkerheten på följande sätt:

”Högre flöden och ändrat tillrinningsmönster riskerar att minska dammsäkerheten, särskilt vid mindre dammar.”

Denna slutsats byggde till stor del på en underlagsrapport utarbetad av representanter från Svenska kraftnät, SMHI, Svensk Energi, SveMin och Länsstyrelsen i Dalarnas län (Mill m.fl., 2007). Sedan dess har omfattande utredningar och studier genomförts kring frågan om hur klimatfrågan skall beaktas vid beräkning av dimensionerande flöden för dammar. I en nyttgåva av Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar som gavs ut 2007 (Svenska kraftnät m.fl., 2007) gavs den översiktliga rekommendationen att klimatfrågan ska beaktas, dock utan att någon metodik fanns tillgänglig.

Genom en överenskommelse mellan Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI bildades 2008 Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändrings-perspektiv med uppdrag att leda ett program för att analysera och

²⁰ <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversvamning/Oversiktlig-oversvamningskartering/>

värdera klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten med avseende på flödesdimensionering och ta initiativ till att erforderliga studier kommer till stånd. Uppdraget omfattade bland annat de frågor rörande klimatets påverkan på dimensionerande flöden och dammsäkerhet som Svenska kraftnät i enlighet med regleringsbrev 2008 fått i uppdrag att följa och analysera i samarbete med kraftbranschen, gruvindustrin respektive SMHI. Parallellt med kommitténs arbete bedrevs två forskningsprojekt, finansierade av Elforsk, för att få fram den efterfrågade metodiken för klimatanpassning av dimensioneringsberäkningarna och studera osäkerheterna i dessa. Dessa projekt slutrapporterades av Andréasson m.fl. (2011a; 2011b) och därmed finns en användbar metodik. Ett fortsättningsprojekt baserat på RCP-scenarierna avslutades under våren 2014 (Hallberg m. fl., 2014).

Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv avslutade sitt arbete i december 2011 (Svenska kraftnät m.fl., 2011) och lämnade bland annat följande rekommendationer för hantering av klimatförändring i dammsäkerhetsarbetet (något avkortat):

”Kommittén rekommenderar att dimensioneringsberäkningar för dammar anpassas till ett klimat i förändring enligt följande:

- *Vid flödesdimensioneringsberäkningar bör minst tre olika antaganden om utvecklingen av framtida koncentrationer av växthusgaser användas.*
- *Minst tre olika globala klimatmodeller bör utnyttjas, om möjligt för vart och ett av de olika antagandena om framtida koncentrationer av växthusgaser.*
- *En vetenskapligt förankrad och dokumenterad metod bör användas för nedskalning till den regionala skalan. För närvarande rekommenderas dynamisk nedskalning.”*

I och med att industrin i sina egna riktlinjer (Svenska kraftnät m.fl., 2007) betonat vikten av klimatanpassning och att en metod utarbetats har anpassning till ett förändrat klimat praktiskt taget blivit standardförfarande vid nya beräkningsuppdrag av detta slag vid SMHI. Exempel är den nya regleringen av Mälaren, projekteringen av Västlänken i Göteborg och ett flertal vattenkraftanläggningar. För närvarande görs nya klimatanpassade dimensioneringsberäkningar, baserade på de nya RCP-scenarierna, för hela Luleälvens vattenkraftsystem. Diskussion om motsvarande arbete har inletts för ytterligare kraftproducerande älvar.

Det arbete med klimatanpassning av dimensionerande flöden för dammanläggningar som gjorts sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen har inneburit en metodutveckling som omsatts i praktiskt tillämpning och är numera standard vid nya dammsäkerhetsanalyser. Metodiken har också kommit till användning inom den fysiska planeringen.

5 Ras, skred och erosion

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) diskuteras riskerna för ras, skred och erosion till följd av ett ändrat klimat. Viktiga underlag var utredningens underlagsrapporter från Alm m.fl. (2007) samt Viehhauser m.fl. (2007). Utredningen sammanfattade kunskapsläget rörande riskerna för ras och skred på följande sätt:

”Ras- och skredrisken ökar på många håll i landet på grund av ökad nederbörd, intensivare nederbörd och ökade flöden. Utsatt är framför allt bebyggelse och

infrastruktur i västra Götaland, östra Svealand och Norrlands kustland. En följdkonsekvens är en ökad risk för förlust av människoliv och för ekonomiska förluster.”

5.1 Statens Geotekniska Institut

Sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen har omfattande forskning och kunskapsutveckling skett vid Statens geotekniska Institut, SGI. Det handlar om klimatförändringars inverkan på markens Geotekniska egenskaper och byggbarhet och de samhällskonsekvenser som kan bli följden av erosion och naturolyckor såsom skred och ras till följd av ett förändrat klimat.

De geotekniska konsekvenserna styrs i hög grad av grundvattenförhållanden och porvattentryck men också av höga flöden och erosion. Även tjälförhållanden och antalet frostcykler påverkar markens egenskaper. Inom SGI:s verksamhetsfält kan FoU-arbetet hänföras till följande områden:

- Konsekvenser för grundvattennivåer och porvattentryck
- Konsekvenser för spridning av föroreningar i mark och sediment
- Konsekvenser för erosion
- Förändrade sannolikheter för skred i lösa leror
- Stödsystem som bättre kartunderlag och karteringsmetoder
- Ekonomiska samhällskonsekvenser av naturolyckor som skred och ras till följd av förändrat klimat

Göta älvutredningen

Regeringens uppdrag till SGI att kartera riskerna för skred längs hela Göta älv med anledning av förändrat klimat (2009 – 2011) innebar ett stort lyft för kunskapen kring skredrisker och klimat. I uppdraget redovisades både dagens skredrisknivåer och de förändringar som förväntas med hänsyn till tillgängliga klimatscenarier (SGI, 2012a; SGI, 2012b; SGI, 2012c). Göta älvutredningen innebar kartering av ca 90 km älv under en treårsperiod till en kostnad av ca 100 mnkr.

Kunskapen kring ekonomiska samhällskonsekvenser av skred har också utvecklats sedan 2007. Det finns nu generella metoder som utnyttjas i skredriskartering i flera delar av landet. Kunskapen rörande grundvattenförändringar har också utvecklats. Dock handlar det ännu om relativt översiktliga studier av grundvattennivåer- och fluktuationer, både i öppna och slutna akviferer. Slutsatserna från studier inom Göta älvutredningen pekar på att variationsbredden förväntas öka så att de maximala grundvattennivåerna blir högre, medan de lägsta nivåerna blir ännu lägre. Forskningen visar också att många faktorer, inte minst bräddning, styr grundvattennivåerna i slutna akviferer och det återstår ännu många frågor kring detta. Kunskapen kring flödesregimer och erosion i vattendrag och längs kusterna har också utvecklats liksom kunskaperna kring förorenings-spridning till följd av skred i förorenade områden. Även kunskapen kring mer diffus förorenings-spridning i mark och vatten har ökat.

Metodiken för beräkning av sannolikhet för skred har utvecklats inom Göta älvutredningen, bland annat med hänsyn till vattenflöden och erosion. I det sammanhanget är den nya höjdmodellen från Lantmäteriet samt kartläggningen av bottenprofilen central. Med stöd av dessa modeller har också hela karteringsarbetet med hjälp av GIS utvecklats. Den förenkling och anpassning av metodiken som användes i Göta älvutredningen förenklar och effektiviserar framtida undersökningar och analyser. Med metodiken kan hänsyn tas till de variationer i geologiska och geografiska förutsättningar som finns i andra vattendrag i Sverige. Målet är att kunna utföra skredriskarteringar till en väsentligt lägre årsbudget, men med en tillräckligt hög detaljeringsnivå för slutanvändarna hos kommuner, länsstyrelser och andra myndigheter.

Övriga skredkänsliga vattendrag

Göta älv är ett av flera vattendrag där skred har inträffat i betydande omfattning fram tills idag. Konsekvenserna av skred kan bli stora för samhället och risken förväntas öka betydligt i ett framtida klimat. SGI har därför, på regeringens uppdrag, påbörjat arbetet med att skredriskkartera de ytterligare 10 vattendrag som identifierades 2012 (SGI, 2012d) och som är mest betydelsefulla att kartera ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Under 2013 tog SGI fram en inbördes rangordning av de 10 utpekade vattendragen (Bergdahl m.fl., 2013; figur 5). Prioriteringen har gjorts i två steg: i) statistisk analys av förutsättningar för skred, möjliga konsekvenser av skred samt förväntad klimatpåverkan med två olika metoder baserat på ett antal specificerade kriterier; ii) sammanvägning av resultatet från den statistiska analysen och andra samhällsaspekter som är viktiga i sammanhanget. Samtliga listade vattendrag är aktuella att skredriskkarteras under det kommande decenniet. SGI har bedömt att Ångermanälven, Säveån och Norrströms utlopp är de mest angelägna att skredriskkartera i ett första skede.



Figur 5. Inbördes rangordning av de av SGI prioriterade vattendragen för kartering av skredrisker (Källa: Bergdahl m.fl., 2013).

Erosion

SGI har utvecklat en metod för översiktlig kartering av risker med avseende på erosion längs kuster och vattendrag. Denna metod testas och vidareutvecklas för att kunna bli ett underlag för kommuner i planeringsarbetet. SGI kommer genomföra sårbarhetskarteringar i de kommuner som har förutsättningar för erosion, som ett led i den översiktliga karteringen av risker längs kuster och vattendrag.

Utvecklingen har således gått parallellt med dels utarbetande av metoder för riskanalys och sårbarhetskartering och dels faktiska kartläggningsinsatser i Göta älvdalen och i andra delar av landet. På motsvarande sätt pågår också utveckling av metodik att hantera

riskerna, dvs. värdera riskerna och prioritera behov av åtgärder, bland annat inom EU-projekt som *Climate Proof Areas*²¹ och *Risk Management for Roads in a Changing Climate* (RIMAROCC)²².

Inom området kusterosion börjar så kallade mjuka lösningar diskuteras mer på allvar. ”Skåne strand” är ett nytt sådant projekt.²³

5.2 Myndigheten för samhällskydd och beredskap

MSB har regeringens uppdrag att stödja kommuner och länsstyrelser med översiktliga kartläggningar av markens stabilitet i bebyggda områden där det finns risk för jordrörelser. Syftet är att identifiera vilka bebyggda områden som inte klassas som stabila. Karteringarna ska utgöra ett stöd i kommunernas egen riskinventering och riskhantering. Med stabilitetskarteringen till grund kan kommunerna själva upprätta handlingsplaner och utföra detaljerade utredningar i utpekade områden. Arbetet med att ta fram de översiktliga stabilitetskarteringarna pågår kontinuerligt. Vilka kommuner som står på tur att karteras avgörs av MSB i samråd med Statens geotekniska institut, SGI. Genomförda översiktliga stabilitetskarteringar finns att tillgå på MSB:s hemsida.²⁴ MSB har även utvecklat rutiner, metodik och taktik samt ett kunskapshöjande material för att underlätta för räddningstjänstpersonal att hantera ras-, skred- och slamströmsolyckor på ett säkert och effektivt sätt.

Den nya nationella höjdmodellen är ett stort steg framåt. Presentationstekniken har utvecklats. Nu pågår projekt ”grunda vatten”, en metodstudie för att hitta kostnadseffektiva verktyg att kartera Sveriges grunda vatten i kustzonen, insjöar och vattendrag.²⁵

Många kritiska frågor rörande klimatförändringars påverkan på riskerna för ras, skred och erosion är nu identifierade och forskning och kunskapsutveckling börjar komma igång. Principerna för klimatförändringars påverkan på markens geotekniska egenskaper och processer är till stora delar kända – men ännu återstår mycket för att kvantifiera konsekvenserna och den geografiska spridningen.

6 Vattenförsörjning och avloppssystem

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 diskuteras riskerna för vattenförsörjning och avloppssystem till följd av ett ändrat klimat. Viktiga underlag var utredningens underlagsrapport från Sveriges lantbruksuniversitet (Weyhenmeyer, 2007) samt två rapporter från Svenskt Vatten (Svenskt Vatten, 2007a; Svenskt Vatten, 2007b). Utredningen drog bland annat slutsatsen att:

”Framställningen av dricksvatten försvåras med mer humus i vattnet och större risk för både kemisk och mikrobiell förorening av vattentäkter vid översvämningar”.

²¹ <http://www.climateproofareas.com/>

²² http://www.swedgeo.se/templates/SGIStandardPage____1449.aspx?epslanguage=SV

²³ http://www.sgu.se/sgu/sv/geol_kartering/projekt/projekt-skanestrand.html

²⁴ <https://msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrommar/Oversiktlig-stabilitetskartering/>

²⁵ <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Nationell-plattform/Aktiviteter/Matning-pa-grunda-vatten/>

6.1 Myndigheternas arbete

Sedan 2009 är det Livsmedelsverkets ansvar att samordna dricksvattenfrågor i Sverige. Samordningsansvaret omfattar flera uppgifter och även andra aktörer än de centrala myndigheterna ska bjudas in att delta. Bland annat nämns att Livsmedelsverket ”ska verka för en koordinerad offentlig förvaltning som är ändamålsenlig för vad som kommer att krävas på dricksvattenområdet till följd av ett förändrat klimat”. Dessutom betonas att Livsmedelsverket ska vara ”pådrivande och inriktande när det gäller forskning och utveckling till stöd för klimatanpassning inom dricksvattenområdet” samt arbeta med informationsinsatser.²⁶

2010 initierade Livsmedelsverket, tillsammans med andra ansvariga myndigheter, ett Nationellt nätverk för dricksvatten. Nätverkets medlemmar består av sektorsansvariga myndigheter och berörda branschorganisationer; Boverket, Livsmedelsverket, Havs- och Vattenmyndigheten, Socialstyrelsen, Sveriges geologiska undersökning, Vattenmyndigheterna (representerade genom länsstyrelserna), Smittskyddsinstitutet, Svenskt Vatten samt Sveriges kommuner och landsting (SKL). Per-Erik Nyström är nätverkets samordnare. Tre arbetsgrupper finns idag: Dricksvatten och FoU, dricksvatten och krisberedskap (VAB) samt dricksvatten och planering. Rapporter finns tillgängliga på slv.se.²⁷

Livsmedelsverket har i samverkan med andra aktörer sedan 2000-talets början dessutom drivit ett stort antal utvecklings- och kunskapsprojekt med sikte på att höja den lokala och regionala kompetensen för att kunna möta effekter av klimatförändringarna. Till stor del har dessa genomförts med stöd av projektmedel från MSB (och tidigare KBM²⁸).

Från 1 januari 2014 har Livsmedelsverket informationsansvar för enskilda dricksvattenanläggningar.

Vattenmyndigheterna²⁹ skapades för att samordna arbetet med att bevara och förbättra kvaliteten på våra vatten enligt EU:s Ramdirektiv för Vatten. Detta gäller i första hand råvatten och enbart kemiska parametrar.

Kommunerna ligger olika långt framme när det gäller klimatanpassningsarbetet. Stockholms läns kommuner har gått ihop och bildat VAS Rådet. Samverkan har ett tydligt regionalt fokus. VAS Rådets målsättning är att arbeta med VA-frågor som kräver samsyn, åtgärder och resurser i ett länsperspektiv³⁰. En del av Skånes kommuner och Länsstyrelsen har utrett Skånes dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat (Sydvatten, Länsstyrelsen i Skåne län och Region Skåne, 2014).

6.2 Dricksvattenutredningen

I juli 2013 tillsatte regeringen utredningen *En trygg dricksvattenförsörjning* (Landsbyggsdepartementet, 2013). Utredaren ska bland annat med utgångspunkt i rådande ansvarsfördelning:

- lämna en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige, vilka risker detta medför och samhällets sårbarhet.
- bedöma förmågan att hantera klimatförändringarnas effekter på vattenkvalitet och tillgång på vatten för dricksvattenproduktion, med beaktande av åtgärder som

²⁶ <http://www.slv.se/sv/grupp1/Dricksvatten/Nationell-samordning/>

²⁷ <http://www.slv.se/sv/grupp3/Rapporter/Dricksvatten1/Krisberedskap/>

²⁸ Krisberedskapsmyndigheten

²⁹ <http://www.vattenmyndigheterna.se>

³⁰ <http://www.vasradet.se/>

genomförts på nationell, regional och lokal nivå efter Klimat- och sårbarhetsutredningen.

Uppdraget ska slutredovisas senast den 29 april 2016.³¹

6.3 Skyfall

Risken för skyfall och dess konsekvenser belystes av Klimat- och sårbarhetsutredningen som sammanfattade problemet i följande slutsatser:

”Ökningen av intensiv nederbörd över större delen av landet påverkar dagvattensystemen. Källaröversvämningar på grund av överfulla avloppssystem riskerar därmed att öka.”

”Extremt höga temperaturer blir allt vanligare och leder till en ökad dödlighet för utsatta grupper som sjuka och äldre. En ökad frekvens av översvämningar ökar risken för smittspridning, bl.a. genom överspolning av betesmark och bräddning av avloppsvatten. Ett varmare klimat ökar också risken för spridning av både gamla och nya sjukdomar.”

Utvecklingen av kunskapen om skyfall behandlas i avsnittet om översvämningar ovan. Medvetenheten om riskerna med kraftiga skyfall har ökat sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen. Flera extrema händelser sedan 2007 har bidragit till detta, varav den allvarligaste var skyfallet i Köpenhamn den 2 juli 2011. Den vetenskapliga bedömningen att skyfallen blir intensivare i ett varmare klimat kvarstår.

I augusti 2011 gav Svenskt vatten ut publikationerna *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem* (2011a), där ett flertal högupplösta regnserier bearbetats, samt *Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utförande* (2011 b), som visar goda exempel på hur man kan skapa en hållbar dag- och dränvattenhantering. Arbete pågår med nya dimensioneringsregler för avloppsledningar och med att ta hand om högupplösta nederbördsdata. Forskning pågår också om membranfilter för att reducera humushalter. Övriga relevanta rapporter från Svenskt Vatten är *Rapport från expertgruppen för ökat helhetsperspektiv i styrningen av mark- och vattenfrågor, särskilt med inriktning mot klimatanpassning och grön infrastruktur* (Underlag till Miljömålsberedningen, Svenskt Vatten, 2013) samt *Avledning av spill- drän- och dagvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem* (Remissutgåva, Svenskt Vatten, 2014).

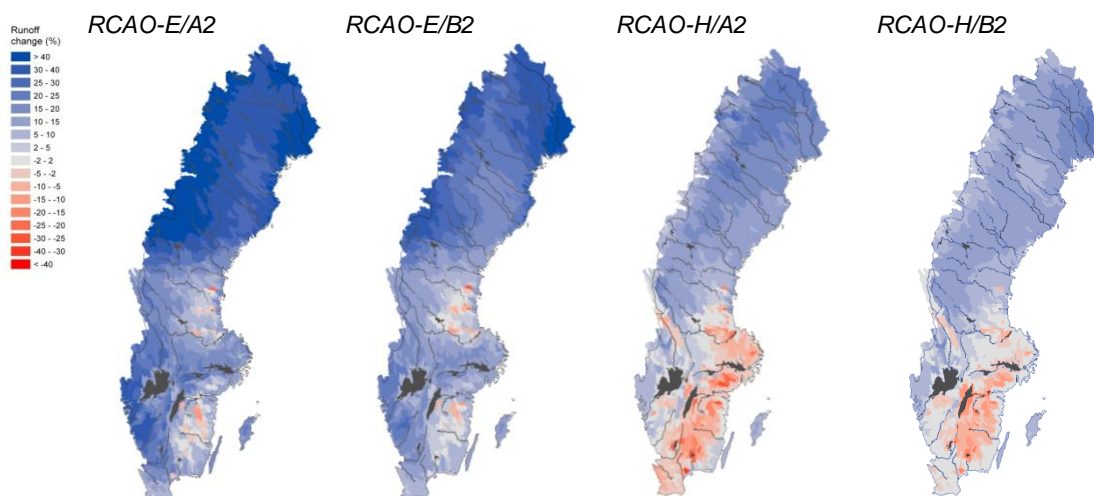
6.4 Vattentillgång

Beträffande vattentillgång redovisades fyra beräkningar baserade på då tillgängliga regionala klimatscenarier. Som nämnts tidigare har sedan dess en ny generation regionala klimatscenarier använts som standard för ett stort antal klimatanalyser i Sverige avseende perioden fram till 2100. I figur 6 och 7 redovisas beräkningarna enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen och de senast tillgängliga beräkningarna baserade på 12 regionala klimatscenarier.

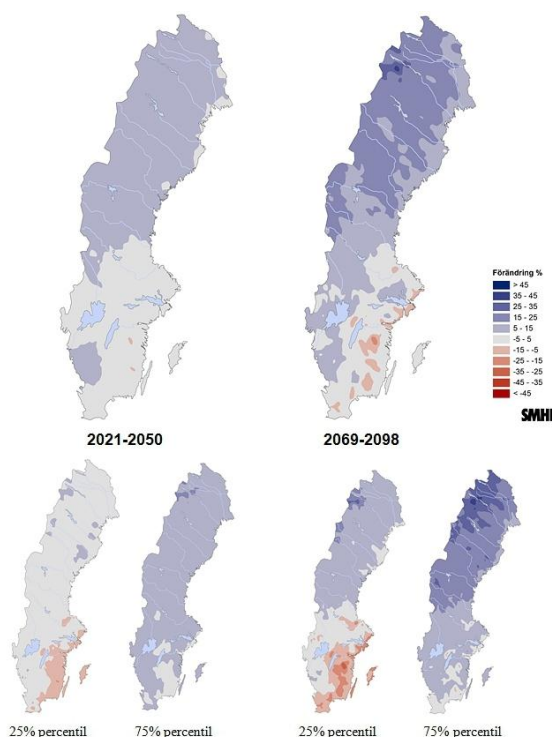
Man kan konstatera att mönstret i förändringen av vattentillgången är likartad i de senare beräkningarna men att ECHAM4-modellen (E i figur 6) som användes till Klimat- och sårbarhetsutredningen ger en mycket kraftig nederbördsökning. Denna ökning är mindre kraftig i den senare versionen av ECHAM-modellen som användes i underlaget till figur 7. Fortfarande framstår sydöstra Sverige som mest utsatt vad beträffar minskad vattentillgång i ett varmare klimat.

³¹ http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Utreddningar/Kommittedirektiv/Tillaggsdirektiv-till-Dricksva_H2B173/

I figur 8 redovisas beräkningar av hur perioder med låg vattentillgång förändras. Beräkningarna bygger på samma förutsättningar som de som redovisas i figur 7. Här framgår den ökande risken för vattenbrist sommartid ännu tydligare.

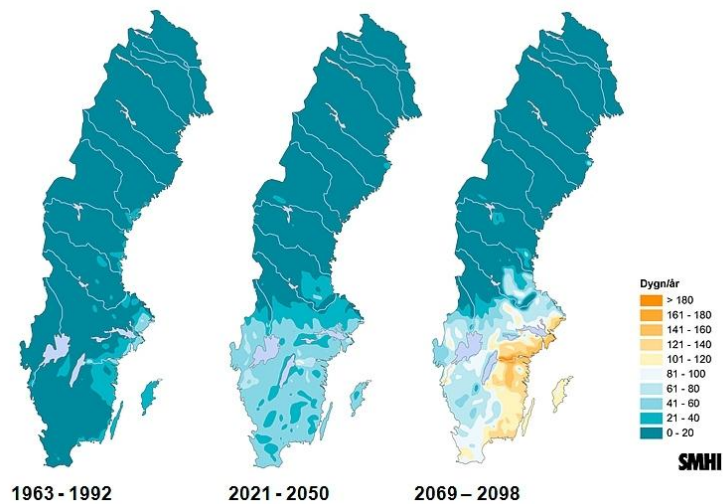


Figur 6. Beräkning av hur vattentillgången (avrinningen) kan komma att förändras enligt fyra klimatscenarier och hydrologisk modellering. Källa: Figur 4.15 i SOU 2007:60.



Figur 7. Förändring av medelavrinningen för två framtidsperioder jämfört med referensperioden (1963-1992). Kartan begränsas av gränserna för de avrinningsområden vars vattendrag rinner genom Sverige. Källa: smhi.se³²

³² <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarier/vattenforhallanden-1.22672>



Figur 8. Antal dygn per år då det är låg vattenföring i vattendragen. Varje plats jämförs med lokala förhållanden avseende lågvattenföring under referensperioden 1963-1992. Medelvärde baserat på resultat från 12 klimatsimuleringar. Observera att kartan inte begränsas av Sveriges nationsgränser utan av gränserna för de avrinningsområden vars vattendrag rinner genom Sverige. Källa: smhi.se³³

De i figur 7 och 8 redovisade beräkningarna av vattentillgången bygger på de så kallade SRES-utsläppscenarierna. Under 2014 kommer motsvarande beräkningar att göras med nyare klimatscenarioer baserade på nyare klimatmodeller och RCP-scenarioer för att beskriva effekten av framtidens utsläpp av växthusgaser.

6.5 Grundvatten

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har i samarbete med SMHI genomfört projektet *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat* (Rodhe m.fl., 2007). Syftet med studien var att belysa hur grundvattenbildning och grundvattennivåer i olika typer av grundvattenmagasin på skilda platser i Sverige kan komma att förändras som följd av en tänkbar klimatförändring. Resultatet har legat till grund för SGU:s rapport *Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat* (Sundén m.fl., 2010). Ett pågående projekt på SGU syftar till att undersöka om det går att modellera grundvattennivåer utifrån resultaten från SMHI:s hydrologiska modell S-HYPE. Resultatet skulle kunna användas i klimatsammanhang för att modellera grundvattennivåer i ett förändrat klimat på delavrinningsområdesskala.

Projektet *Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten* (Aastrup m.fl., 2012) har genomförts i samarbete mellan SGU, Havs- och Vattenmyndigheten och SMHI. Studien visar hur olika kemiska ämnen kommer att påverkas av förändringar i grundvattennivåerna till följd av ett förändrat klimat. Rapporten *Vattenförsörjningsplan – identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning* tar upp frågorna hur vattenförsörjningsplaneringen ska göras på regional nivå (Blad m.fl., 2009) och i rapporten *Framtida översvämningars eventuella påverkan på vattenförsörjningen* har SGU lämnat underlag till MSB angående grundvattentäkter i översvämningssområden som en del i MSBs arbete med översvämningdirektivet (SGU, 2011).

³³ <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenarioer/vattenforhallanden-1.22672>

SGU har, i samarbete med SGI, utvecklat ett verktyg som kombinerar jordart och lutning. Kartan ger en indikation om var planerare på kommuner och länsstyrelser bör vara extra observanta på släntstabiliteten. SGU har tillämpat analysen på de områden som har detaljerad jordartsinformation och höjdmödel. SGU tar också fram information om strändernas erosionskänslighet. Under 2014 kommer sådan information att finnas tillgänglig för Skånes stränder, som är de mest erosionskänsliga i landet. Den nationella höjdmödeln är ett utmärkt redskap för att förbättra geologisk information, som kan användas i klimatanpassningsarbete. Exempelvis kan den geometriska noggrannheten avsevärt förbättras av den information som sedan tidigare är insamlad. Arbetet görs bland annat i skredkänsliga, översvämningshotade och kustnära områden. SGU samarbetar med SGI i denna fråga.

I utkastet till målmanualen för miljö kvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* finns en precisering (Precisering 5) som berör grundvattennivåerna och att dessa ska vara sådana att de inte ger upphov till negativa konsekvenser för vattenförsörjning, markstabilitet eller djur och växtliv. Förtydligande 2 tar upp klimatförändringarna och att effekten av klimatförändringarna på grundvattennivåerna bör utvärderas regelbundet.

Såväl kunskapen som medvetenheten om klimatförändringarnas påverkan på riskerna rörande vattenförsörjning och avloppssystem har vuxit sedan Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande, men den allmänna riskbilden överensstämmer förhållandevis väl med de bedömningar som utredningen gjorde.

7 Tekniska försörjningssystem

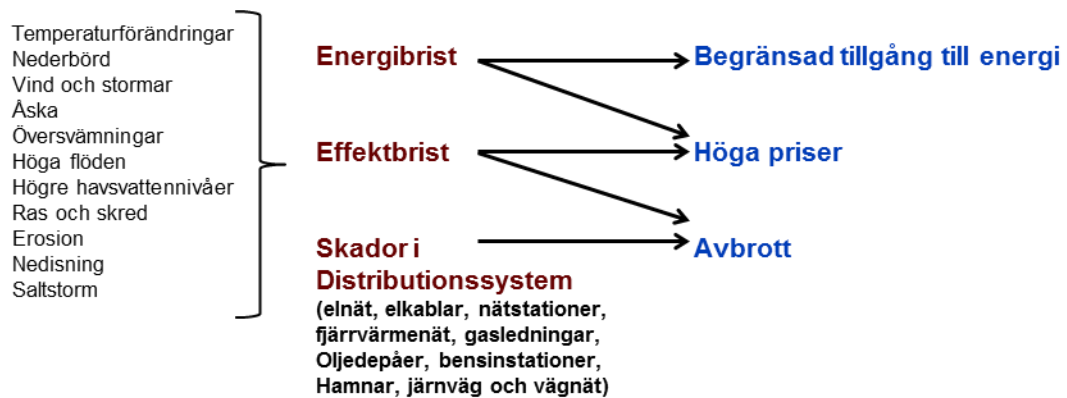
7.1 Energiproduktion

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 beskrivs energiproduktionens påverkan av ett förändrat klimat enligt följande:

”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.”

Energimyndigheten gjorde därefter en utredning av energisektorns sårbarhet för framtida extrema väderhändelser, vilket resulterade i en rapport som bekräftade riskbilden (Statens energimyndighet, 2009). Både naturgassystemet och fjärrvärmesystemet kommer att påverkas på lång sikt av klimatförändringarna genom ökad korrosion på ledningar och markförskjutningar/sättningar till följd av ökade regnmängder. Två händelser har identifierats som kan få omfattande störningar så att hela försörjningen av naturgas påverkas. Dessa två händelser är erosion, ras eller skred nära Malmö/Köpenhamn och kraftig storm på Nordsjön. För försörjningen av oljebaserade bränslen finns ingen större risk för landsomfattande störningar.

Väderhändelser har redan idag stor påverkan på energiförsörjningen då exempelvis extrem värme, extrema vindar och oväder orsakar driftstörningar. Klimatförändringarna medför även att vissa händelser inträffar oftare eller kraftigare än vad vi idag är vana vid. Figur 9 illustrerar hur olika väderhändelser påverkar energiförsörjningen till användarna.



Figur 9. Exempel på väderrelaterade hot och hur de kan störa energiförsörjningen samt konsekvenser för slutanvändaren. Källa: Efter figur 15 i Statens energimyndighet (2009).

MSB har gjort en studie på hur värme påverkar tekniska system (Mossberg Sonnek m. fl., 2014). Svenska kärnkraftverk skulle kunna få problem med varmt kylvatten under varma somrar. Dessa kan behöva stängas ner på grund av att havsvattnet som används att kyla kärnkraftverkens kondensatorer blir för varmt. Det har redan idag hänt att intagningstemperaturen för kylvattnet legat nära de gränser då reaktorerna av säkerhetsskäl måste stängas. En möjlighet är att i framtiden minska sårbarheten genom att ta kylvattnet från djupvattnet istället från ytvattenintag. Ett annat alternativ är att öka storleken på kondensationsbassängerna och/eller öka vattenflödet till dem.

7.2 Elförsörjning

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 står det angående elförsörjning:

”Den ökade skogstillväxten kombinerat med blötare mark och mindre tjäle leder till ökad stormfällning av skog, vilket drabbar system med luftledning, detta oavsett stormarnas intensitet och frekvens.”

Riskbilden har förstärkts sedan dess, vilket framgår i flera rapporter. En del ledningar grävs ner för att skydda mot hårda vindar, blötsnö och i stor utsträckning även åska. De skyddar dock inte mot exempelvis höga flöden, hög havsyttnivå, fler och kraftigare regnväder samt erosion. Alla jordkabeltyper är inte vattentäta och med ökad vattenmättnad i marken kan det på sikt medföra korrosion på både skärm och ledare. För de luftledningar som finns kvar ger ökad fuktighet i marken kortare livslängd på ledningsstolpar. Detta på grund av sämre bärighet och ökad känslighet för exempelvis hårda vindar. I samband med mildare vintrar kommer problemen med träd som faller över elledningar att flyttas norrut.

I Energimyndighetens rapport (Statens energimyndighet, 2009) står att:

”Mer än 40 procent av avbrotten i elförsörjningen beror idag på väderrelaterade händelser. Genom klimatförändringen kommer det svenska energisystemet att utsättas för större påfrestningar i form av väder- och klimatpåverkan.”

