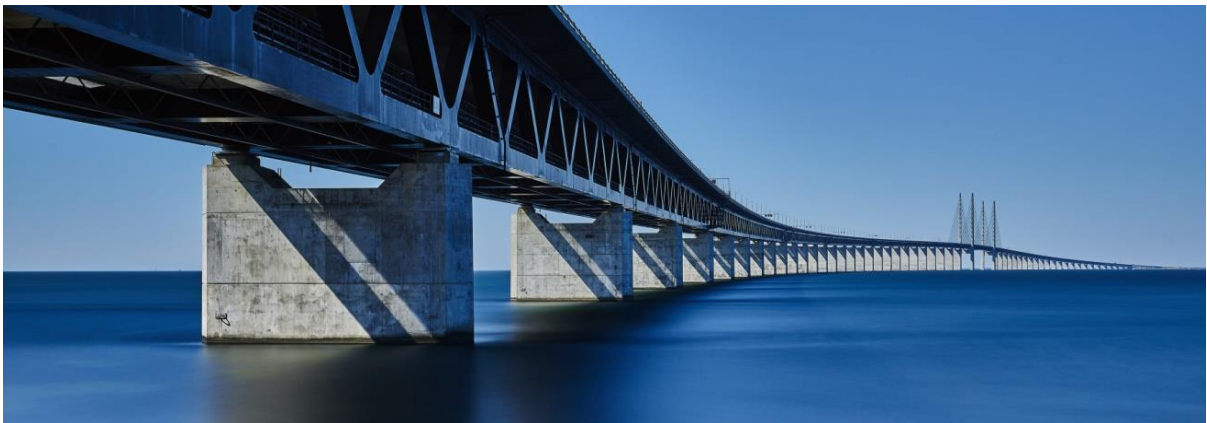




Hur kan Sverige rusta för stigande hav?

Sammanfattning och slutsatser från Workshop on Sea Level Rise; IPCC
SROCC Science and Planning for Climate Adaptation

Sofie Schöld, Ingrid Gudmundsson, Lisa Lind, Magnus Hieronymus, Anette Jönsson och Emilie Breviere

Sammanfattning

I november 2019 arrangerade SMHI en workshop på temat stigande havsnivåer. Deltog gjorde bland annat representanter från nationella och internationella myndigheter, kommuner, universitet och forskningsinstitut. Under workshopen diskuterades den senaste forskningen inom området, kopplat till klimatanpassning och samhällsplanering för stigande havsnivåer. Inbjudna föreläsare berättade om klimatanpassning i Skandinavien och om det aktuella kunskapsläget.

Workshoppens syfte var att diskutera FN:s klimatpanels specialrapport ”Havet och kryosfären i ett förändrat klimat”, att identifiera de utmaningar och behov som olika samhällsaktörer stöter på i arbetet med stigande havsnivåer, samt att hitta möjliga vägar framåt för att möta dessa. Under workshopen hölls diskussioner på olika teman, bland annat strategier för klimatanpassning och metoder för att skatta extrema högvattenhändelser i ett framtida klimat. Vid ett rundabordssamtal diskuterades behov av riktlinjer, information och kunskapsunderlag i relation till havsnivåfrågan.

Deltagarna var eniga om att kunskap om osäkerheter kopplat till framtida havsnivåer och högvattenhändelser är av stor vikt för att klimatplanering ska kunna genomföras på ett robust sätt. Projektioner för havsnivåhöjning på en längre tidshorisont än 2100 lyftes också fram som något som bör belysas i syfte att tydliggöra vikten av utsläppsminskning och långsiktig planering. Annat som diskuterades var behovet av en fortlöpande dialog mellan aktörer som arbetar med att ta fram riktlinjer och kunskapsunderlag, samt att man måste hitta strategier för att hantera det faktum att den vetenskapliga informationen om klimatförändringarna både innehåller osäkerheter och är i ständig utveckling.

I rapportens avslutande kapitel ger SMHI exempel på hur vi skulle kunna bidra till att uppfylla de identifierade behoven och möta de utmaningar som samhället står inför när havet stiger längs våra kuster.

SMHI vill rikta ett särskilt tack till Anders Rimne, Anna Wåhlin, Carlo Sass Sørensen, Cathrine Andersen, Gunnel Göransson, Kristian Breili, Michalis I. Vousdoukas, Roderik Van de Wal och Sönke Dangendorf som höll presentationer under workshopen. Vi vill även tacka alla som deltog och bidrog till intressanta diskussioner och värdefulla insikter.

Summary

In November 2019 SMHI arranged a workshop on rising sea levels, with participants from national and international authorities, municipalities and research institutes. During the workshop, science in relation to climate adaptation and planning for rising sea levels was discussed. Invited speakers held talks on climate adaptation in Scandinavia and the current state of research on rising sea levels.

The purpose of the workshop was to discuss the IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, to identify challenges and knowledge requirements that different organizations encounter when dealing with future sea levels, and to find ways to address these. During the workshop, discussions were held on strategies for climate adaptation, methods for estimating future extreme sea level events and the need for guidelines and information in relation to sea level rise.

Participants agreed that an understanding of uncertainties in projections of future sea levels and extreme events are vital for robust planning. Projections that extend beyond year 2100 are also needed as they highlight the importance of mitigation and long term planning. Furthermore, a continuous dialogue between the “knowledge providers” and the organizations developing planning guidelines is needed in order to find strategies for dealing with the fact that climate projections contain large uncertainties and that science and our knowledgebase is evolving rapidly.

In the final chapter of this report, possible ways to meet the challenges and knowledge requirements identified during the workshop are discussed by SMHI.