Störningar i enskilda produktionsanläggningar förväntas inte ge konsekvenser lokalt eller regionalt eftersom det svenska elnätet är sammanbundet och det finns redundans även för bortfall av stora anläggningar. För stamnätet är den nuvarande dimensioneringen av elsystemet enligt Svenska kraftnät rimligt relativt de kostnader samhället kan drabbas av om ett omfattande elavbrott inträffar (Svenska kraftnät, 2009). Åtgärder bör inriktas på att minska risken för stora elavbrott genom att:

- Begränsa sannolikheten för fel
- Begränsa omfattningen av störningar (geografisk spridning)

- Främja snabb återuppbyggnad av system efter störning

För att få en bättre lägesbild över elförsörjningen har ett lägesuppföljnings- och rapporteringsverktyg för elförsörjningen tagits fram. Detta system kallas för SUSIE (Samverkan under störning i elsystemet) och fungerar som ett stöd för branschens hantering av störningar (Nilsson, 2013).

7.3 Elnätet

Det svenska elnätet kan sägas bestå av tre delar: stamnätet, regionalnäten och lokalnäten. Det är ca 170 företag som äger elnäten i Sverige³⁴. Stamnätet ägs av staten och förvaltas av myndigheten Svenska kraftnät. För att överföra stora mängder el över stora avstånd används stamnätet, som består av kraftledningar och transformator- och kopplingsstationer som knyter ihop ledningsnätet³⁵. Elektriciteten transformeras ner till en lägre spänning innan det leds vidare i regionnätens ledningar. Regionnätet levererar oftast el till industrier med hög elförbrukning medan lokala elnät (distributionsnät) skickar elektriciteten vidare till mindre industrier, hushåll och övriga användare.

Stamnätet

Stamnätet byggs träsäkert och efter 2007 har inga nya skador noterats i detta nät. För att öka lastkapaciteten och förebygga haverier har dock ombyggnad skett på platser där extrema laster har förekommit. Det görs lokal anpassning av stolpplacering i svåra sträckningar i höglänta områden med bland annat tätare placering av stolpar så att marginaler skapas och lastkapaciteten inte utnyttjas fullt ut. Stamnätet skulle kunna påverkas av erosion, ras och skred och då ge landsomfattande följder, om händelserna sammanfaller med annan betydande störning i systemet.

Regionnätet

I samband med stormar kan regionnätet lida stor skada. Nätet ska vara träsäkert, det vill säga att träd i närheten av ledningarna ska rensas bort. På en del håll i landet förekommer ledningsstolpar på skredbenägen mark men det är oklart hur många och hur långa sträckor det rör sig om. Regionnätstationer ligger ofta en bit in från kusten eller med avstånd till sjöar och andra vattendrag, men även om stationerna oftast ligger högt kan höga flöden medföra problem.

Lokalnätet

De allra flesta elanvändare/kunder är anslutna på lokalnätsnivå, som generellt sett är minst robust mot olika typer av händelser. Lokalnätet kan lida stor skada av stormar och det finns även större risk för detta nät att drabbas av ras och skred än andra. Ras och skred är dock inget påtagligt hot idag och väntas inte ge omfattande störning i elförsörjningen. Det finns nätstationer som ligger dåligt till vid åar och sjöar. Vid översvämning kan det medföra störningar i elförsörjningen.

7.4 Värme- och kylbehov

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas kunskapsläget på följande sätt:

”Temperaturförändringarna leder till ett minskat uppvärmningsbehov. Beräkningar visar på en minskning med cirka 30%. Samtidigt ökar kylbehovet cirka fem gånger.”

Den här kunskapsbilden har bekräftats av senare rapporter. Ökad användning av kyla bidrar till att öka användningen av energi främst sommartid. Effekttoppen för el kommer

³⁴ <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elnatet/>

³⁵ <http://www.svk.se/Om-oss/Var-verksamhet/Stamnätet/>

förmodligen dock att även fortsättningsvis ligga under vintertid, eftersom den påverkas starkt av att mycket el används till uppvärmning.

I Sverige är elbehovet lägre under sommaren än vintern och det finns stor kapacitet i elproduktionen som vanligtvis inte utnyttjas sommartid. Under sommaren går vattenkraften normalt inte för fullt men dammarna är välfyllda. I samband med värmebölja kan elproduktionen därför ökas genom att öka vattenkraften för att möta ett ökat behov av el för luftkonditionering och kylning (Mossberg Sonnek m.fl., 2014). Även inom kärnkraftverk och övrig värmekraft finns det marginaler under sommaren.

Värme anses inte vara ett särskilt stort hot mot elförsörjningen men för distributionen av el kan det uppstå problem. Värmen kan medföra att luftkablar förlängs och bågnar. Här anses problemet vara störst på stamnätet där spannen är långa. Även jordkabelledningar kan bli så pass varma att isolationsmaterialet blir mjukt. Ledaren i kabeln riskerar då att sjunka ner i materialet och ge överslag. Ytterligare komponenter som anses vara känsliga under en kraftig värmebölja är transformatorer, isolatorer och brytare. De regionala och lokala elnäten anses vara de mest sårbara medan stamnätet har en större redundans.

7.5 Kunskapsbehov

I dagsläget saknas kunskaper inom en del områden som behöver förtydligas eller undersökas. Svenska kraftnät efterlyser mer information om isbarkstorm. Det finns bristande information om dessa väderfenomen, eftersom de är ovanliga och därmed svåra att bedöma och skydda sig mot.

Svenska kraftnät gav förslag på fortsatt klimatforskning i Klimat- och sårbarhetsutredningen. Dessa områden bedöms ha fortsatt aktualitet:

- Extrema väderfenomen med is och vind.
- Närmare kartläggning av nedisningsfenomen avseende bland annat återkomsttid, intensitet och förväntat geografiskt område.
- Analys av framtida maximal byvindshastighet över årets månader.

Det behövs ytterligare kunskaper kring klimatförändringens effekter på energisystemet. Det behövs även en ökad samverkan mellan lokala, regionala och nationella myndigheter och marknadsaktörer.

Elforsk har identifierat en del forsknings- och kunskapsbehov (Elforsk, 2013):

- *Förändrade produktionsförutsättningar:* Hur påverkas produktionspotentialen för bioenergi och vindkraft?
- *Förändrad energianvändning:* Hur kommer det framtida värme- och kylbehovet att se ut?
- *Extrema väderhändelser:* Hur kommer extrema väderhändelser att påverka och hur kan klimatdata och scenarier sammanställas för att underlätta identifiering av sårbarhet?
- *Anpassningsåtgärder:* Vilka anpassningsåtgärder kommer att behöva vidtas för att hantera långsiktiga successiva klimatförändringar respektive kortsiktiga och plötsliga förändringar?

Det svenska energisystemet kommer att utsättas för större påfrestningar, särskilt av extrema väderhändelser. Kunskapen har ökat kring klimatförändringarnas effekter på energisystemet, men det kvarstår kunskapsluckor relaterade till extremväder och anpassningsåtgärder. Det behövs även en ökad samverkan mellan myndigheter och marknadsaktörer.

8 Kommunikationer

8.1 Väginfrastrukturen

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 sammanfattas kunskapsläget rörande klimatets påverkan på väginfrastrukturen enligt följande:

”Översvämningsrisken i sjöar och vattendrag ökar främst i västra Götaland och västra Svealand samt i delar av Norrland. Bebyggelse och teknisk infrastruktur, särskilt vägar, järnvägar och dagvattensystem drabbas.”

”En ökad temperatur innebär att skador förskjuts från tjälerrelaterade till värme- och vattenbelastningsrelaterade samt minskade underhållskostnader för betongbroar.”

”Den ökade temperaturen under vintern minskar risken för rälsbrott, medan den under sommaren innebär ökat underhåll.”

Sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen har en del förändringar skett inom myndigheterna. Den 1 april 2010 slogs Banverket och Vägverket samman och bildade Trafikverket, vars uppgift är att utveckla ett effektivt och hållbart transportsystem. Trafikverket arbetar nu med att utveckla samverkan för att förbättra arbetet med att klimatanpassa transportnätet och en strategi läggs upp för klimatanpassning. Samma datum bildades även myndigheten Trafikanalys som förser beslutsfattare inom transportpolitik med kunskapsunderlag genom att granska, analysera, följa upp och utvärdera föreslagna och genomförda åtgärder. En annan förändring som gjorts på senare år är att Luftfartsstyrelsen och Järnvägsstyrelsen ersattes av Transportstyrelsen 1 januari 2009.

Trafikverket arbetar med att reducera riskerna för ras, skred, erosion och översvämningar på väg och järnväg. För järnvägen pågår trädsäkringsprojekt där träd nära spåret tas bort för att inte riskera att dessa blåser ner. Till år 2021 ska 480 mil järnväg vara trädsäkrade. För vägarna görs riskinventeringar över hela landet som dokumenteras i en gemensam riskdatabas (STRADA). Åtgärder planeras och utförs så att de allvarligaste riskerna åtgärdas först.

I och med att nederbörden väntas öka i framtiden kan trafikolyckor som följd av stora regnmängder på vägar bli allt vanligare och även bli ett större problem än vad de är i dag. Trafikverket har undersökt om det går att använda data från trafikolyckor som riskidentifieringsmetod (Hellstrand och Gustafsson, 2014). Olyckor i samband med vatten på vägen som rapporterats in i STRADA användes i kombination med GIS och det gick då att hitta punkter i vägnätet där vattenrelaterade trafikolyckor är koncentrerade. Genom att identifiera platser som riskerar att översvämmas av riklig nederbörd kan problemen förhoppningsvis åtgärdas och vissa olyckor undvikas.

Även totalstoppstatistik har undersökts om den går att använda som riskidentifieringsmetod (Gustafsson, 2014). Olycksfall under perioden 2007 och 2013 undersöktes och de flesta naturrelaterade stoppen under denna period skedde på grund av nedfallna träd och översvämningar. Flest händelser inrapporterades 2007 och många är kopplade till stormen Per. Efter 2007 minskade antalet händelser kraftigt, främst genom färre stopp på grund av nedfallna träd. Däremot sågs en ökning av antalet översvämningar under de senaste åren. Totalstoppstatistiken kan användas som riskidentifieringsmetod i Trafikverkets arbete med att hitta geografiska platser som har drabbats av flera stopp på grund av naturrelaterade händelser. För att lättare identifiera platser skulle inrapporteringen behöva förbättras med bättre kategorisering av händelserna och förbättrad noggrannhet i koordinatangivelserna.

Studier (Kalantari, 2012) visar att när grundvattennivån höjs i många markområden finns risk att det leder till ökad belastning på dräneringssystem för vägyta och vägunderbyggnad. Hänsyn behöver därför tas till dräneringen i samband med projektering

av nya vägar och ombyggnad av befintliga. Trummor kan behöva bytas ut till nya med större dimension eller installera fler trummor (Karlsson, 2008). Om en trumma ska bytas ut idag tar Trafikverket hänsyn till både dagens och framtida klimat i dimensioneringen.

En del av våra broar är idag lågt liggande och kan behöva byggas om och höjas för att de inte ska översvämmas. Om det skulle bli problem, såsom ras av någon bro i samband med stora regnmängder eller dammbrott, är Trafikverket idag förberedda eftersom de har ett upplag av reservbroar. En provisorisk bro kan oftast monteras inom en 24-timmarsperiod. Skogsavverkning ger ökat extremflöde vilket påverkar avrinningsområdet och i sin tur kan påverka väginfrastrukturen. Ett ökat informationsutbyte mellan väghållare och skogsnäringen kan bidra till att minska nederbördsrelaterade skador på väginfrastrukturen.

En del effekter av klimatförändringen lyfts fram i en rapport från VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) (Arvidsson m.fl., 2012):

- Saltanvändandet kommer totalt sett att minska på grund av det varmare klimatet
- Plogningstillfällena kommer antagligen minska
- Vinterväghållningens insatser väntas flytta norrut
- De mer extrema tillfällena kommer att öka

Fler temperaturväxlingar runt noll i söder leder till ökade problem med blockering av tunga fordon i samband med dåligt väglag. Nollgenomgångarna kommer öka över hela landet i samband med klimatförändringar.

Förändringar i klimatet gör att riskerna för skred, ras, översvämningar och kraftiga vindar ökar, vilket även kommer påverka vägar och järnvägar. Personprognosen visar att det sammanlagda transportarbetet för bil, buss, tåg och flyg i personkilometer beräknas öka med 29 procent till 2030. Det sammanlagda transportarbetet för inrikes godstransporter beräknas öka med 52 procent (Trafikverket, 2013). Detta ställer krav på att göra den framtida infrastrukturen mer robust och det görs genom att göra konsekvensutredningar i flera steg när nya anläggningar byggs, speciellt i områden som väntas drabbas hårdare av klimatförändringar.

Den nationella höjdmodellen är ett mycket kraftfullt verktyg för att identifiera risker så som översvämningskänsliga områden, samt identifiera var trummor kan finnas. Den nya höjddatabasen är ett oerhört viktigt, nytt verktyg för Trafikverket och informationen härifrån underlättar arbetet med att identifiera känsliga områden där åtgärder kan behövas sättas in.

Järnvägen kan påverkas av en längre period av värmebölja (Mossberg m.fl., 2014). Det är flera komponenter som påverkas negativt av värme. Räler, komponenter i växlar och kontakledningar kan expandera i värmen och orsaka störningar i trafiken. Under perioder med hög värme kommer troligen transporter med tåg att inte kunna genomföras som planerat, då det finns risk att värmen överskrider toleransen hos tekniska komponenter i systemet eller kapaciteten hos den befintliga kylningen.

8.2 Telekommunikation

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande SOU 2007:60 konstaterades:

”Ökade risker för stormfällning påverkar system med luftledning och även master. Luftledning 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 fortsätta att drabba de elektroniska kommunikationerna.”

PTS (Post- och telestyrelsen) har undersökt konsekvenserna på elektronisk kommunikation som kan uppstå vid ett eventuellt dammbrott respektive hundraårsflöde i

Dalälven. I samband med denna utredning betonades den elektroniska kommunikationens beroende av kontinuerlig elförsörjning. Konsekvenserna av även korta elavbrott kan medföra stora konsekvenser på den elektroniska kommunikationen och dess användare.

Vid översvämning kommer med stor sannolikhet hela områden att vara strömlösa. Det medför att elektronisk kommunikation troligen slutar fungera eller blir kraftigt nedsatt. Många stora fiberkablar är lagda i broar och om dessa broar spolats bort av framsugande vattenmassor kan lokala telekommunikationsnoder såväl som andra delar av landet påverkas av detta.

Riksdagen beslutade 2003 om införandet och utbyggnad av Rakel, ett kommunikations-system. I december 2010 invigdes hela Norrland som den sista delen i utbyggnaden av Rakel och därmed har Sverige för första gången ett landstäckande kommunikationssystem.

8.3 Sjöfart

Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande fastslogs att sjöfarten inte påverkas 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.”

Sjöfartsverket menar att ett ökat vattendjup inte innebär några nackdelar för sjöfarten, men höjd havsnivå kan medföra problem i vissa hamnar där kajanläggningar kan behöva anpassas. Däremot kan ökade vattenflöden medföra svårigheter bland annat genom ökad risk för erosion, ras och skred i trånga passager, som till exempel kanaler. SGI fick 2009 i uppdrag av regeringen att utföra en inventering av riskerna för skred längs Göta älv med anledning av ett förändrat klimat med ökade flöden i älven. Risken för skred är hög i dagsläget och ett av de konsekvensområden som identifierades i utredningen sjöfarten. Flera aktiviteter har startats i kommunerna efter informationsinsatsen som gjordes under 2012.

Sjöfartsverket har i samarbete med övriga Östersjöländer utvecklat en djupmodell över Östersjön, Baltic Sea Bathymetry Database. Syftet var att förbättra tillgängligheten av djupdata över hela Östersjön för användning inom bland annat miljö- och klimatområdet. Djupmodellen innehåller en kartvisningstjänst och en nedladdningstjänst och samlar, visualiserar och tillhandahåller djupdata för hela Östersjön. Nya sjömätningar genomförs systematiskt och områden som trafikerats av kommersiell sjöfart prioriteras.

8.4 Flyg

Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) påverkas inte luftfarten i någon allvarlig grad av klimatförändringarna, men de medför ändå en viss påverkan:

”Ett varmare klimat kan påverka tjäldjupet med konsekvenser för flygfältens bärighet. Ökade nederbörds mängder belastar flygplatsernas dagvattensystem och kan föranleda en tidigareläggning av planerade ombyggnader. Behovet av avisnings- och halkbekämpningsmedel minskar i de södra delarna av landet, men ökar i stället i norr.”

Luftfartstyrelsen gjorde en utredning (Luftfartstyrelsen, 2008) som visade att bärigheten på rullbanorna på svenska flygplatser kommer att vara tillräckliga. Det förutsätter dock kontinuerligt underhåll av dagvattensystem och banbeläggningar. En temperaturhöjning bidrar till att tjäldjupet minskar i Sverige, men medför att bärigheten reduceras. Det innebär att ett tjockare lager av asfalt kan behövas.

8.5 Kunskapsbehov

När Trafikanalys gör uppföljning av de transportpolitiska målen ingår inte anpassning till eller effekter av ett förändrat klimat i analysen. Trafikanalys anser dock att det kan bli relevant framöver.

Mer kunskap behövs om vägkonstruktionens påverkan av ett förändrat klimat, samt hur man inom drift och underhåll ska anpassa sig till ett förändrat klimat. Fler verktyg önskas för detta, till exempel för att bedöma effekter på avrinningens volym och intensitet.

Det finns idag en större kunskapsbild och medvetenhet om klimatförändringarnas påverkan på kommunikationerna i samhället, men det finns fortfarande behov av mer utredning och verktyg.

9 Skogsbruket

I Klimat- och sårbarhetsutredningens huvudbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas kunskapsläget för skogsbruket på följande sätt:

”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.

Stora regionala skillnader i utbudet av kommersiellt virke kan påverka svensk skogsindustri ”

Slutsatserna från Klimat- och sårbarhetsutredningen kvarstår. Framför allt har mer detaljkunskap tillkommit (se t.ex. Skogsstyrelsen, 2012 a). Klimatförändringarna kommer på sikt att påverka skogsbruket på många sätt; genom klimatets direkta påverkan på skogen, genom de klimatpolitiska styrmedlens påverkan och genom hur motåtgärder och anpassningar kommer att påverka samhället i stort när det gäller energiomställning och global utveckling.

Osäkerheterna kring hur såväl effekter som åtgärder kommer att påverka skogen, skogsbruket och skogsindustrin i framtiden adderar till den osäkerhet som ändå skulle ha funnits kring nationell och internationell tillgång och efterfrågan på olika virkessortiment och -kvaliteter när man försöker se många decennier framåt.

Den svenska skogens roll som biobränsle- och trävaruleverantör kommer sannolikt att öka ytterligare till följd av satsningar på att minska användningen av fossila bränslen och minska utsläppen av koldioxid från cement- och plastindustrin. Dyrare energi kan också stärka träsäters konkurrenskraft gentemot metaller och andra material som kräver mer energi för sin framställning.

9.1 En utmaning för skogsägare

Klimatförändringen innebär en stor utmaning för Sveriges alla skogsägare. Den skog vi etablerar idag måste kunna klara ett förändrat klimat. Redan nu har vi ett varmare klimat än för 30–40 år sedan. Bland de största hoten finns ökad risk för stormfällning, skadeinsekter och bränder.

Risken för stormfällning ökar i viss utsträckning i takt med att vintrarna blir blötare. När grundvattennivåerna stiger försämras trädrötternas hållfasthet. Att det blir varmare och inte lika mycket tjäle innebär också ökad risk för stormfällning. Troligen drabbas inte Sverige av fler riktigt svåra stormar på grund av klimatförändringarna. Däremot blir effekten av stormarna värre på grund av mer stormkänslig skog. Och en direkt följd av stormfälld skog blir ökad risk för skadeinsekter. Dessa gynnas dessutom av ett varmare

klimat. Exempelvis kan granbarkborren föröka sig snabbare. MSB har gjort en sammanställning av kunskap över skador och effekter av storm (MSB, 2013a).

Det blir sämre att ha stora arealer med samma trädslag. Skadeinsekterna är oftast trädslagsspecifika vilket innebär att de kan slå ut ett visst trädslag åt gången. Granens pågående utbredning i södra Sverige är ett bekymmer just med tanke på riskspridningen. Att satsa på mera tall och lövträd är därför viktigt. Om exempelvis asp, rönn och sälg får mer plats i skogen ger det viltet annat att äta och minskar trycket på nysatta plantor.

Med varmare och mer nederbördsrika vintrar ökar riskerna för mer körskador i skogen, såvida man inte förbättrar planering och metoder. Allvarliga körskador är dessutom förbjudna i Skogsvårdslagen och kan i vissa fall medföra åtal. Körskador kan skada biologisk mångfald om naturliga våtmarker och vattendrag får ta emot slam och humus.

Under den senaste femårsperioden har en påtaglig utveckling skett kring dessa frågor i skogsbruket. En körskadepolicy³⁶ har antagits, nya planterings- och drivningssystem har utvecklats (t.ex. Rätt Metod³⁷) och genomfört utbildning internt och av entreprenörer i syfte att minska skadorna. Skogsstyrelsen har tagit fram information och råd för skogsägare (Skogsstyrelsen 2012a, Skogsstyrelsen 2012b och Skogsstyrelsen 2013). Tidningen Skogseko har i flera temanummer belyst klimatförändring och anpassningsbehov (exempelvis Skogseko 2009 och 2013).

Brist på tjäle förhindrar uttransport av virke från vissa arealer. Med allt varmare vintrar kan det bli ett växande hinder i brukandet.

9.2 Skogsbränder

I rapporten *Skogsbränder under ett förändrat klimat - en forskningsöversikt* (MSB, 2009) kartläggs vilken forskning som genomförts, både nationellt och internationellt, för att studera klimatförändringarnas påverkan på risken för skogsbrand. Rapporten kartlägger också vilka åtgärder samhället kan göra för att anpassa sig till de förändrade förhållandena samt vilka riskhanteringsmetoder och kunskapsbehov det finns.

Bränder kan bli vanligare i slutet av seklet. I rapporten *Framtida perioder med hög risk för skogsbrand* (MSB, 2013b) har förändring av brandrisksäsongens start, slut och längd undersöks, samt frekvensen och längden av högriskperioder.

Ett generellt varmare klimat medför att säsongen för brand i vegetationen förlängs i Sverige i framtiden. Såväl ytan som skogsbrändernas antal kan komma att öka. Information om risker för skogs- och gräsbrand finns i MSB:s och SMHI:s informationssystem *Brandrisk skog och mark*. Tjänsten är tillgänglig på www.msb.se mellan mars och augusti³⁸. Brandriskprognoser finns också i appen *Brandrisk Ute*³⁹.

För att nå ett lyckat resultat vid skogsbränder är det viktigt att ha kunskap om och insatsplaner för denna typ av bränder och med de svårigheter det kan medföra. Som ett stöd för att hantera skogsbränder har MSB tagit fram rapporten *Tumregler vid skogsbrand* (MSB, 2012d).

³⁶ <http://www.skogsindustrierna.org/branschen/branschfakta/skog/samlad-miljopolicy-om-korskador-pa-skogsmark>

³⁷

<https://www.skogforsk.se/PageFiles/75073/17%20Vegard%20Haanaes%20R%C3%A4tt%20Metod%20SA.pdf>

³⁸ <https://msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skogsbrand--vegetationsbrand/Brandriskprognoser/>

³⁹ <http://www.dinsakerhet.se/brand/Eldning/Appen-BRANDRISK-Ute/>

9.3 Pågående arbeten

I samband med Klimat- och sårbarhetsutredningen skrevs rapporten *Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar* (Skogsstyrelsen, 2007). Skogsstyrelsen håller för närvarande på att ta fram en kunskapsuppdatering relativt Klimat- och sårbarhetsutredningen när det gäller klimatförändringarnas påverkan på skogen och vilka anpassningsmöjligheter som står till buds. Hösten 2013 skickades en förfrågan till ett stort antal forskare om resultat från de senaste åtta åren. Skogsstyrelsen har även samlat ett stort antal artiklar samt kunskap om ytterligare arbeten och analyser.

Future Forests (2014) är ett Mistra-program med SLU som värduniversitet. Programmet är en gemensam forskningsinsats mellan SLU, Umeå universitet och Skogforsk. Future Forests utforskar strategier för förvaltning som möjliggör att skogen kan ge mer. En aspekt är hur klimatförändringarna påverkar det svenska skogsbruket.

Mistra-SWECIA⁴⁰ är ett tvärvetenskapligt program som skapar ny kunskap och utvecklar forskningsbaserade underlag för beslut om klimatanpassning. Programmet inkluderar bland annat analyser av klimatanpassning inom den svenska skogssektorn. Inom Mistra-SWECIA har nya produktionsfunktioner för tall utvecklats. Framtida uppvärmningstrender tas i beaktande för att optimera valet av tallplantor för skogsförnyring. För att vara konkurrenskraftiga skall de plantor som planteras idag både ha en hög överlevnad under nuvarande klimatförhållanden och optimal tillväxt i det framtida klimatet.

I en studie 2009 var slutsatsen att endast 19 procent av skogsägarna hade vidtagit åtgärder för att klimatanpassa sin verksamhet (Skogseko, 2009). Mistra-SWECIA genomför nu en kartläggning av hur svenska skogsägare upplever klimatförändringarna och vilka åtgärder de tror kan minska klimatrelaterade påfrestningar på skogen. Seminarier och exkursioner kring temat klimatanpassning av skogen, med olika aktörer inom sektorn, ingår också i programmet.

MSB genomför en metodutveckling för indelning av vegetationen i brandklasser.

9.4 Kunskapsbehov

MSB anser att kunskap saknas avseende vegetationens brandegenskaper och brandbeteende i minusgrader (vinterförhållanden utan snö) och att det finns ett behov av spridningsmodeller för vegetationsbränder i vinterförhållanden. Vidare behövs kartering av vegetation utifrån brandegenskaper i Sverige (särskilda riskmiljöer).

Skogsstyrelsen gör under 2014 en bred inventering av kunskapsluckor för skogsbruket.

Klimatet påverkar skogen direkt och därmed också skogsbruket. Indirekt påverkan sker genom klimatpolitiska styrmedel och samhällets klimatanpassning avseende energiomställning och global utveckling.

Skogens roll som leverantör av biobränsle och trä ökar sannolikt. Största hoten avseende direkt påverkan är stormfällning, skadeinsekter och bränder. Andra problem är ökade risker för körskador och granens utbredning.

En påtaglig utveckling har skett de senaste åren med ny körskadepolicy, planterings- och drivningssystem har utvecklats och skogsägare har utbildats.

⁴⁰ <http://www.mistra-swecia.se/>

10 Jordbruket

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande avseende 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 nederbörds mönstren.

Minskat utbud av livsmedel på världsmarknaden, beroende på hur stora klimatförändringarna blir. Kan innebära ökad efterfrågan på svenska livsmedel.”

I huvudsak kvarstår slutsatserna från Klimat- och sårbarhetsutredningen. I rapporten *En meter i timmen* (Jordbruksverket, 2007) beskrivs hur avkastningen i odlingen utvecklas de kommande ca 25 åren och vilken faktor som är mest betydelsefull för denna utveckling. Om den hittillsvarande utvecklingen fortsätter anses ändrad odlingsteknik, nya sorter m.m. att påverka mer än ökad CO₂-koncentration i luften, högre årsmedeltemperatur och mer nederbörd.

Den högre medeltemperaturen kan komma att ändra fördelningen av grödor. Mer majsodling och höstsådd spannmål är att vänta. En försämrad situation vad gäller sjukdomar och skadegörare är högst troligt och gäller både växtodling som animalieproduktion. Insekter kan förorsaka skador genom att hämta näring från växter och djur och kan dessutom vara smittbärare, s.k. vektorer. Ett ökat tryck av ogräs som konkurrerar med nyttoväxter är också ett förväntat resultat av ändrat klimat.

Risken för växtnäringsläckage från jordbruksmark är starkt kopplat till avkastning och val av grödor och växtföljder men beror även på marktemperatur, markfuktighet och nederbörd. Det innebär att faktorer verkar i riktning mot både större och mindre förluster av växtnäring.

Jordbruksverket fick 2009 i uppdrag att göra en översyn av djurskyddsregler med hänsyn till klimatförändringar. Uppdraget var att undersöka behovet av att ändra reglerna för utformning av stallar, fällor och väderskydd med avseende på ökad risk för värmestress. Jordbruksverket har deltagit i en omarbetning av Svensk Standard (SS 95 10 51) som i viss mån kommer att beakta klimatförändringar. Utöver detta bedömer Jordbruksverket inte att det finns något omedelbart behov av åtgärder, dock bevakar myndigheten frågan (Jordbruksverket, 2009).

De framtida klimatfördelar som Sverige sannolikt kommer att ha, relativt andra regioner, kan bara realiseras om jordbruket är konkurrenskraftigt och det finns en investeringsvilja i jordbruket från både näringsliv och det offentliga samhället. Försämrade möjligheter för jordbruksproduktion i andra delar av världen på grund av klimatförändringar (till exempel ökad förekomst av torka) kan komma att påverka efterfrågan och pris på jordbruksprodukter på världsmarknaden. I vilken mån detta kommer att öka Sveriges möjligheter att producera och exportera mer jordbruksprodukter beror på Sveriges konkurrenskraft gentemot andra produktionsländer och regioner i världen.

10.1 Växtskyddet

För en konkurrenskraftig odling med minimal miljöpåverkan även i framtiden krävs att växtskyddsproblemen hanteras effektivt. I ett uppdrag från regeringen (Jordbruksverket, 2012) har ett kunskapsunderlag tagits fram för att hantera och förebygga framtida problem med ogräs, växtsjukdomar och skadegörare.

Framtida klimatförändringar gör att redan kända växtskyddsproblem ökar i omfattning men även nya utmaningar är att vänta (Jordbruksverket, 2010a). Utöver klimatförändringar har en förändrad marknad och produktionsekonomi stor betydelse för vad som odlas i framtiden.

Det samhällsekonomiska värdet av att förebygga spridning och bekämpa växtskadegörare är betydande både för jord- och skogsbruket. Även det offentliga rummet (parker, landskap, urbana miljöer) kan drabbas av nya skadegörare eller befintliga som ges nya förutsättningar genom ett ändrat klimat. Växtskadegörare från urban miljö kan bli allvarliga hot för t.ex. den svenska skogen.

Jordbruksverket föreslår ökad samordning och förbättring av bevaktningssystem för växtskadegörare samt en utökad omvärldsbevakning. Vidare en satsning på tillämpad forskning för att hantera ökade växtskyddsproblem och att en expertfunktion för riskvärdering av växtskadegörare skapas.

10.2 Jordbrukets vattenanläggningar

Vad gäller vattenanläggningar har Jordbruksverket producerat flera rapporter under senare år (t.ex. Jordbruksverket: 2010b, 2013a och 2013b). Man konstaterar att dagens markavvattningsanläggningar som regel är gamla (60-100 år) och ofta underdimensionerade. Klimatförändringen försämrar situationen, men med stora regionala skillnader.

Jordbrukets vattenanläggningar är ursprungligen dimensionerade för avrinning från åker- och betesmarker. De är som regel inte anpassade för en utbyggd infrastruktur. Städernas dagvatten ansluts idag ofta till jordbrukets vattenanläggningar vilket ökar problemen. De våtmarker som anlagts de senaste åren kan inte heller agera översvämningsskydd, eftersom de inte är dimensionerade för det ändamålet. Framtida konsekvenser kan bli ökade risker för översvämningar, ökade kostnader för drift och underhåll samt ökad utlakning av näringsämnen.

För att kunna utnyttja en längre växtsäsong, i ett varmare framtida klimat, krävs att marken kan bearbetas på våren och hösten, samt att kunna skörda grödorna. Förutsättningen är en väl dränerad mark, vilket i odlingssammanhang innebär en grundvattenyta som inte ens temporärt överstiger ca 40 cm djup.

Anpassningen av jordbrukets vattenanläggningar till ett nytt klimat kräver en bred diskussion om hur markens värde för en resurseffektiv och uthållig livsmedelproduktion ska vägas mot andra samhällsmål som rör vatten, natur och biologisk mångfald. Markavvattning är inte enbart en jordbruksfråga. Vad gäller bevattningsbehov för jordbruket ökar konkurrensen om vattenresurserna i framtiden, särskilt för sydöstra Sverige under torra somrar.

Tvästegsdiken är ett försök att anpassa dräneringen för ett nytt klimat och samtidigt uppfylla miljö- och naturvårdskrav. Erfarenheterna är dock begränsade och framför allt från USA. Den direkta nackdelen med tvästegsdiken är att de medför förlust av åkermark och kräver stora omflyttningar av jord till höga kostnader.

En lång period med lågt intresse för jordbrukets vattenanläggningar har lett till att både kunskap och kompetens saknas hos såväl myndigheter som lantbrukare och rådgivare. Det behövs därför både forskning och kompetensutveckling. Det finns även brister i lagstiftningen som gör det svårt att hålla reda på vem som har ansvar för anläggningarna och prövningen. Tillsynen är i huvudsak inriktad på effekter i vattenmiljön och för naturmark, och mindre på effekterna för den brukade marken och för bebyggd miljö.

Det pågår olika projekt finansierade av Jordbruksverket och MSB som behandlar jordbruk, vattenmiljöer och översvämningssrisker. Syftet är att höja kunskapsnivån hos länsstyrelserna, Jordbruksverket och SVA om hur översvämningar påverkar jordbruket och djurhållningen samt hur konsekvenserna ska hanteras. Det gäller produktionsbortfall, vattenhushållning, ökat näringsläckage, djurskyddsproblem (betesregler, klövhälsa) samt bortfall av infrastruktur för transporter (foder, slakt, veterinär) som kan påverka djurskydd och smittskydd. Utgångspunkten är att framtida extrema naturhändelser blir mer omfattande och frekventa än i dagens klimat.

Jordbruksverket och Havs- och Vattenmyndigheten samarbetar under 2014 i ett dialogprojekt med syfte att ta fram en nationell strategi för prioritering av vattenåtgärder inom jordbruket.

Jordbruksverket har även initierat arbete med att skapa ett kunskapscentrum för ”jordbrukets vattenhushållning” (arbetsnamn) som ska kartlägga, samla in (nationellt och internationellt), förmedla och visa på behov av utveckling av kunskap och åtgärder för att klimatanpassa jordbrukets vattenhushållning.

SGU påpekar att efterfrågan på vatten till bevattning bör sättas in i ett större sammanhang t.ex. med vattenförsörjningen. Aktuella frågeställningar, för vilka ny kunskap krävs, inkluderar: Hur kommer en förlängd växtsäsong att påverka grundvattnet? Kommer det att leda till längre perioder med transport av bekämpningsmedel/näringsämnen till grundvattnet? Vad kan detta få för effekt på dricksvatten? Kan en förbättrad dränering minska grundvattenbildningen till underliggande grundvattenmagasin med påverkan på grundvattentillgången?

Jordbruksverkets vattenenhet lyfter fram vikten att inte blanda ihop begreppet ”livsmedlet” dricksvatten med begreppet ”kommunalt vatten”. I en bristsituation kan annars jordbrukets bevattning (som syftar till produktion av livsmedel) automatiskt prioriteras lägre än användning av kommunalt vatten till biltvätt eller spolning av toaletter.

Jordbruksverket lyfter även fram att markavvattningsanläggningar hänger ihop med annan infrastruktur och exempelvis kan underdimensionerade vägtrummor ställa till problem både för jordbruket och för annan infrastruktur. Trafikverkets arbete med att utveckla samverkan för att förbättra arbetet med klimatanpassning av transportnätet och en strategi för klimatanpassning bör ske i samverkan med Jordbruksverkets enhet för vattenhushållning.

Jordbruksverket lyfter även fram behov av att vidareutveckla hydrologiska modeller så de blir bättre anpassade för jordbrukets behov (Jordbruksverket, 2013b)

Dessa exempel illustrerar att ett kunskapscentrum för jordbrukets vattenhushållning som inkluderar natur-, miljö- och samhällsplanering är ett viktigt tvärsektoriellt fält.

10.3 Djurhållning

Efterfrågan på animala livsmedel ökar kraftigt på den globala marknaden samtidigt som den svenska produktionen generellt minskar. Svensk djurhållning kan se vissa fördelar med pågående klimatförändring genom en längre betessäsong och möjlighet att odla nya fodergrödor såsom majs. För flera av de idag stora exportländerna av animala livsmedel ger ett förändrat klimat sämre förutsättningar för animalieproduktion, genom torka, höga temperaturer, saltvatteninträngning i mark och mer frekventa extrema väderhändelser.

Djurhållningen i Sverige utvecklas mot färre och större gårdar med en specialiserad animalieproduktion, detta gör generellt att sårbarheten till följd av extremväder ökar. Våra djurstallar är många gånger inte anpassade för att klara längre värmeböljor och en anpassning till detta behövs. Svin och fjäderfä kan inte svettas och när de inte har möjlighet att svalka sig på annat sätt, så är en väl fungerande ventilation väsentlig. Ökad dödlighet ses redan vid temperaturer strax över 30 °C.

Tillgången på vatten av god kvalitet är likaså angelägen för djurhållningen. Stora besättningar med 100-tals djur gör av med avsevärda mängder vatten. Torka och vattenbrist eller dålig kvalitet på dricksvattnet kan ge stora problem för djurhållningen. Exempelvis kan en mjölkko dricka mer än 100 liter per dag, dessutom åtgår vatten till rengöring såsom diskning av mjölkkningsanläggningen.

Extremväder och därav följande störningar för infrastruktur såsom transporter och elförsörjning är problematiskt för djurhållningen. Många besättningar tar dagligen emot

foderleveranser, veterinär, seminör, servicepersonal, m.fl.. Leveranser av t.ex. slaktdjur och mjölk måste kunna ske kontinuerligt. Utfodrings-, utgödlings-, vattnings- och ventilationssystem är ofta elberoende och högproducerande djur stressas lätt om deras rutiner störs.

Risken bedöms öka för infektionssjukdomar och smittspridning för animalieproduktionens djur i samband med extremväder såsom översvämningar eller genom vektorburna smittor. Detta beskrivs vidare under ”Människors och djurs hälsa”.

Sämre inomhusmiljö genom t.ex. högre fuktighet eller förekomst av mögelsporer kan även påverka djurens hälsa direkt, eller indirekt genom sämre hygienisk kvalitet på fodret.

Fodret kan också påverkas negativt innan skörd. En tydlig förändring de senaste åren är den ökade förekomsten av olika arter av mögelsvampen *Fusarium* som angriper växande stråsäd. *Fusarium*-svamparna kan producera gifter som är reproduktionsstörande och påverkar immunförsvaret negativt, samt kan vara carcinogena för både människor och djur. Den ökade förekomsten är ett påtagligt problem för främst grisproduktionen och den spannmålsbaserade livsmedelsproduktionen. Den ökade förekomsten är väl dokumenterad och kan vara ett tidigt tecken på en klimatförändring som gynnar förekomsten av *Fusarium*-svampar. Utvecklingen är oroande och det finns stora kunskapsluckor om *Fusarium*-svamparnas förekomst och biologi i odlingen av stråsäd. Detta gör att det saknas en vetenskapligt grundad strategi för deras kontroll och bekämpning.

10.4 Livsmedelstrygghet

Sverige har ett starkt importberoende av livsmedel, vilket innebär sårbarhet (Lantbrukarnas Riksförbund, 2012). Det starka importberoendet är en förändring som skett markant under senare år. Hälften av maten vi konsumerar importeras. Importen består delvis av produkter vi inte kan producera i Sverige, men andelen importerade kött- och mjölkprodukter ökar. Exporten består främst av fiskprodukter, sprit och spannmål.

Livsmedelsverket är ansvarig central myndighet för säkra livsmedel, inklusive dricksvatten. När det gäller livsmedelsområdet görs inga regelbundna och systematiska analyser av risker och sårbarheter ur försörjningssynpunkt. Enskilda studier och projekt med inriktning på livsmedelsområdet har dock genomförts av den tidigare Krisberedskapsmyndigheten och inom ramen för Totalförsvarets forskningsinstitutets (FOI) verksamhet. Dessa studier visar bland annat att områden som elförsörjning och transporter är centrala för försörjningen av livsmedel till konsumenterna.

Riskerna för infektionssjukdomar från livsmedel och smittspridning i samband med översvämningar bedöms öka. Ett varmare klimat kan också leda till ett ökat antal matförgiftningar (Jordbruksdepartementet, 2009).

10.5 Kunskapsbehov

Forskningen behöver utveckla ny teknik och nya sorter, finna metoder för att minska verkningar av skadegörare och minska de negativa verkningarna på miljön.

De områden som utpekats för ökad uppmärksamhet är vattenhushållning och stallar, eftersom de kräver investeringar på lång sikt. Vattenhushållning gäller såväl avvattning som bevattning. Jordbruksverket förordar skapande av ett kunskapscentrum för jordbrukets vattenhushållning byggt på tvärsektorielt samarbete.

Klimatförändringarna kan komma att förändra fördelningen av grödor, leda till en försämrad situation avseende sjukdomar och skadegörare för växtodling och animalieproduktion, samt ge ökat ogrästryck. För växtnäring finns faktorer som verkar både mot ökat och minskat läckage från jordbruksmark.

Jordbrukets vattenanläggningar är gamla och ofta underdimensionerade, särskilt som de idag ofta integreras med städernas dagvatten. De behöver därför anpassas till samhällsmål för vatten, natur och biologisk mångfald samt klimatförändringarna.

De framtida klimatfördelar jordbruket troligen får, gentemot andra regioner, kan endast realiserars om jordbruket är konkurrenskraftigt och investeringar görs. I dagsläget är Sverige starkt importberoende av livsmedel.

11 Fiskerinäringen

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande:

”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 är helt beroende av de biologiska resurser som hav och vattendrag producerar. Svenskt fiske domineras av redskapsfiske från fartyg, och vattenbruk (odling av fisk och skaldjur) har relativt liten betydelse. Yrkesmässigt fiske sker i Östersjön, inklusive Bottniska viken, och Västerhavet samt i de stora sjöarna och ett antal mindre fiskrika sjöar. Fritidsfisket är omfattande.

Temperaturhöjning, salthaltminskning och andra klimatafaktorer påverkar artsammansättning, födoval, tillväxthastighet av fisk, antingen direkt eller indirekt genom förändring av födoorganismernas utbredning. Som Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade kommer klimatförändringen att innebära ändrade förutsättningar för fiskbestånden.

De flesta av slutsatserna står sig även med dagens kunskapsläge men i vissa fall har forskningen gått vidare. Forskningsframsteg, t.ex. mer avancerade och komplexa klimatmodeller, leder dock inte nödvändigtvis till tydligare budskap utan kan även innebära att ”vedertagna sanningar” behöver revideras. Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick t.ex. från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns inga övertygande belägg i den senaste forskningen.

Klimatförändringen och dess effekter behöver även ses i ett bredare perspektiv utgående från målsättningen att uppnå en hållbar förvaltning av fiskeresurserna. Det är sannolikt att de fysikaliska och kemiska förändringarna medför stora förändringar av ekosystemen men de detaljerade mönstren är ofta mycket komplexa. Denna osäkerhet gör det också svårt att bedöma hur klimatförändringarna kommer att påverka yrkesfisket, fritidsfisket, vattenbruket och fisketurism i detalj. När det gäller en hållbar fiskförvaltning, i ett klimat i förändring, utgör således ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen två viktiga ledstjärnor.

Det finns även indirekta kopplingar där vissa - ur ett klimatperspektiv potentiellt önskvärda nyttjandeformer - kan komma i konflikt med fiskerinäringen. Ett exempel för

detta är etableringen av vindkraft till havs eftersom det inte är tillåtet att tråla i vindkraftparker. Ett viktigt verktyg i detta sammanhang är havsplanering som syftar till att underlätta havens långsiktiga förvaltning och utveckling. Havsplanering länkar samman all planering och förvaltning som rör våra havsområden. Planeringen innebär att nyttjande, utveckling och bevarande vägs mot varandra.

11.1 Fiskhälsa

Nya fiskarter i svenska vatten kan föra med sig nya smittor och konkurrera ut befintliga arter i känsliga ekosystem. I dagsläget saknas nationell sjukdomsövervakning för vild fisk och skaldjur, och därmed saknas underlag för att bedöma effekten av klimatförändringar.

Fisk är ofta anpassad att leva i en viss temperatur och har vanligen begränsade möjligheter att kompensera för högre vattentemperatur och blir då stressade och därav mer infektionskänsliga. Ett nytt problem sedan 2007 är en hög frekvens av zoonotiska nematoder, speciellt torskmask (*Pseudoterranova decipiens*), som också har påvisats i rötsimpa m.fl. arter. En liknande trend har 2014 rapporterats från Polen och Finland. Ytterligare en parasitinfektion som definitivt kan kopplas till varmare klimat är *Tetracapsuloides bryosalmonae* som orsakar njurinflammation på fisk. Svampinfektioner har påvisats flera gånger de senaste åren, från fisk från olika platser i landet. Under den milda hösten 2013 noterades lokalt hög frekvens på vild lax och sik. En högre vattentemperatur under vintern kan förlänga tidsperioden för smittspridning.

11.2 Vattenbruk

I Skandinavien odlas främst laxartad fisk (lax, öring, röding och regnbåge). Eftersom laxartad fisk är kallvattenkrävande kan ett varmare klimat med förhöjda vattentemperaturer inverka negativt på förutsättningarna för odling av dessa arter. Andra arter gynnas, exempelvis gädda, gös och abborre, men är sannolikt inte aktuella för odling. Sjukdoms- och parasittrycket kan tänkas öka i ett varmare klimat.

I en studie om de biologiska förutsättningarna för marin fiskodling på västkusten dras slutsatsen att året-runt odling i öppna system knappast är genomförbar (Vattenbrukscentrum Väst, 2013). Höga sommartemperaturer ger problem för kallvattensarter och låga vintertemperaturer hämmar varmvattensarter. Det är oklart hur klimatförändringar påverkar. Motsvarande studier för Östersjön och Bottniska viken saknas.

Höjd havsnivå bör inte påverka förutsättningarna för vattenbruk. En måttlig till hög sänkning av pH i havet kan innebära problem för odling av arter med kalkskal (musslor, ostron).

Fisk- och musselodlingar är känsliga för stark vind- och vågpåverkan, så radikala väderförändringar påverkar möjligheterna att utveckla vattenbruket. Ökad nederbörd och förändringar i storskaliga strömsystem kan påverka salthaltinströmningen och vattenutbytet för Östersjön och Bottniska viken. Det kan få stora konsekvenser för framtida vattenbruk i områdena.

11.3 Hållbar förvaltning

Det är viktigt att en hållbar förvaltning av fiskresurserna tar hänsyn till klimatförändringen och anpassningsbehov. Förvaltningen behöver baseras på bästa tillgängliga vetenskapliga bedömningar och utgå från ekosystemansatsen och försiktighetsprincipen (t.ex. BalticStern, 2013). Betydelsen av att stärka den biologiska mångfalden och säkra ekosystemtjänster som vattenrening, produktion av mat och fibrer samt rekreation och friluftsliv, lyfts även fram särskilt i regeringens proposition *En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster* (Regeringen, 2014).

11.4 Kunskapsbehov

Hur de fysikaliska och kemiska förändringarna påverkar yrkesfisket, fritidsfisket, vattenbruket eller fisketurism och hur dessa aspekter på bästa möjliga sätt kan inkluderas i en hållbar fiskförvaltning kräver ytterligare utredning.

Det saknas kunskapsunderlag för att bedöma effekten av klimatförändringar för sjukdom hos vild fisk och skaldjur.

Klimatförändringarna förändrar förutsättningarna för fiskbestånden; vissa arter missgynnas och andra gynnas av varmare vatten. Sjukdomstrycket tycks öka men det saknas nationell övervakning.

Havsplanering innebär att nyttjande, utveckling och bevarande vägs samman för havsområdena. Klimatförändringar och anpassningsbehov måste inkluderas i hållbar förvaltning.

12 Renskötseln

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande:

”Förutsättningarna för att bedriva rennärning 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.”

Medeltemperaturen ökar snabbast på höga respektive låga latituder och renskötseln är starkt beroende av fungerande ekosystem. Därför är denna näring speciellt utsatt för ett förändrat klimat. Slutsatserna från Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) kvarstår. Klimatförändring är för renskötseln dock inte enbart en framtida utmaning utan påverkar renskötseln redan nu (Löf et al., 2012). Tydligast framträder riskerna vintertid och kopplas inte enbart till en långsam uppvärmning utan även till extrema väderhändelser. Häftiga väderomställningar, förskjutning av årstiderna och ökad oförutsägbarhet. Arbetet är främst inriktat på anpassning och minskad sårbarhet.

12.1 Livsmiljöprogrammet Eallinbirás

Inom Livsmiljöprogrammet Eallinbirás arbetar Sametinget med att ta fram olika verktyg som kan användas för att möta det som händer i framtiden i renens betesområden (Sametinget, 2010). Åtgärderna ska bidra till att stärka renskötselns resiliens, minska dess sårbarhet, höja kompetensen, förbättra dialogen och kommunikationen samt pröva nya samarbetsformer. Inom programmet har ett antal pilotprojekt bedrivits i samverkan med bland andra SLU, Skogsstyrelsen, Umeå universitet, SVA, olika samebyar och Svenska Samernas Riksförbund.

Pilotprojekten⁴¹ har olika inriktningar men gemensamt är att de inriktas på hållbar natur- och kulturmiljöförvaltning, att utveckla metoder och modeller samt att implementera dem. Klimatförändringarnas effekter på renskötseln är i de flesta av projekten inte i fokus men klimatanpassning finns med som en del i att stärka renskötseln för framtidens utmaningar.

⁴¹ Pilotprojekt inom Eallinbirás på Sametingets webbplats: <http://www.sametinget.se/24831>

Projektet ” Renskötselns anpassningar till klimatförändringar ” undersöker på vilket sätt klimatförändringar förändrar förutsättningarna för renskötseln. Följder av ett förändrat klimat kan t.ex. vara mer töväder mitt i vintern, ovanligt mycket eller lite snö. Dessa påverkar renens beteende och rörelse i olika grad. Projektets syfte är att utveckla långsiktiga planeringsverktyg baserade på traditionell kunskap och modern fjärranalys. Målet är att minska sårbarheten, förbättra renskötselns anpassningsmöjligheter till klimatförändringar och att höja kompetensen hos olika målgrupper.

Projektet ”Kartläggning av ekosystem och miljöförändringar i renskötselområdet” har som syfte att öka renskötselns potential att klara de kommande miljö- och klimatförändringarna genom att skapa verktyg som belyser renskötseln i ett helhets sammanhang och som kommunicerar renskötselns behov utifrån ett landskapsperspektiv. Verktyg för ökad kunskap och förståelse om renskötselns framtida anpassningsmöjligheter. Kartor, presentationer och rapporter framtas som belyser renskötseln i ett föränderligt landskap .

Ealát är ett informationsprojekt i Arktiska rådet som belyser hur klimatförändringar och förlust av betesland påverkar renskötseln och hur traditionell kunskap kan användas i anpassningar till dessa förändringar. Metodiken är så kallade ”Community based workshops” där olika målgrupper i lokalområdet (renskötare, forskare, förvaltning, institutioner, organisationer, media, industri, m.fl.) bjuds in för information och gemensam diskussion om renskötselns förutsättningar i det område där seminarierna sker. Målet är att göra renskötarens röst hörd i Arktiska Rådet.

Temat för ”Terra Madre Indigenous Peoples” är klimat, mat, traditionell kunskap och bevarandet av biologisk mångfald kopplat till ursprungsfolkens erfarenhet kring traditionellt användande av naturresurser. I temat ingår också att diskutera hur livsmönster, levnadssätt och helhets synen hos ursprungsfolken och andra lokala samhällen kan bidra till en högre resiliens och hur samspelet mellan människan och naturen kan motverka miljöförstöring och skapa förutsättningar för en hållbar matproduktion.

Det finns också projekt som bidrar till att säkra renskötselns långsiktiga kompetensförsörjning och att förbättra beredskapen för djuromsorg och djurhälsa.

Effekterna av klimatförändringar utgör stora samtids- och framtidsutmaningar för renskötseln. För att renskötseln ska kunna möta klimatutmaningen krävs ökade handlingsmöjligheter och förbättrat samarbete med andra aktörer. Den indirekta anpassningen och förbättrade samarbetsmöjligheter med andra aktörer kommer att bli en nyckelfråga för renskötseln.

13 Turism och besöksnäring

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande:

”Den snabbt växande turistnäringen kan få ytterligare ökade möjligheter i ett förändrat klimat med varmare somrar och högre lufttemperaturer. Vattenresurser och kvalitet blir dock en nyckelfråga. Vinterturism och friluftsliv kommer att möta successivt snöfattigare vintrar, särskilt i de södra fjällerna. Med framsynt anpassning kan konkurrenskraften sannolikt bibehållas under åtminstone de närmaste decennierna.

Regionala klimateffekter i t.ex. Medelhavet och Alperna kan leda till ökad turism i Skandinavien.”

Vi har inte funnit någon myndighet som direkt känner ansvar för eller arbetar med framtidsanalyser eller åtgärder avseende klimatförändringens effekter på turism och besöksnäringen i Sverige. Från projektet Baltadapt finns två rapporter som berör området (Andersson m.fl., 2013; Küle m.fl., 2013). De omfattar det baltiska området.

Kustturismen är ekonomiskt viktig för regionen såväl som för nationerna. Kustområdena är attraktiva för turister men också för lokalsamhällenas rekreation och friluftsliv och de viktigaste resurserna är stränderna och vattnet. Vinterturismen i de nordliga delarna av regionen är likaså mycket viktig. Möjligheter till jakt och fiske är också väsentliga för turismen.

Baltadapt konstaterar att klimatförändringen kommer att ge både positiva och negativa konsekvenser för besöksnäringen i regionen. Turismen som är baserad på kallt klimat och på kuster är mycket känslig för risker relaterade med klimatförändring, men ett varmare klimat kan också skapa nya väderrelaterade möjligheter.

Besöksnäringen i regionen är etablerad sedan länge och det finns flera innovativa företag. Anpassningskapaciteten vad gäller klimatförändringar varierar i regionen. Mest sårbar är områden med låg inkomst, glesbefolkade kustområden och de som är beroende av djurlivsturism.

Vidare konstateras att det finns hinder för turismens och besöksnäringens klimatanpassning (Prideaux, 2009; Turton et al., 2010), vilket gör det svårt för de berörda att agera på lämpligt sätt gentemot de redan uppkomna effekterna av klimatförändringen. Hindren anses vara osäkerheter kring klimatets utveckling; kommunikation mellan aktörer på regional, nationell och lokal nivå; kapacitetsbrist för små och medelstora företag jämfört med nationella och globala besöksnäringar; olika begränsningar (institutionella, rättsliga, resurser) som förhindrar implementering av anpassningsstrategier.

En rad nyckelfrågor listas som avser ökad kunskap och förståelse för klimatvariationer och klimatförändring, resurser, innovationer och behovet av besöksnäringens självorganisering.

Det saknas en myndighet som har ansvar för eller arbetar med framtidsanalyser av klimatförändringars effekt på besöksnäringen i Sverige.

Klimatförändringar kommer att ge både positiva och negativa effekter för den ekonomiskt viktiga kust- och vinterturismen i regionen. Anpassningskapaciteten varierar och det finns hinder, bland annat behov av organisering av besöksnäringen.

14 Människors och djurs hälsa

Människors och djurs hälsa kan påverkas direkt av extrema väderhändelser som värmeböljor och översvämningar. Ett varmare klimat ger även upphov till förändrade smittspridningsmönster och nya sjukdomar kan nå Sverige. Förändringar i miljön (luft, vatten och mark) orsakade av klimatförändringar kan också påverka hälsotillståndet för djur och människor.

14.1 Hälsoeffekter av extrema väderhändelser

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande avseende extrema väderhändelser:

”Perioder med höga temperaturer blir vanligare och de högsta temperaturerna högre än idag, vilket leder till en ökad dödlighet, särskilt för sårbara grupper. Framtida värmeböljor kan bli ett betydande problem som kräver motåtgärder.

Den ökade risken för översvämningar, ras och skred ger risk för personskador och ökade problem för bl.a. sjukvård och hemtjänst.”

Effekten av att de varma dagarna sett över en hundraårsperiod har blivit fler, är att fler svenskar dör till följd av värmeböljor enligt en studie av Stockholmsområdet (Åström et al., 2013a och 2013b; Rocklöv et al. 2008; Oudin et al, 2013).

För att öka kunskapen om sårbara gruppers utsatthet vid värmeböljor i Sverige gjordes 2010 en analys av Yrkes- och miljömedicin, Umeå universitet (Statens folkhälsoinstitut, 2010). Studien utformades utifrån kunskap om sårbara grupper och resultat i tidigare studier utförda i andra länder. Resultaten sammanfaller till stora delar med resultat från liknande studier om värmeböljor i andra länder, och har också publicerats i en senare bearbetning (Rocklöv et al., 2014). Det finns ett flertal publikationer inom ämnesområdet, främst från projektet Climatoools (Rocklöv m.fl., 2008; Forsberg, 2009; Carlsen m.fl., 2009; Rocklöv och Forsberg, 2010; Botkyrka kommun, 2011; Oudin m.fl., 2013).

Värme ökar påtagligt risken att dö för personer som tidigare vårdats på sjukhus för kroniskt obstruktiv lungsjukdom (KOL), psykisk sjukdom och diabetes. Till exempel visar studiens resultat att bland personer som tidigare vårdats på sjukhus för en psykisk sjukdom (exempelvis för en demenssjukdom) är antalet dödsfall uppemot 90 procent högre än normalt vid den sjunde dagen av värmebölja. Detta kan bero på att personer med psykisk sjukdom har svårt att uppfatta kroppens signaler rätt och därmed inte heller uppfattar riskerna förknippade med överdriven värme. Att värmeböljor påverkar dödligheten mest hos äldre personer har också tidigare konstaterats i många studier, då sjukdomar som ger ökad sårbarhet för värme är vanligare bland äldre. Studien visar däremot ingen ökad effekt på dödligheten hos kvinnor, vilket tidigare europeiska studier gjort. Det kan bero på en mer jämställd levnadsstandard i Sverige än i andra länder.

Studien av dessa svenska data visar att värmeböljans längd har stor betydelse. Resultaten talar för att värmevarningar och insatser riktade till sårbara grupper ska baseras både på hur varmt det kommer att bli och hur länge värmen kommer att vara. Det har troligen en bättre effekt om varningar ges och åtgärder vidtas när väderprognoserna säger att det ska bli varmt flera dygn i rad än om man varnar för varje enskild dag med hög värme. Sverige har deltagit i försök att finna system för att i realtid övervaka antalet dödsfall.

SMHI har sedan 2013 tagit i drift ett realtidssystem för värmevarningar baserat på Umeåforskarnas resultat om värmekänslighet.

I många länder finns ofta instruktioner, kopplade till varningssystemen, om vad som ska göras exempelvis inom sjukvården och äldreomsorgen när en varning utfärdas (Lowe et al., 2011). För sjukvården kan det gälla att höja beredskapen för att kunna ge vård åt fler behövande och för äldreomsorgen kan det vara ökade insatser riktade till dem som är sårbara för värme. I vissa europeiska länder finns också föreskrifter för vårdpersonal och information till patienter och allmänhet om hur man ska agera under en värmebölja.

Socialstyrelsen (2011) fick i uppdrag av regeringen att analysera effekterna av värmeböljor och behovet av beredskapsåtgärder i samband med dessa. I rapporten sägs att synen på värmeböljor bör förändras och finnas beredskap för som en säsongsbunden händelse. Man konstaterar att det generellt sett saknas specifika beredskapsplaner och vägledning för att hantera värmeböljor i Sverige (det finns heller inget lagstadgat krav). Det finns dock beredskapsplaner för allvarliga händelser som kan fungera som hjälp i ett akut läge. Socialstyrelsen anser att en satsning på det preventiva arbetet med exempelvis information och specifika handlingsplaner bedöms som angeläget.

Forskning kring hur olika beslutsfattare inom kommunen och grupper av omsorgspersonal resonerar när det gäller sårbara grupper och hur samhället kan minska deras exponering och öka deras anpassningsförmåga visar att det finns en omfattande ”tyst” kunskap kring dessa frågor. Den lyfts dock sällan fram eller systematiseras för att styra mer långsiktiga beslut kring stadsplanering, utformande av äldreboenden eller rutiner och

arbetssätt för omsorgspersonal (Jonsson and Lundgren, 2014). Studien lyfter risken för att sårbara grupper förblir ”osynliga” och att tillräckliga resurser därför inte avsätts. Sårbara grupper kan här definieras som äldre och sjuka, socio-ekonomiskt svaga grupper och personal inom lågavlönade omsorgsprofessioner.

Ett konkret verktyg för att identifiera och hantera sårbara grupper vid extrema väderhändelser beskrevs av Statens folkhälsoinstitut redan 2006, men är fortfarande aktuellt. Kunskapen har därefter utökats via projektet Climatools (Carlsson-Kanyama et al., 2009, 2010, 2011a och 2011b). Ökade kunskaper om att hantera extrema väderhändelser (främst på lokal och regional nivå) och om samhällets sårbarhet har förvärvats genom ett ökat antal reella händelser som inträffat under de senaste åren.

(Climate-TRAP – Climate Change Adaptation by TRaining, Assessment and Preparedness) var ett EU-projekt 2009-2012, vari Statens folkhälsoinstitut samarbetade med Umeå universitet tillsammans med europeiska partners. Inledningsvis utfördes en inventering av hur olika länder genom anpassningsåtgärder, motverkar hälsoproblem som kan följa med klimatförändringar i Europa. Därefter gjordes en konsekvensutredning kring hur hälsohoten ser ut och goda exempel togs fram. Rekommendationer utformades kring anpassningsåtgärder, som användes i pilotutbildningar för nyckelgrupper (ClimateTRAP, 2014).

MSB har genomfört ett flertal studier om effekterna av värme på samhällsviktiga verksamheter i Sverige (MSB 2012e, MSB 2013c och MSB 2014b). Studierna är inte direkt hälsorelaterade men de sektorer som belyses, t.ex. vård och omsorg samt transporter, har relevans för hälsofrågor.

14.2 Smittspridning

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande avseende extrema väderhändelser:

”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.

Ett försämrat globalt hälsotillstånd, bl.a. till följd av ett ökat antal konflikter, kan leda till ökad risk för smittspridning av sjukdomar.”

Sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen har kunskapen ökat, spritt mellan olika sjukdomar/hälsoproblem, vektorarter och regioner. Sammanställningar har gjorts i olika regeringsuppdrag m.m., främst om klimat och smitta och mindre om annan hälsopåverkan (Albihn m.fl., 2009; Sundström et al., 2014; Albihn et al., 2012). Fokus för djursjukdomar har legat på sådana som antingen påverkar animalieproduktionen påtagligt och/eller riskerar att påverka människors hälsa genom att vara zoonotiska, dvs. smittämnen kan på ett naturligt sätt överföras mellan djur och människa. Även sjukdomar som vid ett sjukdomsutbrott bland djur i Sverige bedöms medföra betydande åtgärder av myndigheter har belysts.

I rapporten *Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat- Redovisning av ett myndighetsgemensamt regeringsuppdrag* (Smittskyddsinstitutet m.fl., 2011) redogör Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och SVA tillsammans med Livsmedelsverket och Jordbruksverket för kunskapsläget. Man konstaterar att vid sidan om direkta olyckor och naturkatastrofer vid extremväder, torde smittsamma sjukdomar och annan hälsopåverkan hos både människor och djur vara bland de allvarligaste effekterna som är att vänta. Dock är det med nuvarande kunskapsläge svårt, och i vissa fall omöjligt, att särskilja klimatets påverkan på smittsamma sjukdomar från påverkan av andra faktorer såsom ökat resande och ökad handel.

Som klimat känsliga sjukdomar definieras här sjukdom som har ett steg av sin spridning i naturen och där förekomst/möjlig etablering/spridning påverkas av förändringar i ekosystemen. Flertalet klimat känsliga sjukdomar är zoonoser (sjukdomar som kan spridas mellan människor och djur), t.ex. salmonella och mjältbrand, och kan spridas med insekter, fästingar, vilda djur, jord, vatten, m.m. Klimatförändringar leder generellt till en allmän riskhöjning för klimat känsliga sjukdomar, såsom beskrevs av Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007. Sedan utredningen 2011 har ny kunskap tillkommit som ytterligare förstärker uppfattningen att förståelsen för hur ett förändrat klimat påverkar smittsamma sjukdomar är komplex och kräver ett tvärvetenskapligt arbetssätt. Rapporten från 2011 går inte in på vilka smittor som påverkas mest av ett förändrat klimat eller gör någon ytterligare riskvärdering för Sveriges del för sådana smittor. I rapporten redogörs istället generellt för klimatrelaterade riskfaktorer som har betydelse för spridningen av smittsamma sjukdomar och betydelsen av en myndighetsgemensam övervakning, trendanalys och kunskapsinhämtning betonas.

Det grundläggande åtgärdsförslaget är en samverkansgrupp för smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. Målet är att skapa ett myndighetsgemensamt forum för att en god beredskap för klimatrelaterade smittspridningsrisker ska kunna upprätthållas. Arbetet inom en sådan samverkansgrupp ska i huvudsak syfta till att samordna och öka kompetensen inom aktuella problemområden, exempelvis genom att utreda frågeställningar och kontinuerligt utföra en adekvat omvärldsbevakning inom området för att kunna föreslå relevanta åtgärder. Vidare anser man att det arbete som utförts i form av direkt riktade klimatuppdrag bör fortsätta; till exempel det Klimatkompetenscentrum som fanns år 2009-2011 på SVA och det nationella dricksvattennätverket som samordnas av Livsmedelsverket.

Myndigheternas arbete kring smittsamma sjukdomar behöver stärkas och breddas med hänsyn till den pågående klimatförändringen. Det behövs en ökad övervakning och kunskapsuppbyggnad avseende nya och i landet redan etablerade sjukdomar samt förändrade sjukdomsmönster. Tidiga varningssystem för klimat känsliga sjukdomar om förhöjd risknivå behöver också utvecklas. Ett exempel är en ökad förståelse för betydelsen av förändringar i ekosystemen. Detta eftersom de klimat känsliga smittorna är beroende av t.ex. vatten eller insekter som smittspridare, eller smågnagare som smittreservoarer. Human- och veterinärmedicin måste ses i ett samlat perspektiv. Genom ett samarbete över såväl gränser mellan nationer som olika expertområden nås bästa resultat i arbetet med smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat.

Smittor introduceras till nya områden främst med resande och handel, av djur och djurprodukter. Exempelvis kan nya arter (t.ex. vattenbuffel) och raser som tillförs svensk animalieproduktion medföra nya smittämnen. Ett förändrat klimat kan vara förutsättningen för att en ny smitta kan etablera sig i ett nytt område. Även utbredningsområden för inhemska smittsamma sjukdomar kan komma att förändras. Men sjukdomars epidemiologi påverkas av många faktorer och människan påverkar miljön på många sätt. Det kan vara svårt eller omöjligt att bedöma hur mycket ett förändrat klimat påverkar en viss sjukdom och hur mycket som beror på andra faktorer. Klimatet ger en diffus påverkan på många smittsamma sjukdomar och en mer tydlig påverkan på ett mindre antal. Flertalet klimat känsliga sjukdomar sprids med eller har en reservoar hos insekter, fästingar, vilda djur, jord, vatten, m.m. Samspelet mellan förändringar i ekosystemen och ändrad förekomst och epidemiologi för smittsamma sjukdomar är komplex och mycket kunskap saknas här. Det är därmed svårt att förutsäga vad vi kan vänta oss framöver avseende nya sjukdomar.

Det är idag svårt att bedöma om det skett klimatrelaterade förändringar för de smittsamma sjukdomar som bedömdes ha en stark klimatkoppling i Klimat- och sårbarhetsutredningen, sedan rapporteringen av respektive sjukdom startade. Ofta är effekten på smittsamma sjukdomar av klimatförändringen svår att särskilja från annan påverkan. Exempel kan vara förändrad rapportering och/eller diagnostik, förändringar i

djurpopulationen och/eller deras habitat orsakade av urbaniseringen eller annan bebyggelse, med påföljande förändrade sjukdomsmönster. Samtidigt är alla infektioner på något sätt kopplade till sin omgivande miljö, inklusive klimat. Det går för flertalet sjukdomar, som anses klimat känsliga, inte att se någon tydlig trend. För vissa sjukdomar har dock ett ökat antal fall rapporterats på människa under senare år, t.ex. cryptosporidiuminfektion, legionella och viral fästingburen hjärninflammation (TBE).

Det pågår studier på SVA om övervakning, diagnostik och beredskap av smittsamma sjukdomar i form av forskningsprojekt och mer tillämpade projekt finansierade av MSB och forskningsfinansiärer såsom Formas. Vanligen är de av mer generell karaktär och inte direkt designade för att minska de ökade smittrisker som följer av en klimatförändring. De kan ändå komma att bidra positivt avseende ökad anpassningsförmåga till ett förändrat klimat.

14.2.1 Smittspridning med vektorer

En förändrad spridning av vektorburna sjukdomar är förväntad och potentiella vektorer för flera av dessa sjukdomar finns redan i Sverige. Den ökande globaliseringen ger ökad smittspridning och i kombination med ett varmare klimat kan den ses som ett allvarligt hot mot både folk- och djurhälsa. Längre varma säsonger ger större vektorpopulationer och högre medeltemperaturer möjliggör etablering och utveckling av nya vektorarter och uppförökning av smittämnen som inte är möjlig idag, i vårt förhållandevis kalla klimat. I Europa sprider sig utbrott av exempelvis West Nile feber norrut. I flera europeiska länder har det myggburna Usutuviruset påträffats hos vilda fåglar och även människor har smittats. Virussjukdomarna dengue och chikungunya sprids med myggor och kan ge allvarliga symptom hos människor. Beräkningar visar att runt år 2030 kan stickmyggan *Aedes albopictus* finnas upp till Mälardalen (Europeiska smittskyddsmyndigheten (ECDC)). *Aedes albopictus* har orsakat spridning av både dengue och chikungunya i Sydeuropa.

I Sverige har vi efter att Klimat- och Sårbarhetsutredningen publicerades 2007 fått två nya kreaturssjukdomar av mycket stor betydelse för djurhållningen, Bluetongue och Schmallenberg. Båda dessa är svidknottsburna virussjukdomar som drabbar idisslare. Bluetongue kom till Sverige 2008. En ovanligt varm sommar med mycket svidknott möjliggjorde spridning av viruset. Schmallenberg upptäcktes för första gången hos idisslare i Tyskland, Holland och Belgien under slutet av 2011. Under 2012 spreds viruset väldigt snabbt till ett stort antal länder i Europa inklusive Sverige (Chenais et al, 2013). Sedan 2013 är sjukdomen inte anmälningspliktig i Sverige eller EU, eftersom den nu anses endemiskt förekommande.

Sandmyggen har ökat sin utbredning i Europa och finns nu upp till södra Tyskland. Sandmygg kan sprida bland annat Leishmania och olika virussjukdomar. Fästingar, som är smittspridare av flera sjukdomar för både djur och människor, sprider sig norrut (Jaenson and Lindgren, 2011).

14.2.2 Smittspridning med vatten och miljö

Extrema vädersituationer såsom kraftig och ojämnt fördelad nederbörd kan leda till översvämningar och höga flöden. Avloppsreningsverkens kapacitet är i allmänhet anpassad till mer eller mindre normala flöden och utsläpp av orenat/delvis renat avloppsvatten s.k. bräddning kan komma att öka. Ytavrinning kan påverka såväl råvatten- som badvattenkvaliteten.

Att vatten kan vara en källa till smitta har i Sverige uppmärksammats mer efter de senaste årens sjukdomsutbrott av salmonella, VTEC/EHEC och Cryptosporidium.

Studier av Göta älv och befolkningen i Göteborg visar hur stora nederbördsmängder försämrar råvattnet och leder till fler fall av magsjuka i befolkningen. Den troliga orsaken är att virus inte inaktiveras i reningsprocessen (Tornevi et al, 2013; Tornevi et al., 2014).

Samband mellan stor nederbörd och kokningsrekommendationer för kommunalt vatten har tidigare påvisats av Livsmedelverket.

I en sammanställning (Vatten & Miljöbyrån, 2014) över i vilken omfattning de regionala risk- och sårbarhetsanalyserna omfattar analys av hotbilder som berör dricksvattenförsörjningen har länsstyrelsernas rapporter 2010 jämförts med 2013. Klimatförändringar nämns i fler rapporter och kopplas till effekter på dricksvattenförsörjningen i större omfattning 2013 jämfört med 2010. Den tydligaste förbättringen i rapporteringen avser hotbilden vattenburen smitta.

Livsmedelverket har sedan 2009 ansvar att samordna dricksvattenfrågor i Sverige. Ett *Nationellt nätverk för dricksvatten* startades 2010 med sektorsansvariga myndigheter och berörda branschorganisationer; Livsmedelsverket, Boverket, Havs- och vattenmyndigheten, Socialstyrelsen, Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), Vattenmyndigheterna, Folkhälsomyndigheten, Svenskt Vatten och Sveriges kommuner och landsting (SKL).

Inom projektet Climatools togs en vägledning fram för bedömning av dricksvatten vid ett förändrat klimat (Waller m. fl., 2012).

Regeringen har tillsatt en särskild utredare (Dir. 2013:75) att gå igenom dricksvattenområdet med utgångspunkt i klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen.

I omvärlden finns många exempel på hur översvämningar och höga flöden väsentligt påverkar djurhållningen. Påpekas bör att djur även dricker vatten som inte klassas som dricksvatten, t.ex. orenat ytvatten.

Djurhållning på blöta marker kan ge hälsoproblem i hud och klövar/hovar. Ett exempel är fotröta hos får, en smittsam bakteriell klövsjukdom som innebär stort lidande för djuren (König et al., 2011). Smittspridningen gynnas av varmt och fuktigt klimat och kan därmed komma att öka. Likaså gynnas inälvparasiter. Den stora leverflundran är exempel på en parasit som drabbar får och nötkreatur och som har ökat i Sverige under senare år.

Mjältbrand (antrax) är en allvarlig zoonos (smitta från djur till människa) där utbrott i andra länder visats ha en stark koppling med översvämningar eller ändrade förhållanden i marken. Smittan kan överleva i mer än 50 år i miljön. I Sverige har vi haft ytterst få fall under senare delen av 1900-talet men under 2000-talet har vi redan haft flera fall bland djur (2008, 2011 och 2013) (Lewerin et.al., 2010).

14.2.3 Smittor hos vilda djur

Vi ser ökande klövviltstammar i Sverige, framför allt ses en dramatisk ökning av vildsvin. Avskjutningen av vildsvin, som anses spegla populationens storlek, har tredubblats mellan 2007-8 och 2013 (Svenska Jägareförbundets avskjutningsstatistik.). Tätare populationer och ett ökande utbredningsområde ger större risk för att klövvilt kan fungera som reservoar för klimatberoende sjukdomar (Sannö m.fl, 2014). Sådana sjukdomar kan komma att drabba tamdjur och även människa.

Behovet av ett övergripande svenskt viltövervakningsprogram redovisades av Naturvårdsverket och SVA 2010 (enligt regeringsuppdrag Jo2008/758). Ett sådant program bedömdes i regeringsuppdraget om Klimat 2010 kunna ge ett bra underlag för en analys av klimatförändringens effekt på den biologiska mångfalden och för övervakning av en eventuell introduktion av nya viltsjukdomar. Programmet skulle utformas i samverkan mellan centrala, regionala och lokala myndigheter, svensk viltforskning och ideella organisationer. Detta program har dock inte startat.

14.3 Ändrad luftkvalitet

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande angående luftkvalitet:

”Luftföroreningarna kan väntas öka något på grund av klimatförändringen, men andra faktorer ger större förändringar.”

Det finns mycket som talar för att effekterna av värmeböljor förstärks om de förekommer samtidigt med höga halter av luftföroreningar. En del av den ökade dödligheten i samband med värmeböljor kan tillskrivas förhöjda ozonhalter (Naturvårdsverket & Scarp, 2013). Med klimatförändringarna beräknas den ozonrelaterade dödligheten att öka i framtiden (Orru et al., 2013).

En förväntad effekt av ett varmare klimat är att antalet skogsbränder förväntas öka. Ett mindre antal nya studier har publicerats kring den försämrade luftkvaliteten och de hälsoeffekter som följer av skogsbränder (Shaposhnikov et al., 2014).

Den pågående klimatförändringen kan leda till förändrade årstider och en förlängd växtsäsong. Detta kan i sin tur komma att ge en förändring i utbredningen av pollenproducerande arter och i pollensäsongens start, längd och intensitet. Hög pollenexponering under vissa känsliga perioder i ett barns utveckling, t.ex. i slutet av graviditeten eller tidigt i livet, tycks kunna öka risken för astma och allergi (Lowe et al., 2012). Om fler utsätts för hög exponering under känsliga tidsfönster kan sjukligheten komma att öka.

Under en rad decennier har andelen allergirelaterade sjukdomar ökat i befolkningen (Karolinska institutet, 2013). Allergi mot pollen är den vanligaste allergiformen i Sverige. Enligt Nationell miljöhälsoenkät 2007 är 26 procent av befolkningen allergiska eller känsliga för pollen (Socialstyrelsen och Karolinska institutet, 2009).

Både det kemiska och det biologiska innehållet i luften påverkar människors hälsa och livskvalitet. Ändå är det framför allt de kemiska komponenterna som traditionellt beaktats när ”luftkvalitet” har definierats. Det har nu uppmärksammats att man behöver ta reda på om luftföroreningar och bioaerosoler samverkar med avseende på hälsoeffekter. I en nyligen publicerad rapport redovisas resultatet av ett regionalt utvecklingsprojekt i regi av länsstyrelserna i Västra Götaland och Skåne, inom ramen för Naturvårdsverkets programområde Hälsorelaterad Miljöpåverkan. Resultatet visar att både pollen, partiklar, kväveoxider och ozon påverkar behovet av allergiläkemedel, var för sig och tillsammans, och hur mycket de olika faktorerna bidrar med. I rapporten ges förslag till hur den totala luftkvaliteten kan presenteras visuellt i form av ett index. Det omfattar också under vilka vädertyper det är särskilt stor risk för samverkande effekter, vilket är väsentligt vid utfärdandet av prognoser (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2014).

14.4 Fukt, mögel och kvalster

Viktiga hälsoeffekter bland befolkningen till följd av en dålig inomhusmiljö är astma, rinit och andra symtom från luftvägar. Även ökad infektionskänslighet är vanligt och allmänna besvärsupplevelser i hud, ögon och hals. Fukt är troligen en viktig orsak till att en byggnad blir ohälsosam att vistas i (Karolinska institutet, 2013).

Ökad nederbörd och fler översvämningar kan komma att göra fuktskador på byggnader vanligare, och detta kan i sin tur göra att människor exponeras mer för ämnen från fuktskadade material och för mögelsporer. Många avloppssystem har också otillräcklig funktion så att avloppsvatten kan tränga in i byggnader. Generellt förväntas ett varmare klimat också innebära att det blir mer vanligt med kvalster i våra bostäder (Karolinska institutet, 2013).

I syfte att minska påverkan på klimatet ställs nya krav på byggnaders tekniska utformning. I samband med att förändringar i byggnader genomförs måste dock hänsyn

tas till betydelsen av att upprätthålla en god inomhusmiljö för att undvika negativa hälsoeffekter hos dem som vistas där (Karolinska institutet, 2013).

En rikstäckande undersökning av bebyggelsens energianvändning, tekniska status och inomhusmiljö (BETSI) genomfördes av Boverket på uppdrag av regeringen under åren 2007-2009. Boverket lät undersöka 1800 hus och byggnader i Sverige. Man fann problem i form av fuktskador, mögel och emissioner i 36 procent av det totala byggnadsbeståndet och dessa skador anses kunna medföra hälsoproblem. Förslag till nya mål för fukt, mögel och andra viktiga faktorer i inomhusmiljön presenterades inom ramen för uppdraget (Boverket, 2011).

14.5 Kunskap som saknas avseende människors hälsa

Mer kunskap behövs angående jämlikhet och hur olika befolkningsgrupper är olika utsatta för klimatförändringens hälsoeffekter. Personer med annan språktillhörighet bör också räknas till de grupper som kan vara särskilt utsatta i krissituationer. Mer kunskap behövs också kring hur man bör beakta sårbara grupper vid krissituationer eller vid anpassnings/beredskapsåtgärder. Det är troligt att de som redan har en dålig hälsa eller lever i en svår situation kommer att drabbas särskilt hårt av klimatförändringens hälsoeffekter. Det är av avgörande betydelse för en god folkhälsa att arbeta med den jämlika fördelningen av hälsan i befolkningen.

Bättre övervakning av direkta hälsoeffekter kopplat till värme, stormar, ras, skred och översvämningar behövs. Idag finns endast indirekt övervakning och uppföljning via patientregistret, dödsorsaksregistret och IDB (Injury Data Base).

Kopplingen mellan ett förändrat klimat, mer UV-strålning och hudcancer bör utredas vidare. Ändrade väderförhållanden ändrar också människans beteenden, med möjligen fler timmar utomhus och i exponering som en följd. Psykologiska effekter på människors hälsa av extrema väderhändelser och kriser bör studeras mera.

Mer kunskapsunderlag behövs kring luftföroreningar kopplade till skogsbränder och hur det påverkar hälsan. Underlag saknas också helt när det gäller hälsoeffekter orsakade av samverkans effekter mellan luftföroreningar från skogsbränder och höga temperaturer vid värmeböljor, trots att de ofta uppträder tillsammans (Naturvårdsverket och SCARP, 2013)

Mer kunskap behövs kring lämpliga anpassningsåtgärder till förändrade föroreningshalter i utomhusluft och kring föroreningarnas koppling till klimatförändringar.

Luftföroreningar, som partiklar, kan bidra till astma och förstärka pollens allergiska effekt (Ayres et al., 2009) (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2014). Modellberäkningar indikerar att Sverige kommer att få en ökning av ozon och partiklar till följd av klimatförändringarna. Flera epidemiologiska studier kring luftföroreningars effekter på luftvägarna har kontrollerat för förekomsten av pollen i miljön. Bara ett fåtal studier däremot har bedömt konsekvenserna för hälsan av pollennivåerna. Forskare inom området för luftföroreningar som arbetar med modelleringar menar att modellerna behöver fyllas även med dagliga genomsnittliga halter av pollen (åtminstone för björk och gräs) och konsekvenserna för hälsan belysas även av detta.

En god hälsa bör vara en central del i hållbart byggande, i hållbar stadsutveckling och i anpassningen av byggnadsbeståndet till klimatförändringar. Samordning inom och mellan sektorer samt ett ökat kunskapsutbyte kring inomhusmiljö är av avgörande betydelse för en långsiktigt hållbar utveckling och en anpassning till klimatförändringar.

Människors och djurs hälsa kan påverkas direkt av extrema väderhändelser. Ett varmare klimat förändrar spridningsmönster av smittor och nya sjukdomar kan nå Sverige.

Effekten av värmeböljor har studerats och SMHI har infört värmevarningssystem, men det saknas beredskapsplaner och vägledningar för att hantera värmeböljor i Sverige.

Kunskapen om smittspridning har ökat. Vid sidan om direkta olyckor och naturkatastrofer vid extremväder, är smittsamma sjukdomar och annan hälsopåverkan bland de allvarligaste effekterna i ett förändrat klimat. Faktorer som ökat resande och ökad handel påverkar även.

Klimatförändringarna leder troligen till fler skogsbränder, mer exponering för pollen och marknära ozon dvs. faktorer som är negativa ur hälsosynpunkt. Fukt, mögel och kvalster väntas också öka. Åtgärder för att minska klimatpåverkan från byggnader måste ta hänsyn till kravet på god inomhusmiljö.

15 Bebyggelse, byggnader och kulturarv

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande avseende:

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 framför allt längs landets södra kuster, men även längs de mellersta.”

Ras, skred och erosion

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

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. Framför allt landets sydligaste kuster är utsatta.”

Effekter på boende från belastade 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.”

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.”

Det materiella kulturarvet

”Det materiella kulturarvet (historiska lämningar, arkiv- och föremålssamlingar, samt kulturmiljöer och kulturlandskap) kan påverkas av klimatförändringar. För den äldre kulturhistoriska bebyggelsen finns ofta på grund av dess höga ålder påbörjade nedbrytningsprocesser som med ett ökat regnande tränger in och en vittring kan påbörjas. Till det kommer exempelvis att vind påverkar även frid på fornlämningar och kan förorsaka att förhistoriska gravar och kulturlager blottas i rotvältor och dylikt. Ett historiskt perspektiv krävs i analyser av ras, skred och erosion, samt i analyser av naturmiljön som vindfällning, ökat trädbestånd och odlingsmetoder, inventering och dokumentation av forn- och kulturlämningar och utbyggd vindkraft, bebyggelse vid fysisk planering och översvämningensrisk, den ökade skadegörelsen på kulturarvet i form av skadeinsekter, påväxt, salthaltig luft etc. Även kulturarvet under markytan påverkas av effekterna från klimatförändringarna.”

15.1 Byggd miljö

Flera forskningsprogram berör klimatanpassning i byggd miljö; exempel är Mistra Urban Futures⁴² som bidragit med ny kunskap om lämpliga strategier för att möta klimatförändringar och EU-projektet SUDPLAN⁴³ som bidragit med datorbaserade verktyg för att analysera hydrologisk påverkan vid framtida klimat.

Mistra Urban Future projektet ”Klimatanpassad stadsstruktur: Scenarier för framtida Frihamnen” undersökte hur tre olika klimatanpassningsstrategier – *attack*, *reträtt* och *försvar* – kan användas i samband med planering och utveckling av området Frihamnen i Göteborg (Roth m.fl., 2011). Fokus för projektet var hur de tre olika klimatanpassningsstrategierna skulle kunna påverka områdets hållbara utveckling, dvs. de ekonomiska, sociala och ekologiska konsekvenserna. *Reträtt* handlar om att flytta den infrastruktur och den bebyggelse som ligger i områden med hög risk för översvämning från kustlinjen till säkrare områden. *Försvar* skyddar från stigande havsnivåer genom att bygga skyddsbarriärer som förhindrar att vattnet tar sig in i byggd miljö. *Attack* handlar om att istället för att undvika den stigande havsnivån utnyttja vattnet som en yta man kan bygga på. De olika anpassningsstrategierna visade sig ha olika fördelar och nackdelar. I en stad där man prioriterar en ekologisk hållbar utveckling finns det flera fördelar med att använda sig av anpassningsstrategin *Reträtt*, jämfört med de andra strategierna. Om den sociala utvecklingen med trygghet, rekreativmöjligheter och integration är viktigast kan *Reträtt* också vara ett bra alternativ. Om stadens förutsättningar innebär att ökad ekonomisk lönsamhet är det viktigaste, är *Reträtt* däremot inte något bra alternativ, utan någon av de andra två strategierna är mer lämpliga.

Inom SUDPLAN utvecklades ett datorbaserat verktyg som kan användas av planerare för att analysera hydrologisk- och luftkvalitetspåverkan under dagens och framtida klimat (Schlobinski m.fl., 2012). Den hydrologiska applikationen har testats i samarbete mellan SUDPLAN och svenska vattenmyndigheter.

Boverket fick i regleringsbrevet för 2008 i uppdrag att redovisa exempel och metoder för hur planering och byggande kan anpassas för att förebygga, undvika och minimera negativa effekter av klimatförändringar (Boverket, 2009a). Rapporten visar hur planering

⁴² <http://www.mistraurbanfutures.org/sv>

⁴³ <http://sudplan.eu/>

och byggande kan anpassas för att förhindra negativa effekter av klimatförändringar som t.ex. översvämningar, ras, skred och erosion. Även stigande temperatur, intensivare nederbörd och ökad luftfuktighet kan påverka byggnader och byggnadsmaterial. Dessa effekter av klimatförändringarna ingick inte i uppdraget, men Boverket ansåg att de kommer att få så stor påverkan på befintliga byggnader att det bör tas hänsyn till i utformningen av nya byggnader. Exempel på klimatanpassningsåtgärder för ny bebyggelse som lyfts fram är att utveckla och anpassa fysisk planering och byggregler till framtida klimatförändringar och till extrema vädersituationer. För befintlig bebyggelse exemplifieras klimatanpassning med exempelvis konstruktion av hinder mot höjda vattennivåer och anpassade strategier för katastrofhantering (till exempel system för tidig varning för översvämningar, stormar och extrema temperaturer).

De centrala slutsatserna från rapporten är att:

- PBL⁴⁴ kan användas som ett effektivt redskap för klimatanpassning av ny bebyggelse på oexploaterad mark. För tillkommande bebyggelse på exploaterad mark kan den användas i varierande utsträckning.
- Dagens PBL är inte utformad så att den kan skydda befintlig bebyggelse från klimatförändringar.
- Hänsyn till kommande klimatförändringar vid byggande och planering måste börja nu och anpassas till bebyggelsens livslängd.
- Statliga myndigheter, länsstyrelser och kommuner behöver bli bättre på att tillhandahålla och utnyttja kunskapsunderlag om klimatförändringar som kan användas vid planering och byggande.
- Klimatanpassning i byggande och planering måste ses i ett helhetsperspektiv. Alla skeden i planprocessen och byggprocessen – från översiktplanen till förvaltningsskedet - måste samverka för att minska negativa effekter av klimatförändringar.
- Vid byggande bör begränsning av klimatpåverkan gå hand i hand med anpassning till ett förändrat klimat.
- Regelverket om byggande och planering måste successivt uppdateras så att klimatförändringsaspekten finns med i alla de delar av plan- och bygglagstiftningen där det är relevant.
- Information om risker med klimatförändringar som tas fram i arbetet med översiktsplaner måste följa med till detaljplanen, samt överföras till byggherren vid byggsamrådet och slutligen till fastighetsförvaltaren när byggnaden är klar.

Samma år gav Boverket ut en broschyr (Boverket, 2009b) som visar hur planering och byggande kan anpassas för att minska klimatförändringarnas negativa effekter, som till exempel översvämningar, ras, skred och erosion. Broschyren är avsedd som en vägvisare för till exempel fastighetsägare, byggherrar, tjänstemän och beslutsfattare inom kommun och stat och visar även på ansvarsfördelning mellan olika aktörer (Tabell 1).

⁴⁴ Plan- och bygglagen

Tabell 1: Ansvarsfördelning mellan olika aktörer (enligt Boverket, 2009b).

Vad kan göras på olika nivåer?	
<p>Centrala myndigheter och länsstyrelser Verka för klimatanpassning på FN- och EU-nivå Föreslå klimatanpassning av lagar och förordningar Genomföra klimatanpassning av föreskrifter och allmänna råd Klimatgranska översiktsplaner och detaljplaner Sprida kunskap om bestämmelser och arbetsmetoder</p> <p>Kommuner Göra risk- och sårbarhetsanalyser Planera för klimatanpassning Pröva planer och bygglov mot krav i PBL Informera och ge råd om klimatanpassning</p>	<p>Byggherrar Följa de tekniska egenskapskraven</p> <p>Fastighetsägare Underhålla byggnader Hålla sig informerad om klimatrelaterade risker</p> <p>Medborgare Påverka beslutsfattare, uppmärksamma kommun och mark- och fastighetsägare på risker och möjligheter</p>

15.2 Kulturarvet

Drivande krafter bakom klimatförändringar (industrialism och konsumism) är ofta kulturellt betingade. Kultur är också en viktig framgångsfaktor för policies inom området. Följaktligen kommer även kulturen, där kulturmiljön är ett specifikt område, att påverkas av klimatförändringarna och klimatanpassningsåtgärderna. Hittills har uppmärksamheten koncentrerats till de direkta effekterna av klimatförändringar på kulturmiljön och de överordnade energimålen har sidoordnat kulturella och sociala frågor. Kulturmiljöområdet behöver omstruktureras från grunden då klimatanpassningsåtgärder nödvändiggör omvärdering av kulturmiljöerna och urvalet.⁴⁵

EU-projekten Noaks Ark⁴⁶ och Climate for Culture⁴⁷ har tagit fram riskbedömningar för kulturvården, särskilt byggnader och dess inre. De viktigaste resultaten från Climate for Culture är dels en metod för riskbedömning av en enskild byggnad, dels riskkartor för Europa.

Riksantikvarieämbetet (RAÄ) fick inget särskilt uppdrag efter Klimat- och sårbarhetsutredningen, men flera samarbeten och projekt har genomförts och ny kunskap har inhämtats inom ramen för myndighetens ordinarie uppdrag. Effekter av långsamma förlopp på byggd kulturmiljö kan förebyggas genom långsiktig fastighetsförvaltning, samordnade planeringsunderlag (fysisk planering), kunskapsunderlag som kulturmiljöstatistik och långtidsövervakning, livscykelanalyser av byggnader och proaktivt arbete med att lösa målkonflikter mellan styrmedel som t.ex. EU-direktiv, kulturlagstiftning och bygglagstiftning.

Effekter av klimatförändringar studerades i ett nordiskt samarbetsprojekt 2008–2010. Kulturarvsinstitutionerna i Sverige har olika mycket medvetenhet om klimatanpassning. Några länsstyrelser har gjort klimatanpassningsplaner och har då tagit upp kulturarv. Museer har uppmärksammat frågan i olika utställningar. En förstudie genomfördes 2012 om risker för kulturarv, identifiering av internationella och nationella aktörer, samt om befintligt samarbete runt klimatanpassning av kulturarv (Riksantikvarieämbetet, 2014). I denna studie definierades följande risker som viktiga att arbeta med:

⁴⁵ CERCMA, 2014 Cultural Environment as Resource in Climate Change Mitigation and Adaptation. Nordic Working paper. Nordiska Ministerrådet. <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:756802/FULLTEXT01.pdf>

⁴⁶ <http://noahsark.isac.cnr.it/>

⁴⁷ www.climateforculture.eu

- *Ras och skred:* Ökade havsnivåer och ökad nederbörd innebär ökad risk för ras och skred. Både själva skredet och åtgärder för att förhindra skred kan komma att påverka kulturarv. Här pågår stora arbeten i samhället som kan påverka kulturarv, t.ex. Göta älv-utredningen.
- *Översvämningar:* Ökad nederbörd innebär större risk för översvämning. Både själva översvämningen och åtgärder för att förhindra översvämning kan påverka kulturarv. Här pågår stora arbeten i samhället som kan påverka kulturarv, t.ex. Översvämningdirektivet och förändringar av vattentappning i Mälaren och Vänern.
- *Extrem nederbörd:* Stora och plötsliga vattenmängder kan leda till översvämningar. Stor risk finns att dagvattenledningar och asfalterade ytor samt vattenledningssystem på fastigheter inte klarar att forsla bort vattnet, vilket leder till fukt-och mögelskador.
- *Mer växtlighet:* Ökad temperatur leder till mer växtlighet som påverkar det visuella intrycket av ett landskap och försvårar ett traditionellt brukande. Ökad växtlighet runt en byggnad medför att cirkulationen försämras och fukten binds, vilket kan leda till skador.
- *Skadedjur:* Ökad temperatur innebär fler reproduktionscykler och ökad utbredning av de idag aktiva skadedjuren. Det kan medföra stora problem för samlingar och träbyggnader. Kommer det in nya arter, som vi dessutom inte har några metoder för bekämpning av, kan de snabbt orsaka stora skador.
- *Mögel:* Ökad temperatur och ökad nederbörd innebär en mer gynnsam miljö för mögeltillväxt. Inom Svenska kyrkan har man uppmärksammat problem med mögel under de senaste åren.
- *Synergieffekter:* Många av de risker som vi idag ser som de största, samverkar med varandra. En gemensam faktor, för i princip alla risker vi bedömt har påverkan på kulturarv, är vatten i alla dess fysikaliska tillstånd.

För arbete med klimatanpassning lyfts framför allt samverkan, kunskapsspridning och underhåll fram. Arbete med klimatanpassning på lokal och regional nivå sker i kommuner och länsstyrelser. Kulturarv borde integreras mer inom det arbetet. Riksantikvarieämbetet kan bidra med kunskap och vägledning om hur kulturarv kan inkluderas. Vid samverkan med andra myndigheter och organisationer har GIS-information för lokalisering och värdering av kulturarv efterfrågats. Önskemålen har delvis kunnat uppfyllas genom Riksantikvarieämbetets fornminnesinformationssystem, FMIS och Bebyggelseregistret (BeBR). Denna information används för att göra riskanalyser och bidra med väl underbyggda argument för åtgärder inom klimatanpassning, t.ex. i Göta älv-utredningen och Översvämningdirektivet. Prioritering och värdering av kulturarv har visat sig vara svårt. Statens geotekniska institut (SIG) har i sitt arbete med Göta älv-utredningen försökt sätta ett monetärt värde på kulturarv, men inte hittat någon lämplig metod (Grahn, 2011). Målet med studien var att hitta metoder för att synliggöra kulturella värden i samhällsekonomiska analyser. Enbart kyrkor kunde tilldelas värden, som baserades på underlagsinformation om försäkringar generellt och med faktiska försäkringsvärden. Studien rekommenderade nationella riktlinjer i form av kategorisering och ranking av objekt och miljöer som underlag till monetära värderingar.

I MSB:s arbete med översvämningdirektivet var kulturarv en av fyra aspekter som studerades, med Riksantikvarieämbetets sökbara databas över formlämningar (FMIS) som underlag. Under arbetets gång har ett antal grupperingar och värderingar av datamängder utkristalliserats och en metodik för att prioritera sökordning och viktning utarbetats. Riksantikvarieämbetet har utvärderat de olika testerna och gett förslag på metodik för urval och värdering (MSB, 2011).

MSB och Nationell plattform för arbete med naturolyckor har tagit fram en rapport med effektstudier av havsnivåhöjningar. En delstudie gjordes i samarbete mellan Riksantikvarieämbetet och Metria om framtida havsnivåhöjningar och kulturmiljövård med exempel från Falsterbo (Metria, 2013, MSB, 2014a). Studien har åskådliggjort betydelsen av havsnivåhöjningar för kulturarvssektorn. Kartorna utgör en bra visualisering av problemställningarna och fungerar som diskussionsunderlag. Troligen är det värdefullt att göra liknande studier i fler områden för att identifiera hotade fasta fornlämningar och kulturhistoriskt värdefulla byggnader. Detta för att kunna vidta klimatanpassningsåtgärder i form av invallning eller utgrävning och dokumentation av fornlämningar innan det är för sent. Visualiseringsunderlaget i form av kartor och skuggreliefer skulle även kunna vara ett bra underlag vid andra arbeten inom kulturmiljövården.

En rapport över erosionsskadade fornlämningar togs fram inom projektet hotade kulturmiljöer längs Västernorrlands älvar (George, 2009). Järnålderslämningarna är väl representerade bland de objekt där åtgärder föreslagits. Detta beror på att de är frekventa på de erosionsutsatta sedimentjordarna i älvdalarna. Järnålderslämningarnas överrepresentation beror också på att exempelvis boplatser från stenåldern ofta ligger i anslutning till dämda områden.

”Klimaprojektet” var ett nordiskt samarbetsprojekt (2009-2010) mellan de nationella kulturarvsmyndigheterna runt klimatförändringarnas inverkan på kulturmiljön med de nordiska världsarven i fokus. Projektet gick igenom direkta effekter av klimatförändringar på kulturmiljön, samt konsekvensen av åtgärder för att minska utsläpp av växthusgaser på främst bebyggelse, arkeologiska lämningar samt kulturmiljö och landskap (Kaslegard, 2010). CERCMA (Cultural Environment as Resource in Climate Change Mitigation and Adaptation)⁴⁸ är en fortsättning på Klimaprojektet.

Kunskap som finns, men som ofta glöms bort är arkiv och samlingar med bilder, filmer med mera om exempelvis tidigare ras, skred, översvämningar. Kulturarvet är en resurs för att hämta kunskap ur historien.

15.3 Nya kunskapsunderlag och nytt vägledningsmaterial

Nationella karteringar, såsom översiktlig översvämningskartering och nya nationella höjdmodellen (NNH) är viktiga underlag som tillkommit av betydelse för klimatanpassningsarbetet med koppling till bebyggelse, boende och kulturarv. Många länsstyrelser och kommuner har tagit fram regionalt och lokalt underlag för klimatanpassning i fysisk planering med avseende på översvämning, ras och skred, havsnivå och vattenförsörjningsplaner. MSB:s riskkartor för översvämning i 18 städer i enlighet med översvämningsdirektivet är också viktiga för fysisk planering och kulturminnesvård i dessa städer.

I den fördjupade uppföljningen av miljömålen (Naturvårdsverket, 2012) berörs klimatanpassning kopplat till miljömålet *God bebyggd miljö*. Det lyftes fram att MSB har tagit fram preliminära områden med betydande översvämningsrisk utefter Sveriges vattendrag, samt att MSB ska ta fram hot- och riskkartor samt riskhanteringsplaner och att länsstyrelserna sedan 2009 har att samordna det regionala klimatanpassningsarbetet, samt refererades till SKL:s enkät till kommunerna (2009) där det framgår att sju av tio kommuner arbetar med riktlinjer för klimatanpassning i byggandet.

Klimatanpassning i fysisk planering - Vägledning från länsstyrelserna (Länsstyrelserna, 2012) är ett resultat av ett regeringsuppdrag från 2009 då länsstyrelserna fick i uppdrag att samordna och driva klimatanpassningsfrågan i länen. Referensgruppen bestod av Boverket, SMHI, SGI, Trafikverket m.fl. Skriften ger konkreta tips och råd i hur

⁴⁸ <https://cercma.wordpress.com/>

kommunen kan arbeta med klimatanpassning genom planinstrumenten i PBL och genom det processverktyg som presenteras i skriften. I rapporten finns även konsekvenser för kulturhistorisk bebyggelse identifierade, samt möjliga åtgärder beskrivna (Länsstyrelserna, 2012).

Dessutom har ett antal handböcker tagits fram. Exempel är en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden (Länsstyrelserna i Värmlands och Västra Götalands län, 2011). Denna handbok fokuserar på planeringsunderlag för kommunernas fysiska planering med fokus på översvämningssproblematiken och innehåller rekommendationer om lämplig markanvändning och förslag på åtgärder som stöd i planarbetet. Ett annat exempel är Handbok för klimatanpassad vattenplanering i Skåne (Länsstyrelsen i Skåne, 2012). Handboken är en fördjupning av hur utmaningar kopplade till ett förändrat klimat kan integreras i fysiskt planering genom ett helhetsgrepp på vattenfrågorna.

I länsstyrelsernas klimatanpassningsarbete finns även exempel där kulturmiljöperspektivet belyses, t.ex. i Skåne, Värmland och Västra Götaland (Länsstyrelsen i Skåne Län, 2011; Länsstyrelsen i Värmlands län, 2012; Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2012).

15.4 Kunskapsluckor och brist på underlag

15.4.1 Boende och byggande

Bristande kunskap om exponering av förändrat klimat för att förstå och hantera framtida risker bedöms inte som det största hindret för att hantera risker och konsekvenser av förändrat klimat. Behov av ny kunskap kopplat till boende, byggande och kulturmiljösvård identifieras således som mer kopplad till analys av möjligheten att genomföra åtgärder, än till behov av ny kunskap om konsekvenserna av ett förändrat klimat:

- Samhällsekonomiska analyser av åtgärds kostnader och konsekvenser av att inte åtgärda.
- Hur ta beslut från osäkra underlag?
- Hur kan klimatanpassningsåtgärder finansieras, med särskilt fokus på befintliga bostadsområden?
- Ansvarsfrågorna – vem ska ansvara och betala? Vad är statligt, kommunalt respektive enskilt ansvar?
- Hur kan lagstiftningen harmoniseras, t.ex. Plan- och bygglagen (PBL) och Miljöbalken (MB) ? För åtgärder som vallar, kan det krävas tillstånd i MB, men samtidigt vara ett krav enligt PBL för att en detaljplan ska godkännas. Hur kan PBL, MB och Lagen om Allmänna Vattentjänster (LAV) harmoniseras avseende åtgärder för dagvatten?
- Hur kan säkerställas att konsekvenser av klimäförändringar, för planering och byggande som omfattar flera kommuner eller hela landsändar, hanteras på en övergripande nivå? Ett exempel är havsnivåhöjningar. Hur kan detta kopplas till en nationell samordning? (Boverket, 2010).

15.4.2 Materiella kulturarv

För att bygga upp kunskap om klimäförändringar och kulturarv krävs mer studier. Metoder för att övervaka kulturarv långsiktigt, över 100 år, behöver utvecklas.

Vittring av material beror på den ackumulerade effekten av många faktorer som samverkar eller motverkar varandra. Därför behövs långsiktiga studier och långtidsövervakning av objekt. Dessa genomförs dock sällan eftersom förvaltningsuppdrag och forskningsprojekt oftast är begränsade till 1-3 år. Kunskap,

strategier och redskap för indirekt påverkan av åtgärder som görs för att förebygga klimatförändringar (energieffektivisering, energiproduktion) saknas inte helt, men skulle behövas utvecklas. Riksantikvarieämbetet har arbetat med kulturmiljöövervakning och indikatorer. För att öka kunskapen om bland annat nedbrytning av material och försurning behöver det utvecklas smarta och tvärspektoriella indikatorer. Kunskapen om vattnets inverkan (fysiskt, kemiskt och biologiskt) på nedbrytning av kulturarv behöver utvecklas. Information om inträffade tillbud, t.ex. översvämningar och skadedjursangrepp, dess konsekvenser och åtgärder är en viktig kunskapskälla. I dag finns ingen nationell sammanställning av inträffade händelser som fått konsekvenser för kulturarv. Samverkan med andra myndigheter som har statistik bör vara en framgångsfaktor.

Kunskapen om klimatanpassning av kulturarv behöver ökas och spridas internt inom kulturarvssektorn och till andra sektorer. Förvaltare av kulturarv bör få tillgång till information om och handledning i hur de ska förebygga risker och upptäcka skador tidigt. Egenkontroll och förebyggande arbete gör att ökade kostnader undviks för t.ex. sanering av mögel, skadedjur och fukt. Lättillgänglig kunskap om klimatförändringar och kulturarv för förvaltare har tagits fram i exempelvis England. Information som är lättillgänglig och på svenska är viktigt. Vårda väl-blad och handledningar för riskanalyser till kulturarvsförvaltare är exempel på material som behöver utvecklas.

Länsstyrelsernas klimatanpassningssamordnare efterfrågar kunskapsunderlag och rådgivning om kulturarv. Då dessa är nyckelpersoner inom regional klimatanpassning är det viktigt att stötta dem i deras arbete. Information om klimatanpassning av kulturarv bör utarbetas för Klimatanpassningsportalen som vänder sig till länsstyrelser och kommuner. Information om kulturarv bör även inkluderas i verktyg och andra myndigheters arbete med klimatförändringar, t.ex. i länsstyrelsernas klimatanpassningsplaner och risk- och sårbarhetsanalyser.

15.5 Pågående arbete

Boverket kommer att under år 2014 ta fram en intern handlingsplan för klimatfrågor som kommer att behandla vilken roll Boverket bör ha och vilka frågor Boverket bör vara aktivt i. Boverket deltar även i myndighetsgemensamma aktiviteter i klimatanpassningsnätverk, nationell plattform för arbete med naturolyckor, ras- och skreddelegation, dricksvattennätverk och dricksvattenutredning. Det pågår även kontinuerligt arbete för byggregler med avseende på vindlast, taklast, fukt m.m.

Riksantikvarieämbetets klimatplan är en fortsättning på förstudien som kommer att färdigställas 2014. En delstudie redovisar skyddad bebyggelse och kulturlandskap vid olika klimatscenarier. Studien bygger på data från flera myndigheter, bland annat klimatdata från SMHI och information från Bebyggelseregistret.

Slutsatser från Klimat- och sårbarhetsutredningen med avseende på ökade risker för bebyggelse orsakat av översvämning av strandnära bebyggelse, ras, skred och erosion, kusterosion, belastning av avloppssystem, bräddning av avloppsvatten och byggkonstruktioner är fortfarande giltiga, och på nationell nivå tillräckliga för att kunna rekommendera åtgärder. För genomförande av åtgärder på lokal och regional nivå krävs framtagande av lokalt beslutsunderlag. Rekommendationen är därför att prioritera kunskap som är kopplad till genomförande av åtgärder, inklusive riktlinjer för beslut från osäkra underlag.

För att bygga upp kunskap om klimatförändringar och kulturarv krävs mer studier. Metoder för att övervaka kulturarv långsiktigt, över 100 år, behöver utvecklas. Tillgängliga databaser om kulturarvsinformation, exempelvis om byggnader och fornlämningar, används i större grad i klimatanpassningsarbetet. Samma gäller för arkiv- och kunskapsamlingar om historiska händelser. Information om kulturarv bör även inkluderas i verktyg och andra myndigheters arbete med klimatförändringar, t.ex. i länsstyrelsernas klimatanpassningsplaner och risk- och sårbarhetsanalyser.

16 Naturmiljön och miljömålen⁴⁹

I Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60) sammanfattas följande avseende:

Luft

”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.”

Landekosystem och biologisk mångfald

”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.”

”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.”

”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 försämrans.”

⁴⁹ Miljömålet ”God bebyggd miljö” berörs i kapitlet om bebyggelse, boende och kulturmiljö. Miljömålet ”Grundvatten av god kvalitet” berörs i kapitlet om vattenförsörjning och avloppssystem.

”Möjligheterna att upprätthålla öppna landskap och att därmed bidra till miljömålet Ett rikt odlingslandskap bör gynnas av klimatförändringarna.”

”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.”

Sötvattenmiljö

”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.”

”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.”

”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 miljö kvalitetsnormerna. Redan i nuläget är många sjöar i behov av åtgärder för att de uppnå god ekologisk status, särskilt i södra Sverige.”

”Sammanfattningsvis kommer klimatförändringen att göra det mycket svårare för att inte säga omöjligt att nå miljömålen om Ingen övergödning och Levande sjöar och vattendrag.”

”Vattenkvaliteten 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.”

Marin miljö och kusten

”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.”

”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 havsstrandängar i främst södra Sverige, kommer att klämmas mellan ökad havsnivå och innanför liggande markanvändning.”

”Sammantaget blir det svårt att nå miljö kvalitetsmålet Hav i balans samt Levande kust och skärgård till år 2020, möjligen kan vi uppfylla förutsättningarna för en god havsmiljö till år 2050. De marina ekosystemens återhämtningsförmåga och kommande förändringar i belastningen samt klimatförändringarna är avgörande för när miljö kvalitetsmålet kan uppnås i sin helhet.”

Anpassningsåtgärders påverkan på miljömål – med kopplingar mellan land, sjö och hav

”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.”

”Anpassningsåtgärder som vidtas inom jordbruket, t.ex. mot mer gödslingskrävande grödor, riskerar att påverka miljömålen. En sådan utveckling skulle allvarligt försämra möjligheterna att nå miljömålen Ingen övergödning och Hav i balans.”

Miljömålen – sammanfattning

”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.”

”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.”

”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.”

16.1 Klimatförändringarna och miljömålen

Klimatförhållanden avgör i stor utsträckning om en art kan fortleva i ett område. Relativt små temperaturförändringar kan påverka denna möjlighet. Nordliga arter kan försvinna i och med avsaknad av reträttvägar norr om Skandinavien. Mest hotade är arter på mellan- och högalpina zoner och arter som kräver stort rumsligt utrymme. När det gäller anpassningsförmåga bedöms arter och livsmiljöer i bergsområden, tallnaturskog och mossar vara mest sårbara. Särskilt sårbara ekosystem återfinns i norra Skandinavien. Klimatförändringarnas följder på ekosystemen kommer att påverka möjligheten att nå flera av de nuvarande miljömålen och även påverka dess relevans. Det gäller *Rikt växt- och djurliv, Storslagen fjällmiljö* och *Myllrande våtmarker*. Som en indirekt effekt av klimatförändringar påverkas ekosystemtjänster med effekt för skogsbruk, jordbruk, rennäring, fiske, turism och friluftsliv.

SMHI publicerade på uppdrag av Miljömålsrådet en rapport om klimatförändringarnas effekter på möjligheten att uppnå miljömålen (Persson och Rummukainen, 2010).

Rapporten ger en bild av frågeställningen för respektive miljömål. Många miljömål bedöms vara svåra att uppnå inom den utsatta tiden, dvs. till år 2020.

Klimatförändringarnas effekter är en faktor som komplicerar och kan förlänga tidsperspektivet för att uppnå miljömålen. Många av de viktiga klimateffekterna som har betydelse för miljömålsarbetet är inte möjliga att kvantifiera med dagens kunskap.

Rapporten ger dock en preliminär uppskattning av att klimatförändringarna i tidsperspektivet fram till år 2020 har liten eller relativt liten betydelse. Vartefter kommer dock klimateffekterna att få en ökad påverkan på möjligheten att nå flera av miljömålen. Hur snabbt effekterna uppstår och hur omfattande de blir beror på i vilken omfattning miljömålen *Begränsad klimatpåverkan* uppnås. De miljömål som påverkas mest av klimatförändringarna, antingen via direkta effekter eller indirekt, berör luft, övergödning och biologisk mångfald. Indirekta effekter berör t.ex. användning av mark och vatten för förnybar energiproduktion.

I ljuset av att naturmiljön kan komma att påverkas markant av ett förändrat klimat och att naturmiljön samtidigt är den allt igenom väsentligaste förutsättningen för ekosystemtjänster, inklusive t.ex. dricksvatten, samisk kultur och upplevelseturism, finns det starka skäl att intensifiera klimatanpassning med koppling till naturmiljön. Kunskapshöjning krävs för att möjliggöra identifikation av prioriterade insatsområden för information, samordning, rekommendationer och framtagna av beslutsunderlag.

Det finns behov av regionala kartläggningar av hur klimatförändringar kan påverka arter, ekosystem, naturtyper och biologisk mångfald. Uppmärksamhet bör ägnas åt de speciella förhållandena som gäller i olika regioner i Sverige. Resultaten bör användas till att utveckla naturvårdsstrategier och följa upp arbetet med miljömålen, men också för att upptäcka nya hot mot miljön som i sin tur kan utgöra utgångspunkt för riktade anpassningsinsatser. Det finns även behov av klimatprediktioner på avrinningsområdesnivå som underlag för bedömning av effekter på ekologisk status till följd av förändrade höga och låga flöden. Miljöövervakningen behöver utvecklas så att faktorer med betydelse för beräkning och uppföljning av förändringar av klimat och vattenresurser med betydelse för den kvantitativa, ekologiska och kemiska statusen tas i beaktande.

16.2 Luftmiljön

Framtida ozonhalter i Sverige och Europa har studerats ingående och visar att klimatförändringar kan komma att minska marknära ozon i södra Europa. I projektet CLEO⁵⁰ visas att effekten av klimatförändringar på marknära ozon knappast kommer att kunna urskiljas i Sverige. På samma sätt kommer nedfallet av svavel- och kväveföreningar i Europa och Sverige påverkas mer av förändringar av utsläpp än av ett förändrat klimat. Förändrat klimat kan dock påverka den atmosfäriska livslängden hos dessa föreningar.

Klimatförändringen påverkar främst genom att mönster för vindar och nederbörd förändras, och till en mindre del av själva temperaturökningen. Förändringarna i deposition av svavel och kväve över Sverige fram till 2050 kommer huvudsakligen att styras av förändringar av utsläppen i Europa. Klimatförändringarna spelar en mindre roll även om de påverkar uppehållstiden av luftföroreningar i atmosfären och därmed hur långt svavel och kväve kan transporteras inom Europa. Nedfallet av oxiderat svavel och kväve kommer att minska kraftigt på grund av minskade utsläpp. Sett över Europa som helhet beräknas nedfallet av dessa två komponenter minska med storleksordningen 60 respektive 40 procent mellan 2000 och 2050. Enligt gällande prognoser kommer utsläppen av ammoniak inte att minska i lika stor utsträckning varför även nedfallet av reducerat kväve kommer att vara i stort sett oförändrat, med en viss ökning nära källområden. Denna ökning beror på att halterna av sulfat och salpetersyra i atmosfären minskar kraftigt vilket påverkar bildningen av partiklar från ammoniak och därmed långdistanstransporten.

⁵⁰ <http://cleoresearch.se/>

16.3 Landekosystem och biologisk mångfald

16.3.1 Begreppet biologisk mångfald

Vid partskonferensen till Konventionen om biologisk mångfald i Nagoya 2010 antogs de så kallade Nagoya-målen⁵¹ där globala mål för biologisk mångfald och ekosystemtjänster beslutades i en särskild strategisk plan som sträcker sig till 2020. Planen innehåller 20 övergripande delmål, de så kallade Aichimålen, för biologisk mångfald.

Biologisk mångfald och ekosystemtjänster och deras kopplingar till klimatförändringen lyfts även fram i regeringspropositionen ”En svensk strategi för biologisk mångfald och Ekosystemtjänster” (Regeringen, 2014). Ekosystemtjänster utgör stora värden för samhället, t.ex. reglerande tjänster när det gäller klimatet. Klimatförändringarna påverkar biologisk mångfald och ekosystemtjänster, både direkt genom t.ex. förändrad temperatur och indirekt genom förändrad markanvändning.

2011 genomfördes en uppföljning av statens insatser för biologisk mångfald i rinnande vatten. I utvärderingen konstateras att dammar, vattenkraftverk och reglermagasin påverkar den biologiska mångfalden i rinnande vatten på ett mycket negativt sätt⁵². Detta är ett välkänt problem och regeringen tillsatte därför en utredning⁵³ om hur regelverket kring vattenverksamhet kan ses över för att anpassa verksamheterna till dagens förutsättningar, bland annat ett förändrat klimat.

För att möta de förändringar som klimatförändringen för med sig tillsatte regeringen en utredning om långsiktig hållbar markanvändning, som presenterade sitt delbetänkande 2013⁵⁴, slutrapportering kommer att ske i juni 2014. Utredningen presenterar bland annat insatser för att nå målet om en långsiktigt hållbar markanvändning.

16.3.2 Ett rikt odlingslandskap

En rapport från Jordbruksverket (2010) visar att klimatförändringar kan komma att påverka den biologiska mångfalden och arternas utbredning. Analysen visar att all gräsmark i Sverige sannolikt kommer att påverkas av en uppvärmning i framtiden. Minskad sommarnederbörd kan förväntas i södra Sverige där de flesta undersökta värdefulla ängs- och betesmarkerna finns. I norra Sverige, där de största Natura 2000-områdena finns, förväntas dock sommarnederbörden öka. För de arktiska och alpina arter som studerats visar klimatbaserade prognoser på kraftigt minskade utbredningsområden. Modellerna antyder även att många rödlistade kärlväxter, fjärilar, kräl- och groddjur som har sin huvudsakliga förekomst i odlingslandskapet kan komma att få större möjlig utbredning i Sverige på grund av klimatförändringar.

Stigande havsnivåer kan bli ett hot för många kustnära betes- och slåttermarker eftersom dessa ofta gränsar till vägar, bebyggelse och åkrar, vilket minskar möjligheten att expandera in mot land i takt med stigande havsytta. Klimatförändringarna förväntas inte få någon större direkt effekt på utbredningen av hotade arter på svenska gräsmarker. I de flesta fall kommer markanvändningen och anpassningen till denna i ett förändrat klimat vara det som huvudsakligen bestämmer de hotade arternas utbredning.

Klimatförändringarna kommer dock att påverka artsammansättningen i landskapet då många arter sannolikt kommer att spridas norrut. Fokus vid bevarande av biologisk mångfald bör därför i första hand vara den nuvarande markanvändningen och möjliga förändringar av markanvändningen som en följd av förändrat klimat.

⁵¹ <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhället/EU-och-internationellt/Internationellt-miljoarbete/miljokonventioner/Konventionen-om-mangfald/>

⁵² Biologisk mångfald i rinnande vatten och vattenkraft – En uppföljning. 2001/12:RFR 1

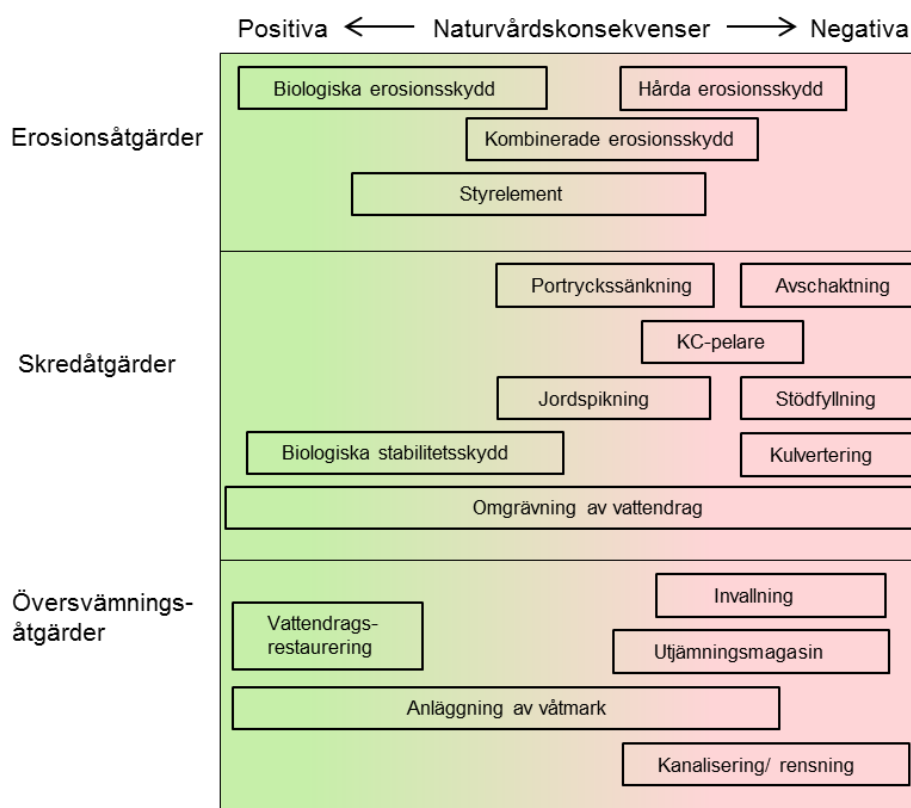
⁵³ Ny tid ny prövning – förslag till ändrade vattenrättsliga regler. SOU 2013:69

⁵⁴ Strategi för en långsiktig hållbar markanvändning. Delbetänkande 1. SOU 2013:43

16.3.3 Skred-, erosions- och översvänningsåtgärders effekter på naturvärden

Skred, erosion och översvämningar påverkar landskapet till att ständigt förändras och utvecklas. De är naturliga processer som bidrar till att skapa en stor mångfald av miljöer såsom å- och bäckraviner, sandstränder, strandängar, sumpskogar och våtmarker. Dessa miljöer hyser höga naturvärden och är mycket betydande för den biologiska mångfalden. Men skred, erosion och översvämningar utgör också ett hot för människan när de inträffar på, för oss, olämpliga områden. När mänsklig aktivitet behöver skyddas från dessa processer utförs ofta ingrepp som förändrar förutsättningarna för de specifika naturvärdena på platsen. Många traditionella skyddsåtgärder gör stor åverkan på naturen (figur 10).

Med framtida klimatförändringar förväntas problemen med dessa processer att öka för vårt samhälle. Det beror på att både skred, erosion och översvämningar kan vara en direkt eller indirekt konsekvens av klimat och väderförhållanden. En rapport från Länsstyrelsen i Västra Götalands län analyserar detta som ett steg mot ökad naturvårdshänsyn i klimatanpassningsarbetet (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013 a).



Figur 10. Uppskattade konsekvenser för naturvärden av åtgärder för att förhindra erosion, skred och översvämningar (Efter Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

16.3.4 Skötsel av skyddad natur inför förväntade klimatförändringar

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2013b) har bedrivit projektet ”Skyddad natur i ett förändrat klimat” för att inleda arbetet med att planera skötsel av skyddad natur inför förväntade klimatförändringar. Projektets tre delar är:

1. Grön infrastruktur och skyddade områden
2. Klimatanpassning av skötselplaner
3. Kunskapsutbyte på europeisk nivå

Klimatförändringar kan leda till bland annat översvämningar, erosion, torka, igenväxning, förlust av habitat och arter samt ökad mängd konkurrenskraftiga eller skadliga främmande och inhemska arter. Positiva effekter kan förekomma, till exempel kan en förlängd växtsäsong ge träd större motståndskraft mot sjukdomar och hotade arter kan vid sin nordliga gräns få lättare att klara sig.

För att motverka de negativa effekterna av klimatförändringarna i naturreservat så har en mall för anpassad skötselplan utformats. Det är en checklista med varje typ av förväntad konsekvens och hur man kan arbeta för att åtgärda varje specifikt klimatförändringsproblem genom anpassad skötsel. 15 tänkbara problem har identifierats och åtgärder föreslås. Checklistan är en del i en ny mall för skötselplaner och används både vid framtagande av nya samt vid revidering av gamla skötselplaner.

16.3.5 Klimatförändringarnas effekter på fjällekosystemen

En effekt av ett varmare klimat kan bli att låglandsväxter som inte är typiska fjällväxter börjar migrera högre upp på fjällsluttningarna. En avhandling vid Umeå Universitet (Kaarlejärvi, 2014) visar att renars, men även sorkars och harars betande kan bromsa en sådan invasion, dvs. att ett varmare klimat inte automatiskt leder till en ökad biomassa, invasion av nya arter och utbredning av buskar på kalvfjället, i motsats till tidigare prognoser. Studien visar att typiska låglandsväxter, till exempel rallarros, rödblåra och kvanne, äts upp av renarna. Fjällväxter på kalvfjället är vanligtvis små, och därför blir de större och mer näringsrika låglandsväxterna lättare att upptäcka och äta. Renarnas betande kan således skydda den ursprungliga fjällvegetationen genom att hålla buskvegetationen låg och förhindra nya arters invasion på kalvfjället. Växtätare, speciellt renen, är således nyckelarter som spelar en viktig roll i fjällmiljön. Förändringar i fjällvegetationen beror mycket på antalet renar i området. Ett måttligt betande förhindrar migration av nya arter och minskar vegetationens tillväxt. Antalet renar varierar dock mycket mellan olika områden och från år till år. Det betyder att vi kan förvänta oss snabbare förändringar till följd av ett varmare klimat i områden som inte betas.

Varmare och blötare väder smälter glaciärer och tinar permafrosten. När palsmyrarna tinas upp bildas vattensamlingar som är rika på organiskt material. Upptiningen leder till andra flödesvägar av vatten på och i marken samt ett ökat flöde av organiska ämnen. Det kan få stor effekt på sjöar och vattendrag, som oftast är klara och näringsfattiga i fjällregionen (Kokfelt et al., 2009).

Den förlängda sommarsäsongen och tidigarelagda islossningen medför att vårblomning av olika växtplanktongrupper sker tidigare, men det går inte att dra generella slutsatser om planktonodynamiken under resten av året (Weyhenmeyer et al., 2011). Även i akvatiska ekosystem får höjd medeltemperatur effekten att sydliga arter kan sprida sig norrut, antingen som direkt effekt eller indirekt (t.ex. ökad bottenfaunaproduktion drar till sig nya fiskarter).

Beskogningen av kalvfjället gör att sjöar och vattendrag som inte längre ligger ovanför trädgränsen får ett ökat inflöde av näringsämnen och organiskt kol. Ökade halter av humusämnen i vattnet gör att transparensen minskar och därmed produktionen av alger och bakterier i ytsedimentet, vilket ofta är den mest produktiva delen av näringsfattiga fjällsjöar. Samtidigt gör ökat inflöde av näringsämnen att planktonproduktionen kan öka i vattenmassan. Båda processerna kan förväntas accelerera med ökad temperatur (Karlsson et al., 2009). Även det fortsatta prognosticerade nedfallet av luftburet kväve leder till snabbare eutrofiering av ytvatten i fjällmiljö, vilket påskyndas av den ökade temperaturen (Bergström et al., 2013).

16.4 Sötvattenmiljön

Tidigare slutsatser om att förväntade direkta och indirekta klimatförändringar såsom temperaturökning, förändrade nederbördsmonster och -intensiteter samt kortare issäsong förväntas leda till ökad avrinning och därmed ökad utlakning av närsalter och humus står

fast. Detta påverkar vattenfärg, övergödning, förekomst av alger och cyanobakterier och därmed vattenkvaliteten.

16.4.1 Användning av sjöar och vattendrag

För att lyfta vikten av vattenmiljöernas förmåga att kunna producera och leverera ekosystemtjänster tillsatte regeringen en utredning⁵⁵. Utredningen analyserar strategier för att värdera ekosystemtjänster i kvalitativa, kvantitativa och monetära termer.

Naturvårdsverket levererade 2012 en skrivelse med ett urval av naturens tjänster som har stor betydelse för människan⁵⁶. Urvalet av akvatiska ekosystemtjänster är gjort med koppling till vattnets kvalitet såsom livsmiljö för olika akvatiska organismer och produktion av dricksvatten.

16.4.2 Påverkan på vattenkvaliteten av hittillsvarande förändringar

Data från de nationella trendsjöarna i fjällen har utvärderats (Goedkoop och Angeler, 2011) för att undersöka om och i så fall hur dessa sjöar förändrats över tid och om eventuella förändringar redan nu kan kopplas till klimateffekter. I undersökningen ingick sex fjällsjöar samt två sjöar i skogslandet ovan polcirkeln med insamlade data sedan 1988 eller i två fall från 1995. Resultaten visade minskande sulfatkoncentrationer och ökande pH som en följd av minskad deposition av försurande ämnen. Vidare registrerades en signifikant reduktion av fosforhalterna. För övriga vattenkemiska parametrar, inklusive absorbans, fanns inga tydliga trender. Bedömningen av förändringar i biota var komplicerad. En tendens till ökat artantal registrerades, möjligen kopplad till högre temperatur men kan också relateras till pH. Någon lägre biomassa av växtplankton kunde inte konstateras trots att fosfornivåerna reducerats.

16.4.3 Konsekvenser av framtida klimatförändringar

Sjöar är känsliga och reagerar snabbt på klimatförändringar samt integrerar information om förändringar i omgivningen (Adrian et al, 2009).

Höjd temperatur leder till förändring i skiktningförhållandena, på så sätt att tidigare skiktning av sjöarna leder till längre och mer stabila skiktade perioder. Längre skiktningar ökar risken för syrgasbrist i näringsrika och humösa sjöar, med fosfor-läckage, eutrofiering och större metanproduktion i sediment (Sobek et al., 2009).

Ökad avrinning av näring bidrar också till en ökning i eutrofieringens omfattning och intensitet, och märks snabbare i vattendrag än i sjöar. Kortare isläggning på sjöar hör ofta ihop med längre skiktningfri period under det kalla halvåret, vilket leder till att mer kyla blandas ned i vattnet och medför att kallvattensarterna (glacialrelikterna) inte drabbas, trots högre medeltemperatur under året. Kortare isläggning har dock ännu så länge bara observerats i södra Sverige (Weyhenmeyer, 2011).

Temperaturökningen leder till ökad nedbrytning i sjösediment, och därmed till minskad inlagring av organiskt kol och ökad produktion av CO₂ i sediment (Gudasz et al., 2010). Det kan leda till påskyndat CO₂-läckage från t.ex. våra stora kraftverksdammar, där vattnet är mycket näringsfattigt men det finns näringsresurser lagrade i sedimenten.

En ökad avrinning medför ett ökat utläckage av näringsämnen från marken till sjöar och hav. Det kan också medföra ökade risker för spridning av föroreningar i eller från marken och deponier. Ökad vattenfärg och därmed ökad humustillförsel resulterar i mer inlagring av både organiskt kol och kvicksilver i sediment. Om bottenvattnet är syresatt, leder denna ökade sedimentering av kvicksilver till ökad metylering och därmed upptag i

⁵⁵ Synliggöra värdet av ekosystemtjänster. SOU 2013:68

⁵⁶ Sammanställd information om Ekosystemtjänster. Dnr NV-00841-12

näringsväven. Om bottenvattnet är syrefritt stannar kvicksilvret i sedimentet. (Sobek m.fl., pågående forskning vid Uppsala Universitet).

16.4.4 Främmande arter

I en ekologisk modell, som omfattade 13 för Europa främmande vattenväxter, studerades deras möjliga utbredning med hänsyn till klimatförändringar. Modellen omfattade temperatur och nederbördsdata. Resultaten visar att 10, av de i modellen testade arterna, kan komma att minska sin areella utbredning i Europa men för flera arter var osäkerheterna så stora att prognoser om kommande utbredningar blev svåra. Trots misstanken att flera arter med naturlig utbredning i subtropiska och tropiska områden skulle öka sin areella täckning i Europa visade modellen att detta inte var fallet. Endast för 3 arter sågs en allmän ökning i förekomst över Europa.

Ser man däremot till förändringar i ett mer nationellt perspektiv så är det flera invasiva arter, som nu finns i Mellan- och Sydeuropa, som har möjlighet att sprida sig norrut och få betydande utbredningar i Norden. Exempel på sådana arter är vattenpest, kinesisk ullhandskrabba, sötvattensmanet, cerkarier och svartmunnad smörbult (Naturvårdsverket, 2011; Wallentinus och Werner, 2008).

I sjöar sprider sig flagellaten gubbslem (*Gonyostomum semen*) och bildar besvärande blomningar. Spridningen av gubbslem är noterad sedan 1988. Studier av de svenska miljöövervakningssjöarna har kopplat spridningen till klimatförändringseffekter (Rengefors et al., 2012), även om det är svårt att avgöra vad som har störst betydelse: ökad temperatur eller humushalt.

16.4.5 Strandvegetation

Under 2000-talet har stora skador på alträd (*Alnus glutinosa*) uppstått utmed vattendrag och sjöar i södra och västra Sverige. Skadorna orsakas av den invasiva algsvampen *Phytophthora alni* som sprids via vatten och dödar alar utmed påverkade vattendrag och sjöar. Alar har stor betydelse för rinnande vattenecosystem; rotsystemet stabiliserar stränderna och skapar habitat för fiskyngel, och deras näringsrika löv bidrar till ett art/individrikt bottenfauna- och fisksamhälle. Träden skapar även skugga för kallvattengynnade arter såsom till exempel öring. För att följa utvecklingen har Artdatabanken vid SLU genomfört en fjärranalysstudie av skador på framför allt al utmed vattendrag i södra och västra Sverige. I Mörrumsån och Helge å som undersökts i studien är påvisade skador sannolikt kopplade till sommaröversvämningarna 2004 och 2007, något som varit hypotesen efter en fält- och laboratoriestudie 2010. Inte i något av dessa vattendrag kan skador påvisas i flygbilder månaden före dessa tillfällen. Skadorna har simultant drabbat bestånd som stått under vatten.

Om översvämningarna kommer att ske allt oftare i framtiden skulle det kunna få negativa konsekvenser för strandvegetationen och i förlängningen påverka växt och djurlivet i vattendrag negativt.

Ett förändrat klimat, avseende temperatur och nederbörd, påverkar både flödesbilden hos mark- och grundvatten samt nedbrytningen av organiskt material och kemiska processer i mark/markvatten/grundvattensystemet.

Högre grundvattennivåer innebär betydligt större andel markytinära grundvattenflöden på grund av att moräner har ett uppluckrat skikt med större vattengenomsläpplighet (högre hydraulisk konduktivitet) upp mot markytan. Det innebär att grundvatten i större utsträckning genomströmmar markprofilens övre delar som är anrikade på organiskt material och vissa tungmetaller. Anrikningen förstärks i utströmningsområdena i anslutning till ytvattendragen.

16.5 Marin miljö och kusten

16.5.1 Observerade och förväntade effekter

Huvuddragen av de nya scenarierna och modellkörningarna som tagits fram för IPCC:s femte bedömning bekräftar tidigare resultat vilket tyder på avsevärd temperaturökning inom Östersjön och Västerhavet vid slutet av detta århundrade. Effekterna är en minskad utbredning av istäcket, ökad tillförsel av näringsämnen men även effekter på utbredning av arter och ekosystem. Salthalten bedöms minska medan problem med syrefria bottenar och algblomningar har i vissa studier visats öka. Ett ytterligare riskmoment i detta sammanhang är även den observerade och förutspådda försurningen av haven. Det finns i många fall stora kunskapsluckor kring den samlade effekten av de variabler som påverkas av klimatförändringen.

När det gäller vindklimatet så tyder de senaste kunskapssammanställningarna snarare på en ökad osäkerhet jämfört med tidigare bedömningar.

Flera nyare kunskapssammanställningar (t.ex. IPCC, 2013; EEA, 2012; HELCOM, 2013⁵⁷) bekräftar i stort de observerade och/eller projicerade förändringarna som uppmärksammades redan i SOU 2007:60. För Östersjön och Västerhavet förväntas ökade vattentemperatur och värmehalt. Som ett resultat av ökad nederbörd och avrinning förväntas salthalten minska i Östersjön, speciellt i kustnära områden.

Den maximala utbredningen av havsisen i Östersjön har redan observerats minska och förväntas minska drastiskt i framtiden i linje med tidigare resultat från klimatsimuleringar (t.ex. HELCOM, 2013).

Den globala havsnivån har under 1993 och 2010 stigit snabbare jämfört med perioderna 1901-2010 och 1971-2010 (IPCC, 2013) och förväntas stiga till upp till en meter fram till år 2100. Den pågående landhöjningen efter den senaste istiden medför dock att den lokala havsnivåhöjningen blir lägre i de mellersta och norra delarna av Sverige. Havsnivån förväntas fortsätta stiga efter 2100 p.g.a. den termiska expansionen men det är svårt att spå hur mycket, eftersom få modeller räknar längre än till år 2100. Som jämförelse kan nämnas att för den senaste tidsperioden mellan istiderna (interglaciär, för c:a 129000 till 116000 år sedan) bedöms havsnivån ha varit mellan 5 och 10 m högre under flera årtusenden, enligt IPCC.

Miljöobservationer inom Östersjön (t.ex. Havet 2012 (Havsmiljöinstitutet, 2012), speciellt Andersson och Hansson, 2012) tyder på en ökning av problemen med syrebrist. Jämförelsen av perioderna 1960-1998 och 1999-2011 visar på en ökning av både utbredningen och volymen av syrefattiga respektive syrefria bottenar i Östersjön. Klimatmodeller (t.ex. ECOSUPPORT, 2012) tyder på att både frekvensen och längden av perioder med syrebrist kan öka i ett framtida klimat. Även antalet dagar som är gynnsamma för algblomning kan öka.

Klimat- och sårbarhetsutredningen utgick från ett ändrat vindklimat med kraftigare vindar och ett minskat antal fiskedagar i ett förändrat klimat. För detta finns dock inga starka belägg i den senaste forskningen. En analys av det svenska vindklimatet baserat på tryckobservationer (Wern och Barring, 2009) visar inga signifikanta trender för stormar i Sverige under det senaste århundradet men tyder däremot på en liten minskning av medelvindstyrkan. Även flera nyare kunskapssammanställningar är försiktiga i sina bedömningar av observerade respektive förväntade trender (t.ex. EEA, 2012; HELCOM, 2013; IPCC, 2013). HELCOM (2013) konstaterar att det inte finns någon klar bild men

⁵⁷ HELCOM 2013 bygger i stort på en pågående större vetenskaplig genomgång av klimatförändringen inom Östersjöregionen [BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin II (BACC II)] som dock inte har publicerats än.

kanske en svag tendens av en ökning av medelvinden över havet. När det gäller extremvindar är bilden ännu otydligare.

För en diskussion av havsförsurningsproblematiken se det separata avsnittet om havsförsurning i detta underlag. För en mer djupgående genomgång av observerade och förväntade klimatförändringar hänvisas till aktuella kunskapssammanställningar och forskningsrapporter (t.ex. IPCC 2013; EEA, 2012; HELCOM, 2013).

16.5.2 Bottenviken och Bottenhavet

Klimatförändringar förutspås orsaka ett ökat flöde av brunt, relativt näringsrikt sötvatten från norrlandsälvarna till Bottenviken och Bottenhavet. En vanlig och etablerad uppfattning är att ökade utsläpp av näringsämnen till havet orsakar övergödning och algbloomningar i kustområdena.

En studie visar att detta kan ifrågasättas om vattnet som flödar ut innehåller höga koncentrationer löst organiskt kol i form av humusämnen, samt kväve och fosfor (Andersson et al., 2013). I studien undersöktes om tillsats av humus kunde ändra strukturen och produktionen av den pelagiska näringsväven i havsvatten från norra Östersjön. När näringsämnen (fosfor och kväve) tillsattes till havsvattnet reagerade ekosystemet med ökad produktion inom alla delar av mikronäringsväven, med växtplankton dominerat av trådalger. När dessutom humusämnen tillsattes stimulerades främst djurplankton och bakterier (dvs. systemet blev heterotroft) och växtplankton dominerades av kulformiga picocyanobakterier. De vanliga övergödningssymptomen uppträdde alltså inte när det tillsatta vattnet var tillräckligt brunt.

16.5.3 Effekter på arter – exempel

Klimatförändringen kan innebära komplexa fysikaliska och kemiska förändringar för arter och ekosystem, effekter som i många fall är svårbedömda. För att illustrera komplexiteten ges här två exempel på klimatförändringens möjliga effekter på nyckelarter i Östersjön respektive Västerhavet.

16.5.4 Blåstång

Som tidigare beskrivits förväntas havstemperaturen öka samtidigt som havsisen både i utbredning och volym bedöms minska i Östersjön. Isfria vintrar och en tidigare vår skulle kunna ha negativa konsekvenser för blåstången (*Fucus vesiculosus*) som är en av våra viktigaste habitatbildande arter. Blåstångens förökning är känslig för förändrad temperatur. Dessutom kan tillväxten försämrans av grumlighet orsakad av ökad avrinning och större mängder växtplankton, och trådformiga alger kan konkurrera ut blåstången (t.ex. Kraufvelin et al., 2012).

16.5.5 Ålgräsängar

En aktuell rapport från projektet "Hav möter land" beskriver effekterna av klimatförändringen på ålgräs (Rasmussen et al., 2013). Ålgräs (*Zostera marina*) är en viktig art som har minskat kraftigt vid västkusten. Den växer på grunda havsbottnar likt högväxta gräsbestånd med bandlika blad av en halv till nära en meters längd. Ålgräs är viktig för en hög produktion och artrikedom i kustområdena och har även en viss stabiliserande effekt på havsbotten vilket ger ett naturligt kustskydd genom dämpning av vattenrörelse och vågor. Klimateffekterna kan vara komplexa och i vissa fall kompensera varandra. Direkta effekter såsom ökad tillförsel av koldioxid skulle kunna vara gynnsamt för ålgräset, medan fysisk påverkan (exempelvis stormar och vågor) ger en negativ effekt. Ökningen av havsvattentemperaturen anses däremot endast vara relevant vid mycket höga temperaturer och lokalt. Klimatförändringen representerar dessutom ett hot som behöver ses i samband med andra miljöhot. Behovet av analys av olika miljöhot men även deras samverkan som så kallade multipla stressorer har även lyfts i aktuella kunskapssynteser såsom HELCOM (2013). Utifrån detta resonerar Rasmussen et al. (2013) att klimatförändringen kanske inte är det största hotet mot ålgräs.

Frågeställningen blir ännu mer komplex när indirekta effekter inkluderas, något som gjorts i en studie om klimateffekterna på ålgräsängar som ett helt ekosystem (Alsterberg et al., 2013). Indirekta effekter av klimatförändringen uppträder när ett djur eller växt påverkas via klimatförändringens effekter på en annan organism. Resultaten från denna studie tyder på att effekterna till stor del styrs av olika djurs närvaro eller frånvaro, framför allt mindre algätande kräftdjur. Om inte de små algätande kräftdjuren finns i ålgräsängar, så kan klimatförändringarna komma att utgöra ett mycket större hot mot ålgräsängarna.

16.5.6 Havsförurning

Havsförurning framstår allt mer som ett långsiktigt miljöhot (t.ex. IPCC, 2013; HELCOM, 2013). Aktuella sammanfattningar av kunskapsläget (t.ex. AMAP, 2013; IGBP, IOC och SCOR, 2013) tyder på att belastningen av havet genom utsläpp av försurande ämnen (främst koldioxid på global nivå) på sikt kan leda till betydande effekter på marina organismer, ekosystem och den biologiska mångfalden. Dessa effekter kan även innebära ett hot mot miljökvalitetsmålet *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.

Bland klimatprojektionerna som har bedömts i den senaste rapporten av FN:s klimatpanel (IPCC, 2013) tyder scenarierna med höga utsläpp på omfattande och långvariga minskningar av pH, dvs. förurning av havet, vid slutet av detta sekel. En vändning av förurningstrenden spås bara i det scenario som förutsätter kraftfulla minskningar av koldioxidutsläppen (RCP2.6).

Havsförurningen förväntas ha betydande effekter på marina organismer, ekosystem och den biologiska mångfalden. Idag finns dock en stor osäkerhet om hur organismerna i havet påverkas av minskningen i pH. Även om arter som gynnas av ett lägre pH tar över när andra slås ut kommer näringsväven att se annorlunda ut. Effekterna av ökad förurning kan alltså få långtgående konsekvenser för hur ekosystemen i framtiden kommer att se ut, konsekvenser som vi idag inte kan förutse.

Forskningen tyder på att havsförurning kan påverka ett flertal processer såsom fotosyntes, tillväxt och överlevnad. Laboratorieförsök har till exempel visat på att vissa arter skulle kunna slås ut lokalt inom några få årtionden som en följd av havsförurning. Ett exempel är ormstjärnan i Gullmarsfjorden.

Marin förurning är ett förhållandevis ungt forskningsområde och många vetenskapliga utmaningar kvarstår. Tidigare arbeten har tenderat att fokusera på enskilda marina arters respons på förurning. Forskningen har kommit fram till att vissa arter är mer motståndskraftiga mot stigande surhet än andra. Utmaningen är dock att förstå hur hela ekosystem reagerar på samverkan av olika klimatrelaterade stressfaktorer, däribland temperatur, kombinerat med annan påfrestning som miljögifter och övergödning. Det behövs även mer kunskap om hur hela ekosystem reagerar på ökande surhet i ett längre tidsperspektiv. Undersökningarna behöver vara tillräckligt långa för att kunna följa generationer av organismer för att få information om vilka som dör och vilka som klarar av att anpassa sig.

Eftersom förurningen pågår samtidigt som andra miljöförändringar behöver försöken bli mer sofistikerade och realistiska. Ett exempel är så kallade studier av mesokosmer där delar av ekosystem följs under kontrollerade experimentella förhållanden. Genom dessa studier kan betydelsen av vissa ekologiska interaktioner undersökas. Det är också viktigt att övervaka såväl fysikaliska och kemiska som biologiska parametrar och att mätningar kombineras med modellering för att kunna avslöja den naturliga variationen i ekosystemen.

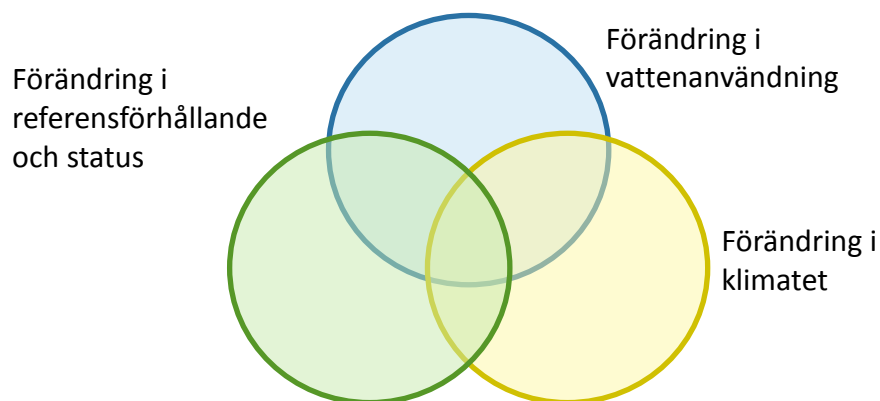
Eftersom ett flertal av de senaste vetenskapliga synteserna har utpekat människans koldioxidutsläpp som huvudkälla till den globala havsförurningen finns synergipotential med miljökvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan* inom det svenska miljömålssystemet

och det internationella tvågradersmålet. Lokalt och regionalt kan dock även andra källor och ämnen vara av betydelse (t.ex. svavelutsläpp) vilket innebär ytterligare kopplingar till miljökvalitetsmålen *Frisk luft* och *Bara naturlig försurning*.

16.6 Tvärgående frågor

16.6.1 Tvärgående frågor kopplat till vattenförvaltning

Sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen har havs- och vattenförvaltningen vidareutvecklats med EU:s ramdirektiv för en marin strategi⁵⁸ och EU:s ramdirektiv⁵⁹ för vatten som väsentliga drivkrafter. I samband med införandet av dessa direktiv har ett antal tvärgående (figur 11) problemområden och frågeställningar identifierats.



Figur 11. Tvärgående frågor kopplat till vattenförvaltning

Bland dessa återfinns klimatförändringens effekt på referensvärden och miljökvalitetsnormer som behövs för att kunna bedöma miljöns status och dess förändring med tiden. Det finns även ett behov av att kunna särskilja klimatförändringens effekter från den direkta påverkan genom mänsklig aktivitet. Behovet av detektering och attribution av förändringar ställer i sin tur utökade krav på miljöövervakningen både när det gäller antalet parametrar som behöver övervakas och långsiktigheten i övervakningen.

Det har tillkommit en del ny kunskap som berör värderingar av vattenrelaterade miljöeffekter bland annat när det gäller värdet av dricksvatten, åtgärder för minskad övergödning och kostnaden orsakad av invasiva främmande arter.

Både i Sverige och inom EU förespråkas att externa effekter ska internaliseras för att ge rättvisande prissignaler ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

16.6.2 Referensförhållande inom ekologisk och kemisk status

Klimatförändringar kommer påverka statusklassningen på längre sikt. All statusklassning utgår från ett fastställt referensförhållande som oftast förutsätts gälla under en förvaltningscykel. Om nederbörden och temperaturen förändras kommer detta påverka referensförhållandet. I många fall har vi ännu inte så detaljerade modeller att vi kan förutsäga förändringarna på vattenförekomstnivå eller i mindre avrinningsområden. Om referensförhållandet förändras finns det risk att förändringar enligt bedömningsgrunder härleds felaktigt till mänskliga påverkanstryck.

⁵⁸ EU ramdirektiv för en marin strategi (2008/56/EC): http://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm

⁵⁹ EU ramdirektiv för vatten (2000/60/EG): http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

Det finns behov av att utifrån klimatscenarier ta fram vägledning för hur förändrade referensförhållanden kan se ut och hur de ska hanteras inom vattenförvaltningen. Detta relaterar till Artikel 4 i EU:s ramdirektiv för vatten.

16.6.3 Risk för försämring av status

Klimatförändringarna kan påverka såväl kemisk som ekologisk status på många sätt. Följande får ses som ett exempel på några av de effekter på statusen som kan uppstå i ett förändrat klimat. Mycket tyder på att klimatförändringarna kommer leda till ökad nederbörd, framför allt vintertid, men med torrare somrar. Detta kan påvisas redan idag även om avrinningen inte alltid har ökat på grund av ökad skogsareal. Ökad nederbörd och temperatur kan leda till ökad mobilisering av tungmetaller, till exempel kvicksilver i skogen, direkt eller indirekt genom ökat behov av markavvattning och större uttag av skogsbränslen. Detta leder till påverkan på kemisk status. Även ökad transport av finmaterial från erosion kan leda till statusförsämring i vattendrag och sjöar. Inom jordbruket kan ökad nederbörd innebära ökad risk för ytavrinning och näringsläckage som i sin tur leder till försämrade ekologisk status. Ökad avrinning innebär att vattendragen kommer att börja anpassa sin morfologi till det nya hydrologiska tillståndet. Det kan därför förväntas att vattendragen men också sjöarna blir hydromorfologiskt mer aktiva.

Ökad nederbörd och minskad tjäle vintertid innebär att vi får en förändring i relationen mellan grundvattnet och ytvattnet. Vid höga nederbördstillfällen finns det ökad risk att grundvattenförekomster kontamineras. Varmare klimat kan leda till ökad bakterietillväxt, vilket i sin tur ställer ökat krav på rening och hygien i hela kedjan för dricksvattenförsörjning. Detta kan i sin tur leda till ökat behov av reservvattentäkter och ökat skydd för befintliga vattentäkter. Med minskad nederbörd sommartid kan brist på grundvatten uppstå, vilket kan påverka dricksvattenförsörjningen men också grundvattenberoende ekosystem.

Högre temperatur sommartid kan leda till att man snabbare når syrefattiga förhållanden i sjöar och vattendrag jämfört med tidigare. För kustvattenförekomsterna kan näringsstatusen försämrans genom ökad uttransport av näring genom inlandsvatten samtidigt som havet värms upp tidigare och under längre period. Risk för algblomning kan därför öka. För det kustnära området kan ökad stormfrekvens och intensivare vågklimat innebära ökad erosion längs kusten men också påverkan och omblandning av bottenmiljöerna.

Ökad nederbörd, framför allt i form av intensiva regntillfällen sommartid kan leda till betydande översvämningar. I de flesta fall sker dessa i områden som redan i dag översvämmas, men det finns risk för ökat antal översvämningar i samband med snabb snösmältning och isdammar i norra Sverige. Kraftigare översvämningar kan leda till breddning av reningsverk med omfattande påverkan på vattenkvalitén, mobilisering av miljögifter i förorenade områden, ökad uttransport av slam och miljögifter genom dagvattensystem.

När det gäller miljögifter så finns ett antal möjliga kopplingar till klimatförändringen, t.ex.:

- Ökad nederbörd ger ökat utflöde och därmed en större risk för att mer miljöfarliga ämnen når vattendragen från städer.
- Ökad nederbörd ger utökad urlakning ur jordar och från t.ex. kopparkoppar och andra stora ytor.
- Ökade flöden och stormar kan frilägga gamla synder som ligger begravda i sediment både i sjöar och kustnära områden.

- Förändrad biologisk aktivitet, dvs. andra arter, kan också frigöra ämnen som ligger begravda i sediment.

Med varmare klimat ökar risken för spridning av främmande arter både i inlandsvatten och kust- och övergångsvatten. Vi har redan sett effekter av detta problem i Sverige. Det är svårt att förutsäga vilka arter det handlar om, men det är viktigt att ha framförhållning och beredskap för detta. Främmande arter kan mycket väl sänka statusen för en vattenförekomst.

Avseende kemisk och ekologisk status finns behov av en sammanfattning av de långsiktiga effekterna av klimatförändringar på ekologisk och kemisk status i vattenmiljöerna, samt en analys hur dessa förändringar kan särskiljas från de förändringar som uppstår från mänsklig aktivitet. Det finns också behov av att utifrån nuvarande miljöövervakning säkerställa att det går att påvisa närvaro av de fysikaliska, kemiska, hydromorfologiska och ekologiska förändringar, som kan förväntas i ett förändrat klimat.

16.6.4 Samhällsekonomiska aspekter

Det har kommit en del ny kunskap när det gäller värderingar av vattenrelaterade miljöeffekter bland annat när det gäller värdet av dricksvatten, åtgärder för minskad övergödning och kostnaden av invasiva främmande arter.

Både i Sverige och inom EU förespråkas att externa effekter ska internaliseras för att ge rättvisande prissignaler ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Enligt EU:s ramdirektiv för vatten ska medlemsländerna tillämpa polluter pay principle (PPP) vid prissättning av vattentjänster. Sverige m.fl. länder har fått kritik för att vi gjort en för snäv definition av vad som är en vattentjänst och därmed inte fullt ut följer direktivets krav på användande av PPP.

Det har kommit rapporter som visar på att kommunerna i vissa fall har bristfällig kunskap om behovet av att vidta klimatanpassningsåtgärder. En majoritet av de kommunchefer och kommunpolitiker som i en enkätundersökning angav att de är osäkra på om det faktiskt sker en klimatförändring angav också att de inte har behov av ytterligare information (FOI, 2012). Det pekar på ett behov av tydligare statlig styrning.

16.6.5 Styrmedel

I detta avsnitt sammanfattas i punktform ny kunskap och i vissa fall pågående forskning om styrmedel.

- Vattendirektivet inkluderar prissättning som styrmedel för att fånga miljökostnaderna av vattenanvändningen, dvs. principen om att förorenaren betalar. I Europeiska Kommissionens strategi Water Blueprint (Blueprint to safeguard Europe's waters) från 2013 nämns att EU vill införa en gemensam metod för att beräkna kostnadspåslagen för en mer effektiv vattenhushållning ska nås. Handelssystem för vattenrättigheter nämns också som ett effektivt styrmedel, främst för floder. Möjlighet till att söka finansiellt stöd för vattenhanteringsprojekt nämns som viktigt, men som en möjlighet först efter att prissättning införts. Om frivilliga initiativ i medlemsstaterna inte är tillräckliga, övervägs tillägg till Vattendirektivet för att skapa bindande krav (Europeiska Kommissionen, 2013).
- Sverige har fått ett antal rekommendationer om vad som behöver förbättras i implementeringen av Vattendirektivet, bland annat att cost recovery av vattentjänster ska vara transparent, inkludera fler vattentjänster och att de ska inkludera kostnader för miljö- och resurspåverkan. Tydliggörande av principen att förorenaren ska betala (PPP). (Europeiska Kommissionen, 2012)

- Införlivandet av EU:s direktiv för inre vattenvägar i Sverige (år 2013, definitioner dock ej satta av Transportstyrelsen än) kan öppna upp för en ny typ av fartygstrafik (bland annat pråmar). Dessa fartygstyper har lägre säkerhetskrav än fartyg ämnade för havsgående trafikering, dock har de striktare bränslekrav. (Sveriges riksdag, 2013)
- Reglerna för strandskyddsdispenser har ändrats och de administreras nu av kommunerna. Det finns en utvärdering av strandskyddet som gjorts av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2009).
- Två forskningsrapporter vi hittat pekar på att kunskap om klimatförändringar och om behovet av anpassningsåtgärder är bristfälligt hos beslutsfattare i många kommuner (FOI, 2012; Glaas, 2013). FOI-rapporten pekar också på att många kommunala beslutsfattare inte anser att de behöver mer kunskap om detta. Glaas-rapporten lyfter behov av starkare nationell styrning och tydligare nationella mål.
- OECD (2008) har tagit fram en handbok för att genomföra regleringskonsekvensbeskrivningar (RKB), för att öka transparensen i beslutsfattandet. Om slutsatsen av RKB:n innebär införandet av en ny reglering krävs en fördjupad samhällsekonomisk konsekvensanalys (VTI, 2013).

16.6.6 Värdering

Sociala kostnaden av koldioxid och diskonteringsränta: Ekonomiska modeller är mycket känsliga för diskonteringsräntan som påverkar framtida generationers värden. En hög diskonteringsränta leder till att långsiktiga effekter värderas väldigt lågt. (Heal and Miller, 2014). När det gäller klimatanpassning handlar det ofta om att ta stora kostnader på kort sikt för att få stora nyttor på lång sikt. Med de diskonteringsräntor som rekommenderas idag (t.ex. 3,5% av ASEK inom transportsektorn (Trafikverket, 2012)) så värderas en nytta på en miljard kr om 100 år till 32 miljoner kr idag. En investering idag på 40 miljoner kr för att få nyttan på 1 miljard (fasta priser, dvs. inflation borträknat) om 100 år är alltså inte samhällsekonomiskt lönsam. Därför har det av ett antal forskare inom miljöekonomi argumenteras för att använda en avtagande diskonteringsränta i samhällsekonomiska analyser (t.ex. Arrow m.fl., 2013).

I SOU 2007:60 har ett antal skadestadsberäkningar genomförts för olika naturolyckor. Det saknas dock flera värderingar och/eller kvantifieringar av externa effekter (miljöeffekter m.m.). I rapporten finns inte heller kvalitativa resonemang om dessa effekter och den värdeförlust det kan medföra, t.ex. effekter av ökad mängd invasiva främmande arter, ökad övergödning och havsförsurning (t.ex. ökad urlakning av miljögifter i sediment) inklusive icke-användarvärden som värdet av att veta att framtida generationer kan använda en naturresurs i framtiden och existensvärdet av en naturresurs. I vissa fall finns det idag ett bättre faktaunderlag. Flertalet värderingsstudier har genomförts sedan 2007, bland andra:

- övergödning i Östersjön (Havs- och Vattenmyndigheten, 2013; Naturvårdsverket, 2009)
- kostnaden för några främmande invasiva arter i Sverige (Gren m.fl., 2009)
- metod för värdering av grundvatten som dricksvattenresurs (Källgården och Nicolaisen, 2010)
- den samhällsekonomiska kostnaden vid *Cryptosporidium* i dricksvattnet i Östersund 2010 uppskattas till 220 miljoner kr (FOI och Livsmedelsverket, 2011)
- Chalmers DRICKS-projektet. Mälaren värderas som helhet till 40 miljarder kr varav dricksvattenförsörjningen värderas till 1,4 miljarder kr per år (Morrisson, 2009).
- I Köpenhamns klimatanpassningsplan finns uppskattningar av den samhällsekonomiska kostnaden av ett 20-års regn och ett 100-års regn 2010

respektive 2110 utan klimatanpassning samt nettokostnader av klimatanpassningsåtgärder (Köpenhamn, 2010).

- Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) gav ett antal rekommendationer för fortsatt forskning. Ett av förslagen var instiftandet av forskningsprogrammet Mistra-SWECIA (Swedish Research Programme on Climate, Impact and Adaptation)⁶⁰ och ett annat var Stockholm Resilience Centre⁶¹. Inom ramen för Mistra-SWECIA har bland annat följande studerats: Optimal beskattning av fossila bränslen; Klimatet och ekonomin; Uncertainty, climate change and the global economy; Linking climate, economy and ecosystem models. Från Stockholm Resilience Centre kan nämnas: Towards a sustainable water future: shaping the next decade of global water research; Social learning towards a more adaptive paradigm? Reducing flood risk in Kristianstad municipality, Sweden.

16.6.7 Globala initiativ för beräkning av kostnader och nytta av klimatanpassning

Global Commission on the Economy and Climate⁶²: Representanter från Storbritannien, Norge, Sverige, Indonesien, Sydkorea, Colombia och Etiopien ska fortsätta på den väg som Sternrapporten stakade ut. De ska räkna på vad klimatförändringarna kommer att kosta framöver och vad vi tjänar på förebyggande insatser. Nicholas Stern ska utvärdera resultatet (kallas av vissa för Stern 2.0.). Rapporten ska publiceras i september 2014.

16.7 Anpassningsåtgärders påverkan på miljömål

Forskning från KTH visar att det moderna jordbruket bidrar till förändrade vattendrag där bland annat den totala vattendragslängden minskat och naturliga flödeshinder har tagits bort. Våtmarker kan jämna ut höga flödesnivåer och fungera som vattenhållande magasin, men dessa har i stor utsträckning dikats ur för att kunna odlas. Utdikningar som görs för att slippa översvämningar i ett område riskerar att flytta problemen nedströms.

Miljö kvalitetsnormerna har i de flesta fall bedömts vara möjliga att uppfylla till 2021 och i vissa fall 2027. Klimatförändringarna kommer dock innebära att en rad drivkrafter och därmed påverkanstryck kommer att förändras. Ökad nederbörd kommer att öka behovet av markavvattning i såväl skogsbruket som jordbruket. Detta kan leda till att det i vissa fall blir svårt att uppnå normerna till den fastställda tidpunkten genom ökad fysisk påverkan och förändrad vattenkvalité. I vissa fall måste vi beakta mindre stränga krav eller kraftigt modifierade vatten.

Det finns en rad sekundära effekter som uppstår i ett förändrat klimat. Med varmare klimat kommer produktionen i skogs- och jordbruk sannolikt öka. Förutom ökad tillväxt kommer också både tillväxt- och odlings säsongen att förlängas. Det kommer innebära en möjlighet för Sverige men kan samtidigt innebära att påverkanstrycken på vattenförekomsterna sannolikhet ökar, till exempel genom ökad gödsling, ökade markskador i form av kompaktion av jorden, men också ökad mängd bekämpningsmedel. Bristen på tjäle vintertid kan öka risken för körskador. I södra Sverige förväntas nederbörden sommartid minska vilken kan leda till ekologisk vattenbrist på grund av allt för omfattande markavvattning. Minskad tillgång på vatten sommartid kan innebära att samma vatten cirkuleras fler gånger, något som kan öka halten av persistenta miljögifter.

Mer frekventa perioder sommartid med kraftig åsknederbörd kan leda till ökad ytavrinning av både sediment och näringsämnen ut till vattendrag och sjöar.

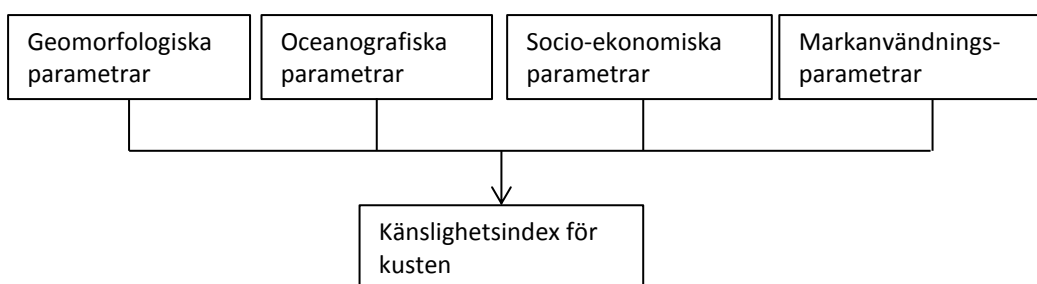
⁶⁰ <http://www.mistra-swecia.se/>

⁶¹ <http://www.stockholmresilience.org/>

⁶² <http://newclimateeconomy.net/content/global-commission>

Ökad frekvens av översvämningar kan leda till ökat behov av översvämningsskydd av olika former som i sin påverkar möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormen. Det kan bli aktuellt att i vissa fall ändra MKN till kraftigt modifierade vatten om den samhällsekonomiska avvägningen visar att skydden måste bibehållas eller öka i omfattning.

En havsytehöjning motsvarande 80 cm får omfattande påverkan på framför allt de två södra vattendistrikten. Den geografiska definitionen på kustvattenförekomster blir i detta sammanhang en intressant fråga. Med ökad stormfrekvens och intensivare stormar kan vi förvänta större påverkan på det grunda vattenområdet och de kustnära landområdena. Flera länder, bland annat Nya Zeeland har tagit fram känslighetsindex för bland annat kusten med också inlandsvatten (figur 12).



Figur 12. Exempel på innehållet i ett känslighetsindex för klimatförändringar i kusten från Nya Zeeland.

Inom vattenkraften, som idag är den absolut största källan till påverkan i inlandsvatten, kommer produktionen att öka med upp till 15 %. Norge inkluderar redan idag den ökade produktionen i vattenkraften i sin prioritering av åtgärder som en del i villkorsrevisioner. En del av det ökade vattenflödet, till följd av klimatförändringarna, kan användas för produktion av el men en del kan användas för att återskapa ekologiska flöden.

Utifrån ovanstående resonemang finns det behov att sammanställa vilka risker, men också möjligheter, en framtida klimatförändring kan innebära för möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormerna och hur man ska beakta detta i den ekonomiska analysen som ska genomföras i vattenförvaltningen.

Klimatförändringen representerar ett hot som behöver ses i samband med andra miljöhot. Behovet av analys av olika miljöhot men även deras samverkan som så kallade multipla stressorer bör lyftas fram i kunskapsynteser.

Analys av klimatförändringars effekt på referensvärden och miljö kvalitetsnormer krävs för att kunna bedöma miljöns status och dess förändring med tiden. Det finns även ett behov att kunna särskilja klimatförändringens effekter från den direkta påverkan genom mänsklig aktivitet.

Det finns behov av att utifrån klimatförändringsscenarier ta fram vägledning för hur förändrade referensförhållanden kan se ut och hur de ska hanteras inom vattenförvaltningen. Detta relaterar till Artikel 4 i vattendirektivet.

Det finns även behov av en sammanfattning om de långsiktiga effekterna av klimatförändringar på ekologisk och kemisk status i vattenmiljöerna, samt en analys hur dessa förändringar kan särskiljas från de förändringar som uppstår från mänsklig aktivitet.

17 Omvärlds/säkerhetsanalys

Klimat- och sårbarhetsutredningen berörde endast översiktligt vilka förändringar i omvärlden som är att vänta avseende pågående klimatförändringar liksom vilka säkerhetsutmaningar klimatförändringarna kan ha. Idag finns en stor mängd forskningslitteratur om dessa områden samt flera försök till översikter. Säkerhetsutmaningar kopplat till klimatförändringar behandlas i ett eget kapitel i 2014 års WGII-rapport från IPCC (IPCC, 2014). Riskperspektivet har också växt fram under senare år och behandlas i rapporten. Man kan därmed säga att kunskapsläget har förändrats radikalt sedan 2007, men området utmärks av många metodologiska utmaningar liksom teoretisk ”omognad”. Det är även mycket få studier som har analyserat hur förändringarna i omvärlden kan påverka förhållandena i Sverige och av de studier som gjorts är ingen av mer omfattande karaktär (Naturvårdsverket, 2010; Mobjörk, 2011; Mobjörk et al., 2010; Mobjörk och Simonsson, 2011; Mobjörk och Carlsen, 2013; Lorentz and Haraldsson, 2014).

17.1 Pågående arbeten

Vid SLU bedrivs två forskningsprogram, *Future Forests*⁶³ och *Future Agriculture*⁶⁴ (Öborn m. fl., 2011), som inkluderar en framtidsinriktad analys av hur klimatförändringarna kan påverka det svenska skogsbruket respektive jordbruket på sikt. Vid MSB sker även en del arbeten kopplat till klimatförändringar, särskilt väderhändelser, och krisberedskap. Kritisk försörjning och kritiska beroenden utgör också områden som behandlas, vilka till viss del inkluderar ett klimatförändringsperspektiv. FOI stödjer i olika omfattning dessa arbeten. SEI medverkar i ett EU-projekt som sätter fokus på vilka effekter mer omfattande klimatförändringar kan innebära för Europa. Mer omfattande klimatförändringar behandlas även i ett projekt vid FOI med fokus på vilka pågående arbeten som bedrivs hos EU:s medlemsstater. Det Nordiska rådet har även intresserat sig för mer omfattande klimatförändringar och vad dessa betyder för de nordiska länderna. Inget analysarbete är dock utfört.

17.2 Kunskapsbehov

Överlag saknas kunskaper om vilka konsekvenser klimatförändringarnas indirekta effekter kan få för Sverige (t.ex. för olika sektorer, men också ifråga om beroenden och upprätthållandet av samhällets funktionalitet). Kunskaper om vilka följd effekter som sker ifråga om den politik Sverige för, saknas även. För att analysera dessa frågor behöver utgångspunkten tas i den interaktion som finns mellan händelser både inom och utanför Sveriges gränser liksom utsträckt över tid. Vilka effekter mer omfattande klimatförändringar kan få på Sverige är också en central fråga att analysera.

För att analysera klimatförändringarnas indirekta effekter så ställs man inför en rad metodmässiga utmaningar, som behöver bli bättre belysta. Ett par studier har behandlat frågeställningar kring metodik och metodansatser (exempelvis Hallding et al., 2013; Sonnsjö och Mobjörk, 2013). Med avseende på säkerhetsutmaningar kopplat till klimatförändringar är det centralt att uppmärksamma vilka säkerhetsperspektiv som används, vilket också delvis kan förklara varför forskningen i detta område delvis ter sig motsägelsefull. Likaså behöver analyserna ta fasta på eventuella skillnader ifråga om hur förändringar sker (t.ex. abrupt eller gradvis).

Kunskapsammansättning behöver även göras över den kvalitativt inriktade forskningen om klimatförändringarnas säkerhetskonsekvenser. Hittills har kunskapsammansättningar endast gjorts för kvantitativa analyser, vilka anses ha

⁶³ <http://www.futureforests.net/>

⁶⁴ <http://www.slu.se/en/collaborative-centres-and-projects/future-agriculture/>

åtskilliga metodmässiga svagheter, särskilt ifråga om att kunna analysera de indirekta effekternas roll samt samverkande faktorer.

Risk- och säkerhetsperspektivet har växt fram under senare år, men präglas av utmaningar avseende metoder. Mycket få studier behandlar förhållanden i Sverige.

18 Referenser

- Aastrup, M., Thunholm, B., Sundén, G. och Dahné, J. (2012). *Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten*. SGU-rapport 2012:27. http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2012-27.pdf
- Adrian, R., O'Reilly, C.M., Zagarese, H., Baines, S.B., Hessen, D.O., Keller, W., Livingstone, D.M., Sommaruga, R., Straile, D., Van Donk, E., Weyhenmeyer, G.A. and Winder, M. (2009). *Lakes as sentinels of climate change*. *Limnology and Oceanography* 54(6, part 2):2283–2297.
- Albihn, A., Wahlström, H. och Lindström, A. (2009). Kunskapssammanställning till "Djursmittoutredningen". *Klimatförändringens påverkan på zoonoser och infektionssjukdomar – av betydelse för animalieproduktionen i Sverige*. I Ny ansvarsfördelning mellan stat och näring, SOU 2010:106, bilaga 7. Landsbyggsdepartementet.
- Albihn, A., O'Hara Ruiz, M. and Gustafsson, H. (2012). *Impact of climate changes on the health of wildlife, domestic animals and ecosystems*. In: *Ecosystem Health and Sustainable Agriculture Module 2. Ecology and Animal Health*, Eds: L Norrgren, JM Levensgood, Part I, pp. 311-328. Elanders, Uppsala, Sweden.
- Alm, E., Edler, S., Edsgård, S., Eklund, A., Hägglund, E., Lind, B., Lundqvist, A., Johansson, T., Munther, M., Näslund-Landenmark, B., Rydell, B. och Söderlund, S. (2007). *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*. Underlagsrapport B 14 till Klimat- och sårbarhetsutredningen.
- Alsterberg, C., Eklöf, J.S., Gamfeldt, L., Havenhand, J.N. and Sundbäck, K. (2013). *Consumers mediate the effects of experimental ocean acidification and warming on primary producers*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. <http://www.pnas.org/content/early/2013/04/26/1303797110.abstract>
- AMAP (2013). *AMAP Assessment 2013: Arctic Ocean Acidification*. *Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, Norway. viii + 99 pp. <http://www.amap.no/documents/doc/AMAP-Assessment-2013-Arctic-Ocean-Acidification/881>
- Andersson, T. (2009). *Ansvar vid naturolycka*. Rapport upprättad åt MSB av Wistrand Advokatbyrå. <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/25368.pdf>
- Andersson L., Alberth J. and van Riper F. (2013). *Stakeholder Input from the Tourism and Agricultural Sectors to the Baltadapt Strategy and Action Plan on Adaptation to Climate Change in the Baltic Sea Region*. Baltadapt report #10. Danish Meteorological Institute, Copenhagen. http://www.baltadapt.eu/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=55&Itemid=269
- Andersson, J.-O., Blumenthal, B. och Nyberg, L. (2013). *Kartering av översvämningsrisker vid Vänern*. Centrum för klimat och säkerhet. Rapport 2013:1, Karlstads Universitet.
- Andersson, L. och Hansson, M. (2012). *Rekordstor utbredning av syrefria bottnar i Östersjön*. *Havet* 2012, s37-42.
- Andersson, A., Jurgensone, I., Rowe, O-F., Simonelli, P., Bignert, A., Lundberg, E. and Karlsson, J. (2013). *Can humic water discharge counteract eutrophication in coastal waters?* *PLOS ONE*, pp 8, 4, c 61293. DOI: 10.1371/journal.pone.0061293 (MG 1174).

- Andersson, L., Schoning, K., Wiman, S., Ledwith, M. och Lindeberg, G. (2012). *Ny Nationell Höjdmmodell vid havsnivåhöjningar - Analyser av översvämningsrisk och bedömning av erosionskänslighet i strandzonen*. Publ.nr: MSB361.
<https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26212.pdf>
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. och Rosberg, J. (2011). *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring – metodutveckling och scenarier*. Elforsk rapport 11:25. Stockholm.
http://www.elforsk.se/Rapporter/?download=report&rid=11_25_
- Andréasson, J., Gustavsson, H. och Bergström, S. (2011). Projekt Slussen – Förslag till ny reglering av Mälaren. SMHI Rapport nr 2011-64, Norrköping.
<http://www.stockholm.se/Fristaende-webbplatser/Fackforvaltningssajter/Exploateringskontoret/NyaSlussen/Om-projektet/Formella-dokument/Miljodomsansokan/>
- Arrow, K., Cropper, M., Gollier, C., Groom, B., Heal, G., Newell, R., Nordhaus, W., Pindyck, R., Pizer, W., Portney, P., Sterner, T., Tol, R.S.J., and Weitzman, M. (2013) *Determining Benefits and Costs for the Future Generations*, Policy forum Environmental Economics, Science 26, Vol. 341, no. 6144, pp. 349-350, 2013.
- Arvidsson, A.K., Blomqvist, G., Erlingsson, S., Hellman, F., Jägarbrand, A. och Öberg G. (2012). *Klimatanpassning av vägkonstruktion, drift och underhåll*. Ett temaprojekt. VTI rapport 771.
- Ayres, J.G., Forsberg, B., Annesi-Maesano, I., Dey, R., Ebi, K.L., Helms, P.J., Medina-Ramón, M., Windt, M. and Forastiere, F. (2009). *Climate change and respiratory disease: European Respiratory Society position statement*. *Eur Respir J* 34: 295-302.
- BalticStern (2013). *The Baltic Sea – Our Common Treasure. Economics of Saving the Sea*.
<https://www.havochvatten.se/download/18.2a9b232013c3e8ee03e6bde/1363349789482/t-he-baltic-sea-our-common-treasure>
- Beredskabsstyrelsen (2012). *Redegørelse vedrørende skybruddet i Storkøbenhavn lørdag den 2. juli 2011*. Institut for Beredskabsvaluering, Köpenhamn.
<http://brs.dk/beredskab/Documents/Redeg%C3%B8relse%20om%20skybruddet%20i%20Stork%C3%B8benhavn%202.%20juli%202011.pdf>
- Bergdahl, K., Cederbom, C. och Göransson, G. (2013). *Prioritering av områden för skredriskanalys. Klimatanpassningsanslag 2013*. Statens geotekniska institut. Publikation 6; 2013, 20 p
- Bergmark, M. (2011). *Klimatsäkring pågår*. Klimatanpassa Sundsvall – Slutrapport. Sundsvalls kommun. <http://www.sundsvall.se/klimatanpassa>
- Bergström, A.K., Faithfull, C., Karlsson, D., and Karlsson, J. (2013). *Nitrogen deposition and warming - effects on phytoplankton nutrient limitation in subarctic lakes*. *Glob Chang Biol*. 19(8):2557-68. DOI:10.1111/gcb.12234.
- Bergström, S. (2012). *Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012*. SMHI Klimatologi, nr 5, Norrköping.
- Bergström, S., Andréasson, J., Asp, M., Caldarulo, L., German, J., Lindahl, S., Losjö, K. och Stensen, B. (2010). *Fördjupad studie rörande översvämningsriskerna för Väneren – slutrapport*. SMHI-rapport 2010-85.
- Bergström, S. och Eklund, A. (2013). *Effekterna av ändrad tappning från Väneren*. SMHI Rapport nr 2013-10, Norrköping.

- Blad, L., Maxe, L. och Källgården, J. (2009). *Vattenförsörjningsplan – identifiering av vattenresurser viktiga för dricksvattenförsörjning*. SGU-rapport 2009:24. http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2009-24.pdf
- Botkyrka kommun (2011). *Beredskap vid värmeböljor i Botkyrka kommun*. <http://www.foi.se/Global/Kunder%20och%20Partners/Projekt/Climatools/Rapporter%20och%20artiklar/RapportV%3%a4rmeb%3%b6ljaBotkyrka%5b1%5d.pdf>
- Boverket, (2009a). *Bygg för morgondagens klimat. Anpassning av planering och byggande*. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Bygg_f%C3%B6r_morgondagens_klimat.pdf
- Boverket, (2009b). *Bygg klimatsäkert. Anpassning av planering och byggande*. http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2009/Bygg_klimatsakert.pdf
- Boverket, (2010). *Klimatanpassning i planering och byggande - analys, åtgärder och exempel*. <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2011/klimatanpassning-i-planering-och-byggande-webb.pdf>
- Boverket (2011). *God bebyggd miljö – förslag till nytt delmål för fukt och mögel*. <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/2011/God-bebyggd-miljo--forslag-till-nytt-delmal-for-fukt-och-mogel/>
- Carlsen, H., Dreborg, K.-H., Edvardsson Björnberg, K., Rocklöv, J. och Vredin Johansson, M. (2009). *Hälsokonsekvenser av extrem värme i Umeå-regionen*, FOI-R--2811--SE, september 2009. http://www.foi.se/Global/Kunder%20och%20Partners/Projekt/Climatools/Rapporter%20och%20artiklar/Halsokonsekvenser_Umearegionen.pdf
- Carlsson-Kanyama, A., Bergquist, A., Johansson, A.-K., Johansson, A., Knutsson, I., Linell, A. och Öberg, H. (2009). *Att använda geografisk information vid väderkriser för att bistå sårbara grupper i ett förändrat klimat*. FOI-R--2762—SE. http://www.foi.se/ReportFiles/foir_2762.pdf
- Carlsson-Kanyama, A., Nordell, O. och Lindahl, M. (2010). *Konsekvenser av besvärligt väder i Landskrona, en lokal climateffektprofil - ett utkast*. Landskrona kommun och FOI, nov 2010.
- Carlsson-Kanyama, A., Ekman, H., Ljungh, M. och Molander, I. (2011). *Höj beredskapen för värmeböljor - en vägledning*. FOI-R--3387--SE, december 2011. http://www.foi.se/Global/Kunder%20och%20Partners/Projekt/Climatools/Rapporter%20och%20artiklar/Hoj_beredskapen_for_varmeboljor.pdf
- Carlsson-Kanyama, A., Mossberg Sonnek, K. och Harriman, D. (2011). *Konsekvenser av värmeböljan i juli 2010. En mediainventering för Skåne och Mälardalen*. FOI-R--3150--SE, januari 2011. http://www.foi.se/ReportFiles/foir_3150.pdf
- Chenais, e., Ståhl, K., Frössling, J., Blomqvist, G., Näslund, K., Svensson, L., Renström, L., Mieziowska, K., Elvander, M. and Valarcher, J.F. (2013). *Schmallenberg Virus beyond Latitude 65°N*. *Transbound Emerg Dis*. 2013 Dec 11. doi: 10.1111/tbed.12195
- Climate TRAP. (2014). *Climate-TRAP. Training, Adaptation, Preparedness of the Health Care System to Climate Change*. <http://www.meduniwien.ac.at/umwelthygiene/hanns.moshhammer/climatetrap/new-page.html>
- ECOSUPPORT (2012). *Different Ecosystem Drivers Under Future Climate Scenarios in the Baltic Sea*. *Ambio* 41:6 (2012). Special Issue. <http://link.springer.com/journal/13280/41/6/page/1>

- EEA (2012). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report*. EEA Report No 12/2012, Copenhagen, Denmark.
<http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>
- Elforsk (2013). *Konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar*. Elforsk rapport 13:97.
- Europeiska Kommissionen (2012). *Commission staff working document, Member state: Sweden, Accompanying the document Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans, Brussels, 14.11.2012 SWD(2012)396 final*. http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/pdf/CWD-2012-379_EN-Vol3_SE.pdf
- Europeiska Kommissionen (2013). *A Water Blueprint for Europe*.
http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/pdf/brochure_en.pdf
- FOI (2012). *Kommunpolitikens och kommuncheferns syn på klimatförändring och anpassningsbehov*. Resultat från en enkätundersökning, FOI.
- FOI och Livsmedelsverket (2011). *Cryptosporidium i Östersund vintern 2010/2011, konsekvenser och kostnader av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott*.
http://www.slv.se/upload/dokument/livsmedelsforetag/dricksvatten/cryptosporidier_i_ostersund_vintern_2010_2011.pdf
- Forsberg B. (2009). *Klimatförändring och hälsorelaterad miljöövervakning*. Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporterar 2009:1.
- Future Forest (2014). *Klimatförändringen ställer nya krav på styrningen av skogen*.
<http://www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/future-forests/nyheter-fran-future-forests/2014/2/klimatforandringen-staller-nya-krav-pa-styrningen-av-skogen/>
- George, O., (2009). *Murberget. Länsmuseum Västernorrland. Rapport över erosions-skadade fornlämningar*. Rapport 2009:5. Delrapport 1 inom projektet hotade kulturmiljöer längs Västernorrlands älvar.
http://collectiveaccess.murberget.se/media/ylm_ca_system/images/4/0/1/40703_ca_object_representations_media_40128_original.pdf
- Glaas, E. (2013). *Reconstructing Noah's ark, Integration of climate change adaptation into Swedish public policy*. Linköping University.
- Goedkoop, W. och Angeler, D. (2011). *Biologiska och vattenkemiska förändringar i arktiska och arktisk/alpina sjöar*. Institutionen för vatten och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 2011:7.
- Grahn, T. (2011). *Metodik konsekvensbedömning – Kulturarv*. Göta älvutredningen – delrapport 24:2011. Statens Geotekniska Institut, Linköping.
http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Gota%20alvutredningen/GAU_delrapport_24.pdf
- Gren, I-M., Isacs, L., and Carlsson. M., (2009). *Costs of alien invasive species in Sweden*. *Ambio* 38(3):135-141
- Gudasz, C., Bastviken, D. Steger, K. Premke, K., Sobek, S. and Tranvik, L.J. (2010). *Temperature-controlled organic carbon mineralization in lake sediments*. *Nature* 466: 478-481.
- Gustafsson, E. (2014). *Totalstopp i vägtrafiken orsakat av naturrelaterade händelser mellan 2007 och 2013*. Exempel på hur totalstoppstatistik kan användas som riskidentifieringsmetod med hänsyn till klimatförändringar, Trafikverket.

Göteborgs stad (2009). *Extrema väderhändelser. Fas 2 (2009). Fallstudie Gullbergsvass.* Stadsbyggnadskontoret, Göteborg.

Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L. och Sjökvist, E. (2014). *Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier.* Elforsk rapport 14:27. http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=14_27_

Hallding, K., Eriksson, A.E., Mobjörk, M., Nilsson, M., Alfredsson, E., Skånberg, K., Sonnsjö, H., Benzie, M., Carlsen, H. and Kemp-Benedict, E. (2013). *Sweden in a World of Growing Uncertainties: A Green Economy for Robust Development.* Background report for the Commission on the Future of Sweden, SEI and FOI.

Havsmiljöinstitutet (2012). *Havet 2012. Om miljötillståndet i svenska havsområden.* http://www.havsmiljoinstitutet.se/digitalAssets/1391/1391098_havet_2012_121126.pdf

Havs- och Vattenmyndigheten, Baltic STERN (2013). *The Baltic Sea – Our Common Treasure, Economics of Saving the Sea.* Rapport 2013:4. http://www.stockholmresilience.org/download/18.4531be2013cd58e844853b/1381790136604/BalticSTERN_The+Baltic+Sea+-+Our+Common+Treasure.+Economics+of+Saving+the+Sea_0314.pdf

Heal, G. and Millner, A. (2014). *Agreeing to disagree on climate policy*, PNAS, 111, 10, pp. 3695-3698. <http://www.pnas.org/content/111/10/3695.abstract.html?etoc>

HELCOM (2013). *Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013.* Balt. Sea Environ. Proc. No. 137. <http://helcom.fi/Lists/Publications/BSEP137.pdf>

Hellstrand, S. och Gustafsson, E. (2014). *Trafikolyckor orsakat av vatten på vägen – Exempel på hur STRADA kan användas som riskidentifieringsmetod med hänsyn till klimatförändringar.* Trafikverket.

Helsingborgs kommun (2009). *Översiktsplan ÖP 2010, Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – naturolyckor.*

Hernebring, C. och Mårtensson, E. (2013). *Pluviala översvämningar - Konsekvenser vid skyfall över tätorter. En kunskapsöversikt.* MSB567-13, Rapport utarbetad av DHI <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26609.pdf>

IGBP, IOC and SCOR (2013). *Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO2 World.* International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden. <http://www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/>

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

IPCC (2013a). Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis.* Summary for Policymakers. http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

IPCC (2013b). *Climate Change 2013: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F, D.Qin, G-K. Plattner, M.Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A.Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.

IPCC (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

Jaenson, G.T. och Lindgren, E. (2011). *The range of Ixodes ricinus and the risk of contracting Lyme borreliosis will increase northwards when the vegetation period becomes longer*. Tick and Tick-borne diseases 2011, 2 (1) 44-49.

Jonsson, A. and Lundgren, L. (2014). *Vulnerability and adaptation to heat in cities: perspectives and perceptions of local adaptation decision-makers in Sweden*. Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability, DOI:10.1080/13549839.2014.896326.

Jordbruksdepartementet (2009). *Rapport från projektarbete om beredskap inom livsmedel och dricksvatten*. Promemoria 2009-03-03. Styrgrupp BLOD.

Jordbruksverket (2007). *En meter i timmen – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige*. Rapport 2007:16.

<http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/en-meter-i-timmen.html>

Jordbruksverket (2009). *Jordbruksverkets årsredovisning 2009*.

http://www.jordbruksverket.se/download/18.795c224d1274198ffc280002327/1269426083244/jbv_arsredo09_justerad.pdf

Jordbruksverket (2010a). *Klimatförändringars effekt på den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker*. Rapport 2010:29.

<http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/klimatforandringars-effekt-pa-den-biologiska-mangfalden-i-odlingslandskapets-grasmarker.html>

Jordbruksverket (2010b). *Konsekvenser för jordbrukets vattenanläggningar i ett förändrat klimat*. Förstudie. Rapport 2010:27.

<http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/konsekvenser-for-jordbrukets-vattenanlaggningar-i-ett-forandrat-klimat.html>

Jordbruksverket (2012). *Vässa växtskyddet för framtidens klimat. Hur vi förebygger och hanterar ökade problem i ett förändrat klimat*. Rapport 2012:10.

<http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/vassa-vaxtskyddet-for-framtidens-klimat.html>

Jordbruksverket (2013a). *Tvästegsdiken – ett steg i rätt riktning*. Rapport 2013:15.

<http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ra1315.html>

Jordbruksverket (2013b). *Jordbrukets markavvattningsanläggningar i ett nytt klimat*.

Rapport 2013:14. <http://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/jordbruket-och-vattenkvaliteten-kunskapsunderlag-om-atgarder-2.html>

Kalantari, Z.(2012). *Klimatanpassning av väggavvattning och –dränering*. KTH.

Kaarlejärvi, E. (2014). *The role of herbivores in mediating responses of tundra ecosystems to climate change*. Sammanläggningsavhandling, Umeå universitet, Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten, Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap.

Karlstads kommun (2010). *Översvämningprogram Karlstads Kommun*.

http://karlstad.se/filer/Miljo/Sjoar_och_vattendrag/oversvamningsprogram.pdf

Karlsson, P. (2008). *Klimatförändringarnas inverkan på de svenska vägarna*. Lunds Universitet.

- Karlsson, J., Byström, P., Ask, J., Ask, P., Persson, L. and M. Jansson (2009). *Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems*. Nature 460: 506-509.
- Karolinska institutet (2013). *Miljöhälsorapport 2013*. Stockholm: Karolinska institutet. <http://www.imm.ki.se/MHR2013.pdf>
- Kaslegard, A.S. (2010). *Klimaendringer og kulturarv i Norden*. TemaNord 2010:590. Nordisk ministerråd, København 2010. http://www.husbanken.no/bibliotek/bib_internasjonalt/klimaendringer-og-kulturarv-i-norden/
- KNMI (2014). *Climate Change scenarios for the 21st Century –A Netherlands perspective*. Version 26 May 2014. KNMI WR 2014-01. http://www.klimaatscenarios.nl/brochures/images/KNMI_WR_2014-01_version26May2014.pdf
- Kokfelt, U., Rosén, P., Schoning, K., Christensen, T.R., Förster, J., Karlsson, J., Reuss, N., Rundgren, M., Callaghan, T.V., Jonasson, C. and Hammarlund, D. (2009). *Ecosystem responses to increased precipitation and permafrost decay in subarctic Sweden inferred from peat and lake sediments*. Global Change Biology 15 (7), 1652–1663.
- Kramfors kommun (2012). *Övergripande risk- och sårbarhetsanalys 2011, Reviderad 2012*. http://kramfors.se/filer/sidor/id789_Övergripande%20RSA%202011,%20reviderad%2012.pdf
- Kraufvelin, P., Ruuskanen, A.T., Bäck, S. and Russell, G. (2012). *Increased seawater temperature and light during early springs accelerate receptacle growth of *Fucus vesiculosus* in the northern Baltic proper*. Mar. Biol. 159:1785-1807.
- Kristianstads kommun (2011). *Klimatanpassning - Underlag till Klimatstrategi för Kristianstads kommun*. Antagen 2011-09-13. <http://www.kristianstad.se/upload/Milj%C3%B6Energi/dokument/Klimatstrategi/3%20Klimatanpassning%20underlag%20till%20klimatstrategin%20slutversion.pdf>
- Küle L., Haller I., Varjopuro R. and Alberth J. (2013). *Climate Change Impacts on Coastal Tourism in the Baltic Sea Region*. Baltadapt report # 6. Danish Meteorological Institute, Copenhagen. http://www.baltadapt.eu/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=55&Itemid=269
- Källerfeldt, C., Valen, C., Magnusson, J., Hogdin, S., Bergstedt Söderström, A., Möller, M., Fredriksson, F. och Wolme, S. (2012). *Västra Götaland i ett förändrat klimat*. Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Rapport: 2012:42. <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/2012-42.pdf>
- Källgården, J. och Nicolaisen, M. 2010. *En metod för icke-monetär relativ värdering av grundvattenmagasin*. SGU-rapport 2010-22. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1022-rapport.pdf>
- König, U., Nyman, A.K. and de Verdier, K. (2011). *Prevalence of footrot in Swedish slaughter lambs*. Acta Vet Scand. 2011 Apr 14;53:27.
- Köpenhamns klimatanpassningsplan* (2010). http://www.klimatilpasning.dk/media/576854/k_benhavns_klimatilpasningsplan.pdf
- Landsbygdsdepartementet (2013). *Kommittédirektiv En trygg dricksvattenförsörjning*. Dir.2013:75. <http://www.regeringen.se/content/1/c6/22/09/43/9b9abf7c.pdf>

Lantbrukarnas Riksförbund (2012). *En trygg livsmedelsförsörjning globalt och i Sverige. Hur ser utmaningen ut?* http://www.lrf.se/pagefiles/16052/lrf_livsmedelsforsorjning.pdf

Lewerin, S.S., Elvander, M., Westermark, T., Hartzell, L.N., Norström, A.K., Ehrens, S., Knutsson, R., Englund, S., Andersson, A.C., Granberg, M., Bäckman, S., Wikström, P. and Sandstedt, K. (2010). *Anthrax outbreak in a Swedish beef cattle herd--1st case in 27 years: Case report.* Acta Vet Scand. 2010 Feb 1;52:7.

Lorentz, U. och Haraldsson, H. (2014). *Impact assessment of global megatrends: Two case studies connecting global megatrends to regional topics.* Naturvårdsverket Report 6602. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6602-4.pdf>

Lowe, D., Ebi, K.L. and Forsberg, B. (2011). *Heatwave Early Warning Systems and Adaptation Advice to Reduce Human Health Consequences of Heatwaves.* International Journal of Environmental Research and Public Health. 2011; 8(12):4623-4648.

Lowe, A.J., Olsson, D., Bråbäck, L. and Forsberg, B. (2012). *Pollen exposure in pregnancy and infancy and risk of asthma hospitalisation - a register based cohort study.* Allergy Asthma Clin Immunol. 2012 Nov 7;8(1):17. doi: 10.1186/1710-1492-8-17.

Luftfartsstyrelsen (2008). *Sårbarhetsanalys av rullbanors förändrade bärighet och renoveringsbehov av flygplatsers dagvattensystem.* LS 2008-1669, 11 p.

Länsstyrelsen i Skåne län (2011). *Klimatanpassningsatlas för Skåne.* Länsstyrelserapport 2011:23. http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/klimatanpassning/kunskapsunderlag/Klimatanpassningsatlas_2011.pdf

Länsstyrelsen i Skåne län (2012). *Handbok för klimatanpassad vattenplanering i Skåne.* <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/publikationer/2011/Pages/2011-72.aspx>

Länsstyrelsen i Värmlands län (2012). *Klimatförändringar och kulturhistoriska byggnader i Värmland - anpassning genom förebyggande underhåll.* <http://www.lansstyrelsen.se/varmland/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/Klimatanpassning%20och%20kulturhistorisk%20bebyggelse.pdf>

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2008). *Tappningsstrategi för Vänern, överenskommelser mellan Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall AB.* Dnr. 450-35180-2012.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2012). *Västra Götaland i ett förändrat klimat.* Rapport 2012:42. <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/2012-42.pdf>

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2013a). *Konsekvenser på naturvärden av skred-, erosions- och översvåmningsåtgärder. Ett steg mot en ökad naturvårdshänsyn i klimatanpassningsarbetet.* Rapport 2013:49.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2013b). *Skyddad natur i ett förändrat klimat - Grön infrastruktur i strandängar och ädellövmiljöer samt klimatanpassad skötsel av skyddad natur.* Rapport 2013:74.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2014). *Pollen luftföroreningar och väderlek – bidrar alla till behovet av allergiläkemedel.* Rapport 2014:07. <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2014/2014-07.pdf>

Länsstyrelserna (2012). *Klimatanpassning i fysisk planering - Vägledning från länsstyrelserna*.<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/klimatanpassning-fysisk-planering.pdf>

Länsstyrelserna i Stockholms, Södermanlands, Västmanlands, Uppsala och Örebro län, (2011). *Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden*, ISBN: 978-91-7281-448-6

Länsstyrelserna i Stockholms, Södermanlands, Västmanlands, Uppsala och Örebro län, (2013). *Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv-dricksvatten, bebyggelse, ekosystem*, ISBN: 978-91-7281-561-2

Länsstyrelserna i Värmlands och Västra Götalands län (2011). *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*.
<http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/publikationer/2011/Pages/2011-72.aspx>

Löf, A., Sandström, P, Baer ,K., Stinnerbom, M. och Sandström, C. (2012). *Renskötsel och klimatförändring: Risker, sårbarhet och anpassningsmöjligheter i Vilhelmina norra sameby*. Forskningsrapporter i statsvetenskap vid Umeå universitet, ISSN 0349-0831; 2012:4. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-59492>

Malmö Stadsbyggnadskontor (2008). *Klimatet, havsnivån och planeringen*. Dialog-PM 2008:2. Malmö Stadsbyggnadskontor.

Metria (2013). *Användning för kulturmiljövården och analys av stigande havsnivåers inverkan på fasta fornlämningar och kulturhistoriskt värdefull bebyggelse*.
http://api.ning.com/files/NFpLPbeZNYBMtRohfNYND-kQ7GhWlz5P0BNvkdwrNPj4UTm1q4PUeBVkz8*A-gmTr0*PmVbC*qMeQrtiQYq097nz2fHFCiS0/HavsnivhjningarNHochKulturhistoriskavarden_131220_final.pdf

Mill, O., Fridolf, T., Bergström, S., Åhrling-Rundström, G., Maripuu, R., och Tansbo, S. (2007). *Klimatet och dammsäkerheten i Sverige*. Underlagsrapport B 9 utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007-08-13.

Mobjörk, M. (2011). *Svensk krisberedskap och klimatförändringarnas indirekta effekter. Betydelsen av en bred framtidsinriktad analys*, FOI-R--3270--SE.

Mobjörk, M. och Carlsen, H. (2013). *Klimatförändringar, säkerhet och konflikter: stöd till Försvarsmaktens omvärldsanalys*, FOI Memo 4731.

Mobjörk, M., Eriksson, M. and Carlsen, H. (2010). *On Connecting Climate Change with Security and Violent Armed Conflict: Investigating knowledge from the scientific community*, FOI-R--3021--SE.

Mobjörk, M. och Simonsson, L. (2011). *Klimatförändringar, migration och konflikter: samband och förutsägelser*, FOI-R--3297--SE.

Morrisson Greg (2009). *Mälarens värde (förstudie)*, Chalmers
http://www.dricks.chalmers.se/files/rapporter/Malarens_varde.pdf

Mossberg Sonnek, K., Lindgren, J. och Carlsson-Kanyama, A. (2014). *Hur värme påverkar tekniska system: möjliga konsekvenser av en värmebölja på elförsörjning och järnvägstransporter*. MSB publ. Nr:639

MSB (2009). *Skogsbränder under ett förändrat klimat - en forskningsöversikt*. MSB 0014-09. <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Skogsbrander-under-ett-forandrat-klimat---en-forskningsoversikt/>

MSB (2011). *Identifiering av områden med betydande översvämningrisk*. Steg 1 i förordningen (2009:956) om översvämningrisker – preliminär riskbedömning.

https://msb.se/Upload/Forebyggande/Naturolyckor_klimat/identifiering_oversvamningsrisk.pdf

MSB (2012a). *Strategier och styrande dokument för klimatanpassning och katastrofriskreducering*. MSB422. <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Strategier-och-styrande-dokument-for-klimatanpassning-och-katastrofriskreducering/>

MSB (2012b). *Framtida utveckling som kan påverka arbetet med samhällsskydd och beredskap*. Redovisning av uppdrag i MSB:s regleringsbrev för år 2012 <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26186.pdf>

MSB (2012c). *Konsekvenser av en översvämning i Mälaren – redovisning av regeringsuppdrag Fö2010/560/SSK*, Publikation nr: MSB406

MSB (2012d). *Tumregler vid skogsbrand*. MSB 350. <https://msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Tumregler-vid-skogsbrand/>

MSB (2012e). *Värmeböljors påverkan på samhällets säkerhet*. <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26110.pdf>

MSB (2013a). *Skador och effekter av storm: en kunskapsöversikt*. <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Skador-och-effekter-av-storm-en-kunskapsöversikt/>

MSB (2013b). *Framtida perioder med hög risk för skogsbrand: analyser av klimatscenarier*. MSB 535. <https://www.msb.se/sv/Produkter--tjanster/Publikationer/Publikationer-fran-MSB/Framtida-perioder-med-hog-risk-for-skogsbrand-analyser-av-klimatscenarier/>

MSB (2013c). *Hur värme påverkar samhällsviktiga sektorer*. Konsekvenserna av en värmebölja i Örebro län för transporter, skydd och säkerhet samt dricksvattenförsörjning . <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26545.pdf>

MSB (2014a). *Riskinventering med stöd av nationell höjdmmodell* Sammanfattande rapport för fyra effektstudier av havsnivåhöjningar och en tillämpning vid riskinventering av väg. Publ.nr: MSB625 - januari 2014. <http://rib.msb.se/Filer/pdf/27308.pdf>

MSB (2014b). *Hur värme påverkar tekniska system*. Möjliga konsekvenser av en värmebölja på elförsörjning och järnvägstransporter. <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27298.pdf>

Nationell plattform för arbete med naturolyckor (2010). *Klimatanpassning i Sverige – en översikt*.

Naturvårdsverket (2009). *Monetära schablonvärden för miljöförändringar*. Rapport 6322.

Naturvårdsverket (2010). *Den svenska konsumtionens globala miljöpåverkan*. Naturvårdsverket rapport 2010:11. <http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/1200/978-91-620-1284-7/>

Naturvårdsverket (2011). *Övervakning av främmande arter i Mälaren – en sammanställning av dagens kunskap av introducerade arter*. Naturvårdsverket rapport 6375, 2011.

Naturvårdsverket (2012). *Steg på vägen – fördjupad utvärdering av miljömålen*. Rapport 6500.

Naturvårdsverket och SCARP (2013). *Om luftföroreningar och luftföroreningarnas effekter*. Forskning för politiska beslut i Sverige och Europa. Stockholm: Swedish Clean Air Research program

[.http://www.scarp.se/download/18.3d71f8313d6a4ffc795b/1363336384845/Syntesrapport_SCARP.pdf](http://www.scarp.se/download/18.3d71f8313d6a4ffc795b/1363336384845/Syntesrapport_SCARP.pdf)

Nakićenović, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T.Y., Kram, T., La Rovere, E.L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H.-H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi, Z. (2000) *IPCC Special Report on Emission Scenarios*. Cambridge Univ. Press, 599 pp.

Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G. and Ullerstig, A. (2011). *Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations*. Tellus, vol. 63A, 24-40.

Nilsson, M. (2013). *Risk- och sårbarhetsanalys för år 2013*. Svenska kraftnät. Dnr 2012/2029.

OECD (2008). *Introductory handbook for undertaking regulatory impact analysis (RIA)*. OECD publication version 1 october 2008.

http://www.oecd.org/document/49/0,3746,en_2649_34141_35258801_1_1_1_1,00.html

Olsson, J. och Foster, K. (2013). *Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige*. SMHI Klimatologi nr 6, 2013.

http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.29658!Klimatologi_6.pdf

Orru, H., Andersson, C., Ebi, K.L., Langner, J., Åström, C. and Forsberg, B. (2013). *Impact of climate change on ozone related mortality and morbidity in Europe*. Eur Respir J 2013, Feb; 41(2): 285-94.

Oudin Åström, D., Forsberg, B. and Rocklöv, J. (2011). *Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: A review of recent studies*. Maturitas 2011.

[http://www.maturitas.org/article/S0378-5122\(11\)00080-6/abstract](http://www.maturitas.org/article/S0378-5122(11)00080-6/abstract)

Oudin Åström, D., Forsberg, B., Ebi, K. L. and Rocklöv, J. (2013). *Attributing mortality from extreme temperatures to climate change in Stockholm, Sweden*. Nature Publishing Group; Nature Climate Change. 2013;3(12):1050-1054

Persson, G. och Rummukainen, M. (2010). *Klimatförändringarnas effekt på svenskt miljömålsarbete*. SMHI Klimatologi Nr 2/2010.

Prideaux B. (2009). *Resort destinations: Evolution, management and development*. Oxford, Burlington MA. Elsevier.

Rasmussen, J. R., Havenhand, J. och Grønkjær, P. (2013). *Ålegræs og klimaforandringer i Kattegat- og Skagerrakområdet*. Rapport fra projekt Hav møder Land. Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:45, ISSN: 1403-168X.

<http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/havmoterland/SiteCollectionDocuments/Publicationer/2013-45.pdf>

Regeringen (2014). *En svensk strategi för biologisk mångfald och ekosystemtjänster*. Prop 2013/14:141. <http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/57/10/667ff56b.pdf>

Rengefors, K., Weyhenmeyer, G. and Bloch, I. (2012). *Temperature as a driver for the expansion of the microalga *Gonyostomum semen* in Swedish lakes*. Harmful Algae, 18: 65-73. DOI:10.1016/j.hal.2012.04.005.

Riksantikvarieämbetet (2014). *Klimat-och miljöförändringarnas inverkan på kulturarv*. En förstudie.

http://samla.raa.se/xmlui/bitstream/handle/raa/6495/Rapp%202014_2.pdf?sequence=1

Rocklöv, J. and Forsberg, B. (2008). *The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998-2003: a study of lag structures and heat wave effects*. Scandinavian Journal of Public Health, 2008;36(5):516-23. 4.2.

Rocklöv, J., Hurtig, A.-K. och Forsberg, B. (2008). *Hälsopåverkan av ett varmare klimat - en kunskapsöversikt*. Yrkes- och miljömedicin i Umeå rapporterar, 2008:1. Climatools.

Rocklöv, J. and Forsberg, B. (2010). *The Effect of High Ambient Temperature on the Elderly Population in Three Regions of Sweden*. Int. J. Environ. Res. Public Health 2010, 7.

Rocklöv, J., Forsberg, B., Ebi, K. and Bellander, T. (2014). *Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden*. Glob Health Action. 2014 Mar 12;7:22737. doi: 10.3402/gha.v7.22737. eCollection 2014.

Rodhe, A., Lindström, G. och Dahné, J. (2007). *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat*. Slutrapport från SGU-projektet Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Proj. nr 60-1642/2007. http://www.sgu.se/dokument/fou_extern/Rodhe-Lindstrom-Dahne_2009.pdf

Roth, S., Thörn, P., Buhr, K., Moback, U., Morrison, G., Knutsson, P., och Areslätt, H. (2011). *Frihamnen i ett förändrat klimat. Klimatanpassningsstrategiers påverkan på hållbar utveckling*. Mistra Urban Futures. <http://www.mistraurbanfutures.org/sites/default/files/frihamneniettforandratklimat.pdf>

Rydell, B., Nilsson, C., Alfredsson, C. och Lind, E. (2010). *Klimatanpassning i Sverige – en översikt*. Nationell plattform för naturolyckor, augusti 2010. https://www.msb.se/Upload/Forebyggande/Naturolyckor_klimat/nationell_plattform/Rapport_Nat_sam_klimatanpass_atgarder_webb.pdf

Sametinget (2010). *Slutrapport: Uppdrag att genomföra en översyn av alternativa åtgärder för anpassning av rennäringen till förändrade klimatförhållanden samt analysera avtal om vinterbete utanför renskötselområdet*. (Jo2009/2518).

Sannö, A., Aspán, A., Hestvik, G. and Jacobson, M. (2014). *Presence of Salmonella spp., Yersinia enterocolitica, Yersinia pseudotuberculosis and Escherichia coli O157:H7 in wild boars*. Epidemiol Infect. 2014 Feb 6:1-6.

Schlobinski, S., Gidhagen, L., Olsson, J., Frysinger, S., Denzer, R. and Kutschera, P. (2012). *Integration of Climate Change Effects in Local Models and Urban Planning Processes*. International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany R. Seppelt, A.A. Voinov, S. Lange, D. Bankamp (Eds.). http://www.iemss.org/sites/iemss2012/proceedings/C3_0574_Schlobinski_et_al.pdf

SGI (2012a). *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat*. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport. Del 1 – *Samhällskonsekvenser*. Statens geotekniska institut, 38 p

SGI (2012b). *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat*. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport. Del 2 – *Kartläggning*. Statens geotekniska institut, 164p

SGI (2012c). *Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat*. Göta älvtredningen, GÄU. Slutrapport. Del 3 – *Kartor*. Statens geotekniska institut, 7 p + 33 kartor

SGI (2012d). *Nyttiggörande av material från Göta älvtredningen*. Slutrapport Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvtredningen, GÄU; 2012, 40 p.

SGU (2011). *Framtida översvämningars eventuella påverkan på vattenförsörjningen*. Underlag till MSB. SGU dnr: 08-1001/2011.

Shaposhnikov, D., Revich, B., Bellander, T., Bedada, G.B., Bottai, M., Kharkova, T., Kvasha, E., Lezina, E., Lind, T., Semutnikova, E. and Pershagen, G. (2014). *Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010*. Epidemiology

- Skogseko (2009). *Få skogsägare klimatanpassar*. <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogseko/Artikelregister/Skogseko-32009/Fa-skogsagare-klimatanpassar/>
- Skogseko (2013). *Klimatförändringen - ny utmaning för skogsbruket*.
- Skogsstyrelsen (2007). H. Eriksson (red.). *Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar*. Skogsstyrelsen 2007:8.
- Skogsstyrelsen (2012a). (Red. Samuelsson H., Eriksson H. och Isacson G.) *Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna*. Skogsstyrelsen 2012:9.
- Skogsstyrelsen (2012b). *Skogsägaren och klimatet*. Klimatanpassade skogsskötselåtgärder för att möta och mata klimatförändringarna. Broschyr.
- Skogsstyrelsen (2013). *Ökad skogstillväxt och ökade skaderisker*. <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Skog-och-miljo/Skog-och-klimat1/Klimatanpassat-skogsbruk/Effekter-pa-skogen/>
- Skytt, V. (2012). NNH och naturolyckor Inventering av genomförda tillämpningar av den nya nationella höjdmodellen (NNH) - med fokus på naturolyckor och katastrofriskreducerande arbete. Publ. nr MSB360. <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26182.pdf>
- Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och SVA (2011). *Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat*. Redovisning av ett myndighetsgemensamt regeringsuppdrag. ISBN 978-91-86585-99-0, Artikelnr 2011-04-0. <http://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12886/smittsamma-sjukdomar-forandrat-klimat.pdf>
- Sobek, S., Durisch-Kaiser, E., Zurbrugg, R., Pasche, N., Wessels, M. and Wehrli, B. (2009). *Organic carbon burial efficiency in lake sediments controlled by oxygen exposure time and sediment source*. *Limnology and Oceanography*, 54(6), 2243-2254.
- Socialstyrelsen (2011). *Effekter av värmeböljor och behov av beredskapsåtgärder i Sverige*. Redovisning av ett regeringsuppdrag. Stockholm: Socialstyrelsen. <http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/18293/2011-4-2.pdf>
- Socialstyrelsen och Karolinska institutet (2009). *Miljöhälsorapport 2009*. Stockholm: Socialstyrelsen. <http://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12933/miljohalsorapport-2009.pdf>
- Sonnsjö, H. och Mobjörk, M. (2013). Om indirekta, komplexa och oönskade händelser: Att analysera risker med stor osäkerhet, FOI-R--3649--SE.
- Statens folkhälsoinstitut (2006). *Hälsokonsekvensbedömning i risk- och sårbarhetsanalyser. Förstudie om klimatförändringar och extrema väderhändelser*. Stockholm: Statens folkhälsoinstitut. <http://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12116/r2006-04-HKB-risk-sarbarhetsanalys.pdf>
- Statens folkhälsoinstitut (2010). *Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper – en svensk studie*. Östersund: Statens folkhälsoinstitut. <http://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12427/R2010-12-Varmeboeljor-och-dodlighet-bland-sarbara-grupper.pdf>
- Statens offentliga utredningar SOU 2007:60, *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*
- Statens energimyndighet (2009). *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*. ER 2009:33.
- Statens offentliga utredningar SOU 2006:94, *Översvämningshot – risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Väneren*.

- Stockholms stad (2013a). *Stockholms stads klimatanpassningsarbete. Delrapport 1- Inventering av Stockholms stads klimatanpassningsarbete*. Dnr: 125-1901/2013.
- Stockholms stad (2013b). *Stockholms stads klimatanpassningsarbete. Delrapport 2- Riskbild: klimatförändringar och Stockholms stads sårbarhet*. Dnr: 125-1901/2013.
- Sundén, G, Maxe, L. och Dahné, J. (2010). *Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat*. SGU-rapport 2010:12.
http://www.sgu.se/dokument/service_sgu_publ/SGU-rapport_2010-12.pdf
- Svenska kraftnät (2009). *Stamnätets teknisk-ekonomiska dimensionering*. Rapport till regeringen. Dnr 2009/1013.
- Svenska kraftnät, Svensk Energi och SveMin (2007). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*. Nyutgåva.
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI (2011). *Dammsäkerhet och klimatförändringar*. Slutrapport från Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv
- Sveriges Riksdag (2013). *Tekniska föreskrifter för fartyg på inre vattenvägar*, Regeringens proposition 2012/13:177. http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Propositioner-och-skrivelser/Tekniska-foreskrifter-for-fart_H003177/?html=true
- Sundström, J.F., Albiñ, A., Boqvist, S., Ljungvall, K., Marstorp, H., Martiin, C., Nyberg, K., Vågsholm, I., Yuen, J. and Magnusson, U. (2014). *Future threats to agricultural food production posed by environmental degradation, climate change, and animal and plant diseases – a risk analysis in three economic settings*. Food Security DOI 10.1007/s12571-014-0331-y
- Svenskt Vatten (2007a). *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat*. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Även publicerad som M 135.
- Svenskt Vatten (2007b). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem*. Underlagsrapport B 16 till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Även publicerad som M 134.
- Svenskt Vatten (2011a). *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*. Rapport P104.
- Svenskt Vatten (2011b). *Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utförande* Rapport P105.
- Svenskt Vatten (2013). *Rapport från expertgruppen för ökat helhetsperspektiv i styrningen av mark- och vattenfrågor, särskilt med inriktning mot klimatanpassning och grön infrastruktur*. Underlag till Miljömålsberedningen 2013
- Svenskt Vatten (2014). *Avledning av spill- drän- och dagvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem*. Svenskt Vatten, remissversion hösten 2014. Rapport P110.
- Sydvatten, Länsstyrelsen i Skåne län och Region Skåne (2014). *Skånes dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat*.
<http://www.sydvatten.se/file/dokument/rapporter/skanes-dricksvattenforsorjning-i-ett-forandrat-klimat-lu-1.pdf>
- Trafikverket (2013). *Förslag till nationell plan för transportsystemet 2014-2025*. Ärendenummer TREV 2012/38626.
- Tornevi, A., Axelsson, G. and Forsberg, B. (2013). *Association between precipitation upstream of a drinking water utility and nurse advice calls relating to acute gastrointestinal illnesses*. PLoS ONE. 2013 Jul 16:8(7):e69918.doi:10.1371/journal.pone.0069918.

- Tornevi, A., Bergstedt, O. and Forsberg, B. (2014). *Precipitation Effects on Microbial Pollution in a River: Lag Structures and Seasonal Effect Modification*. PLoS ONE 9(5): e98546. doi:10.1371/journal.pone.0098546
- Trafikverket (2012). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5, Kapitel 5 Övergripande kalkylparametrar* Version 2012-05-16.
http://www.trafikverket.se/PageFiles/73641/samhallsekonomiska_principer_och_kalkylvarden_for_transportsektorn_asek_5_kapitel_5_overgripande_kalkylparametrar_.pdf
- Turton S., Dickson T., Hadwen W., Jorgensen B., Pham T., Simmons D., Tremblay P. and Wilson R. (2010). *Developing an approach for tourism climate change assessment: Evidence from four contrasting Australian case studies*. Journal of Sustainable Tourism 18(3): 429–447.
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (eds.) (2009). *ENSEMBLES: Climate Change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160 pp.
- Vattenbrukscentrum Väst (2012). *Marin fiskodling på den svenska västkusten: Biologiska förutsättningar*. Göteborgs universitet. Vattenbrukscentrum väst rapport nr 1.
http://www.vbcv.science.gu.se/digitalAssets/1426/1426227_vbcv-biologiska-f--ruts--tningar-130114.pdf
- Vatten & Miljöbyrån (2014). *Sammanställning av regional risk- och sårbarhetsanalyser*. PM till Livsmedelverket 2014-03-11.
- Viehhauser, M., Schagerström, T., Johnsson, H. och Stenberg, P. (2007). *Inventering av kommunernas hantering av översvämning, ras och skred inom den kommunala planeringsprocessen*. Underlagsrapport B 15 utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Inregia.
- VTI (2013). *Samhällsekonomiska åtgärder i krisberedskapsarbetet – teori, metodik och tillämpning*. VTI rapport 789.
<http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/samhallsekonomiska-analyser-av-atgarder-i-krisberedskapsarbetet--teori-metodik-och-tillampning.pdf>
- Vänersborgs kommun (2014). *Översvämningsprogram – Kartläggning av Vänersborgs kust mot Vänern*.
- Wallentinus, I. och Werner, M. (2008). *Främmande arter i svenska vatten - ska vi bry oss?* Institutionen för Marin ekologi, Göteborgs universitet. Göteborg. 32 s.
- Waller, E., Tornevi, A., Rocklöv, J. och Forsberg, B. (2012). *Vägledning för bedömning av dricksvatten vid ett förändrat klimat*. FOI-R--3390--SE, januari 2012.
<http://www.foi.se/Global/Kunder%20och%20Partners/Projekt/Climatools/Rapporter%20och%20artiklar/foir3390%5b1%5d.pdf>
- Wern, L. och Barring, L. 2009. *Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av förändring i geostrofisk vind*. SMHI Meteorologi Nr 138/2009.
- Weyhenmeyer, G. (2007). *Klimatförändringars påverkan på ytvattenkvaliteten*. Underlagsrapport B 32 utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Weyhenmeyer, G. A., Livingstone, D.M., Meili, M., Jensen, O., Benson, B., Magnuson, J.J. (2011). *Large geographical differences in the sensitivity of ice-covered lakes and rivers in the Northern Hemisphere to temperature changes*. Global Change Biology 17: 268-275.

Weyhenmeyer, G. A., Prairie, Y.T. and Tranvik L.J. (2014). *Browning of boreal freshwaters coupled to carbon-iron interactions along the aquatic continuum*. PLoS ONE 9: e88104.

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J and Wetterhall, F. (2010). *Distribution-based scaling to improve usability of regional climate model projections for hydrological climate change impacts studies*. Hydrology Research, 41 (3-4): 211-229.

Åström, D.O., Forsberg, B., Edvinsson, S. and Rocklöv, J. (2013). *Acute Fatal Effects of Short-Lasting Extreme Temperatures in Stockholm, Sweden : Evidence Across a Century of Change*. Lippincott Williams & Wilkins; Epidemiology. 2013;24(6):820-829.

Åström, D., Forsberg, B., Ebi, K.L. and Rocklöv, J. (2013). *Attributing mortality from extreme temperatures to climate change in Stockholm, Sweden*. Nature Climate Change 2013, doi:10.1038/nclimate2022.

Öborn, I., Magnusson, U., Bengtsson, J., Vrede, K., Fahlbeck, E., Jensen, E.S., Westin, C., Jansson, T., Hedenius, F., Lindholm Schulz, H., Stenström, M., Jansson, B. och Rydhmer, L. (2011). *Fem framtidsscenarier för 2050 – förutsättningar för lantbruk och markanvändning*. Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet. ISBN: 978-91-576-9023-4. <http://www.slu.se/Documents/externwebben/centrumbildningar-projekt/framtidens-lantbruk/Scenariorapport-web.pdf>

19 Bilaga 1

Sammanställning av länkar till länsstyrelsernas arbete gjord av Elin Andersson vid Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Länsstyrelsernas kunskapssammanställning om risker och konsekvenser av ett förändrat klimat, samt verktyg och åtgärder i klimatanpassningen

Nedanstående är en sammanställning av publikationer från respektive länsstyrelse.

OBS! För de flesta länsstyrelser så blir Handlingsplanerna för klimatanpassning den främsta och mest aktuella kunskapssammanställningen.

Gemensamma/länsöverskridande

- [Klimatanpassning i fysisk planering](#)
- [Klimatet förändras och förändrar](#)
- [Mälaren om hundra år - förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden](#)
- [Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv](#)
- [Struktur för kommunal klimatanpassning](#)
- [Händelsescenario för Risk- och sårbarhetsanalys - Värmebölja i nutid och framtid](#)
- [Händelsescenario för Risk- och sårbarhetsanalys - Skyfall i nutid och framtid](#)
- [Stigande vatten](#)
- [Planering för stigande vatten \(faktablad\)](#)
- [GIS-skikt för klimatanpassning](#)

Norrbotten

- [Regional vattenförsörjningsplan](#)
- [Klimatförändringar i Norrbottens län - konsekvenser och anpassning \(reviderad version 2012\)](#)
- [Climate change in Norrbotten County - consequences and adaption \(version 2012\)](#)
- [Vägar och järnvägar Hur påverkas Norrbottens väg och järnvägsnät av ett förändrat klimat?](#)
- [Föroreningsrisker för vattentäkter med hänsyn taget till konsekvenser av klimatförändringar, Norrbottens län](#)
- [Klimatförändringar i Norrbotten och risker för naturolyckor. Förkortad version av SGI:s utredning](#)
- [SMHI:s klimatanalys för Norrbottens län. Förkortad version](#)
- [Nollgenomgångar i framtidens klimat. Förkortad version av SMHI-studie](#)
- [Klimatsammanställning fjällkedjan Länsstyrelsens rapportserie 13-2012](#)

Västerbotten

- [Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor](#)
- [Klimatförändringar & samhällsplanering \[689 kB\]](#)
- [Ett förändrat klimat -mer vatten och större risker \[642 kB\]](#)

Jämtland

- [Anpassning till ett förändrat klimat \(2009\)](#)
- [Jordbruket i ett förändrat klimat \(2011\)](#)
- [Skogsbruk i ett förändrat klimat \(2012\)](#)
- [Energiförsörjning i ett förändrat klimat \(2012\)](#)
- [Skogs- och gräsbrandsrisker i ett förändrat klimat \(2012\)](#)
- [Ras- och skredrisker i ett förändrat klimat \(2013\)](#)
- [Översvämningsrisker i ett förändrat klimat \(2013\)](#)
- [Klimatanalys för Jämtlands län \(2013\)](#).
- [Övervakning av fjällvegetation på Hundshögen \(2013\)](#)

Västernorrland

- [Översiktlig klimat och sårbarhetsanalys – Naturolyckor](#)

Dalarna

- [Klimatanpassningsstrategi 2020](#)
- [Klimatförändringar - konsekvenser och anpassningsåtgärder i Dalarnas län, appendix till rapport 2009:25](#)

Gävleborg

- [Riskbedömning av klimateffekter på kommunala dricksvattentäkter och vattenförsörjning](#)
- [Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys naturolyckor](#)
- [Kartering av översvämning och erosion vid Storsjön med ny nationell höjdmödel \(SMHI\)](#)
- [Klimat för tillväxt - Möjligheter och utmaningar för näringslivet i Gävleborg när vårt klimat förändras](#)
- [Gävleborgs län inför klimatförändringarna](#)

Uppsala

- [Klimatanalys för Uppsala län](#)
- [Klimat- och sårbarhetsanalys](#)
- [Regionala klimatanpassningsplanen](#)

Stockholm

- [Stockholm – varmare, blötare. Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län](#)
- [Hälsoeffekter av ett förändrat klimat - risker och åtgärder i Stockholms län](#)
- [Klimatanpassningsplan - process och verktyg](#)
- [Konsekvens- och sårbarhetsanalys - metodbeskrivning](#)
- [Systemtyper och klimatfaktorer - lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser](#)
- [Regional klimatsammanställning — Stockholms län](#)
- [Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län - för dagens och framtidens klimat](#)
- [Regional klimatsammanställning Stockholms län - kortversion](#)

- [Riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län i dagens och framtidens klimat - kortversion](#)
- [Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län](#)
- [Klimatförändringar och Mälaren – ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv](#)

Södermanland

- [Riskbild Södermanland](#)

Västmanland

- [Klimatförändringar i Västmanlands län Rapport 2010:18](#)
- [Systemtyper och klimatfaktorer](#)
- [Aktörsanalys inom klimatanpassning Rapport 2010:17](#)
- [Översikt om klimatanpassning i Västmanland](#)
- [SMHI-Klimatanalys för Västmanlands län](#)

Örebro

- [Stormar i Örebro län](#)
- [Klimatanalys för Örebro län](#)
- [Värmeböljor i Örebro län](#)
- [Skyfall i Örebro län](#)
- [Råd vid värmebölja](#)

Värmland

- [Klimatanalys Värmlands län](#)
- [Klimatanpassning och kulturhistorisk bebyggelse](#)

Västra Götaland

- [Rapporten Västra Götaland i ett förändrat klimat](#)
- [Klimatanalys för Västra Götalands län](#)
- [Klimatanpassningsguide – en introduktion till klimatanpassning i Västra Götalands län](#)
- [Skyddad natur i ett förändrat klimat. Grön infrastruktur i strandängar och ädellövmiljöer samt klimatanpassad skötsel av skyddad natur.](#)
- [Klimatanpassning i kustzonen - Tillämpning av handboken stigande vatten](#)
- [Framtida extrema vattennivåer i Falkenberg – en demonstrationsmodellering](#)
- [Klimatanpassning Viskan](#)
- [Vägledning klimatanpassning Pilotfall Viskan.](#)
- [Jordbiten nr 3 \(Tema: Klimatanpassning\)](#)

Östergötland

- [Översiktlig inventering av risker för naturolyckor – dagens och framtidens klimat](#)
- [Regionala vattenförsörjningsplanen](#)
- [Introduktion till klimatanpassning i Östergötland](#)

Kalmar

- [Rapporten Klimat i förändring - möjligheter och utmaningar för Kalmar län](#)
- [Klimatanalys för Kalmar län](#)
- [Regional vattenförsörjningsplan](#)

Blekinge

- [Extrema högvattenstånd i Blekinge -nutid, år 2050 och år 2100. \(SMHI blir klar april\)](#)
- [Klimatförändringar i Blekinge – konsekvenser och anpassning, Lst rapport 2011:5](#)
- [Vägledning till GIS-underlag, rapport 2012:7](#)
- [Klimatanalys för Blekinge län \(2012\)](#)
- [Framtida högvatten -Scenarier för havsnivå och översvänningsområden i Blekinge år 2100 \(2012\)](#)
- [Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys för naturolyckor \(erosion, ras & skred, översvämning\) \(2012\)](#)
- [Delrapport: Regional handlingsplan för klimatanpassning - Blekinge \(sept. 2013\)](#)

Skåne

- [Har du råd att ligga lågt? Till enskilda.](#)
- [Klimatanalys för Skåne län](#)
- [Klimatanpassad vattenplanering](#)
- [Klimatanpassningsatlas](#)
- [Klimatanpassning - planera för ett förändrat klimat](#)
- [Klimatförändringarnas påverkan på den skånska folkhälsan](#)
- [Dagvatten PM](#)
- [Stigande havsnivåer – konsekvenser för fysisk planering](#)
- [Regional Vattenförsörjningsplan för Skåne län. VFP som också tar upp frågor kring klimatförändringarnas påverkan på dricksvattenförsörjningen](#)
- [Kristianstadslätten, klimatsimulering](#) Fördjupad analys gällande dricksvattenförsörjning på en av våra största grundvattenresurser.
- [Miljömål i detaljplaneringen.](#)
- [Skånska åtgärder för miljömålen Innehåller en hel del om klimatanpassning.](#)
- [Mångfunktionella ytor](#)

Kronoberg

- [Klimatanalys för Kronobergs län \(2010\)](#)
- [Klimatförändringar och Konsekvenser i Kronobergs Län](#)
- [Kronobergs län och klimatförändringarna 1.0 - en kartläggning av klimateffekter, hot och möjligheter i Kronobergs län](#)

Halland

- [Klimat, observationer och framtidsscenarier - medelvärden för Hallands län](#)
- [Klimatfakta om Halland - Introduktion till klimatanpassning i Halland](#)
- [Värmebölja i Hallands län](#)

- [Klimatanalys för stigande hav och åmynningar i Hallands län](#)

Jönköping

- [Klimatanalys för Jönköpings län](#)
- [Konsekvenser av klimatförändringar i Jönköpings län](#)

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	200

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation | 5 | Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012 |
| 2 | Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete | 6 | Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige |
| 3 | Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem | 7 | FNs Klimatpanel – Sammanfattning för Beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet (2014)
Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC |
| 4 | Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Döscher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av natur-vetenskapliga aspekter | 8 | Att begränsa klimatförändringar (2014) (Ej publicerad) |
| | | 9. | Erik Kjellström (SMHI), Reino Abrahamsson, Pelle Boberg, Eva Jernbäcker (Naturvårdsverket), Marie Karlberg, Julien Morel (Energimyndigheten), Åsa Sjöström (SMHI) (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget |

SMHI

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258