SMHI would like to thank all participants, especially those who acted as key note speakers: Anders Rimne, Anna Wåhlin, Carlo Sass Sørensen, Cathrine Andersen, Gunnel Göransson, Kristian Breili, Michalis I. Vousdoukas, Roderik Van de Wal and Sönke Dangendorf.

Innehållsförteckning

1.	BAKGRUND	4
2.	RAPPORTENS SYFTE.....	5
3.	SAMMANFATTNING AV FÖRELÄSNINGARNA	5
3.1	Anpassning i Skandinavien.....	5
3.2	Vetenskapliga föreläsningar.....	7
4.	SAMMANFATTNING AV WORKSHOPPENS DISKUSSIONER	11
4.1	Osäkerheter och extremvärden.....	11
4.2	Planeringshorisont	12
4.3	Kommunikation.....	12
4.4	Regional modellering.....	13
4.5	Vägen framåt	14
5.	SLUTSATSER FRÅN WORKSHOPPEN.....	14
6.	SMHIS EFTERANALYS	15
6.1	Osäkerheter och extremvärden - framtida medelvattenstånd.....	15
6.2	Osäkerheter och extremvärden – kortvariga högvattenhändelser med låg sannolikhet.....	17
6.3	Planeringshorisont	18
6.4	Kommunikation.....	20
6.5	Vägen framåt och SMHIs roll	20
7.	REFERENSER OCH WEBBLÄNKAR	20
8.	PROGRAM “WORKSHOP ON SEA LEVEL RISE; IPCC SROCC SCIENCE AND PLANNING FOR CLIMATE ADAPTATION”	23
9.	DELTAGANDE ORGANISATIONER I WORKSHOPPEN	23

1. Bakgrund

Stigande havsnivåer på grund av ett förändrat klimat är en fråga som får allt större uppmärksamhet. Många kommuner, särskilt längs landets södra kuster, planerar för att möta effekterna av högre havsnivåer och situationer med extrema havsvattenstånd. Det är också många andra intressenter som tar sig an olika utmaningar kopplat till stigande hav, bland annat inom fysisk planering, lagstiftning, naturvård, dricksvattenfrågor och forskning.

SMHI har ett ansvar för tillämpad forskning och utveckling inom sitt verksamhetsområde samt för att utveckla och tillgängliggöra information om stigande havsnivåer, som stöd för exempelvis kommunal planering. SMHI som myndighet tillhandahåller kunskapsunderlag och planeringsunderlag på nationell nivå, medan SMHIs affärsverksamhet erbjuder tjänster där mer detaljerad information behövs exempelvis på regional och lokal skala.

För ett par år sedan utförde SMHI ett regeringsuppdrag som resulterade i en serie rapporter om framtida havsnivåer och vattenståndsdynamik längs Sveriges kuster. Efter redovisning av detta uppdrag etablerade SMHI en expertgrupp med särskilt fokus på att förvalta och utveckla kunskapen om stigande havsnivåer i Sverige. SMHIs målsättning är att leverera ett robust underlag kring havsnivåhöjning och vattenståndsdynamik som vilar på vetenskaplig grund. För att kunna tillhandahålla samhällsnyttiga beslutsunderlag för olika typer av aktörer är det nödvändigt att förstå vilken information som efterfrågas av olika intressenter, i vilket syfte och på vilket sätt informationen används.

Under FN:s klimatpanel IPCC:s arbete med den femte syntesrapporten om kunskapsläget kring klimatets förändring (AR5) identifierades havet och kryosfären (den frusna delen av vår planet) som ett område där en särskild genomlysning behövdes (IPCC, 2013). Därför togs en specialrapport¹ fram och publicerades i september 2019 ("Havet och kryosfären i ett förändrat klimat" eller "SROCC"). Specialrapporten bekräftade i stort resultatet från AR5 med avseende på havsnivåhöjning, med undantag av projektioner för utsläppsscenarioet RCP8.5 där utökad kunskap om isdynamiken i Antarktis gav ett något högre resultat än tidigare. Rapporten innehöll också vägledning för en längre tidshorisont än tidigare.

I ljuset av IPCC:s senaste rapport SROCC, och för att klarlägga olika intressenters behov av planeringsunderlag, arrangerade SMHIs expertgrupp för stigande hav en workshop – "Workshop on Sea Level Rise; IPCC SROCC Science and Planning for Climate Adaptation". Workshopen hölls på Vildmarkshotellet utanför Norrköping den 7-8 november 2019, med deltagare från svenska och nordiska myndigheter och kommuner samt nationella och internationella forskare med expertis inom stigande havsnivåer.

Workshopen erbjöd en plattform för nationellt och internationellt kunskapsutbyte. Dess syfte var att identifiera vilka utmaningar de aktörer som jobbar med frågeställningar kring stigande havsnivåer ställs inför, samt att hitta möjliga vägar framåt för att möta dessa utmaningar.

Under workshopen hölls vetenskapliga föreläsningar varvat med diskussioner och presentationer från nationella och internationella aktörer inom planering och klimatanpassning för stigande hav, kusterosion och extrema högvattenhändelser.

What are your main challenges when dealing with sea level rise?

Mentimeter



Figur 1. Vid workshoppens inledning ombads deltagarna att ge exempel på utmaningar som de möts av. Figuren visar några av svaren.

2. Rapportens syfte

Denna rapport ger en överblick över workshoppens innehåll genom en kort sammanfattning av de föredrag och presentationer som hölls, och de diskussioner som fördes. Rapportens huvudsyfte är emellertid att sammanfatta och presentera de utmaningar och behov av information och underlag som deltagarna tillsammans identifierade.

I det sista kapitlet summerar SMHI sin nuvarande roll som expertmyndighet och lyfter fram exempel på hur denna roll skulle kunna utvecklas för att möta de behov som identifierades under workshopen.

3. Sammanfattning av föreläsningarna

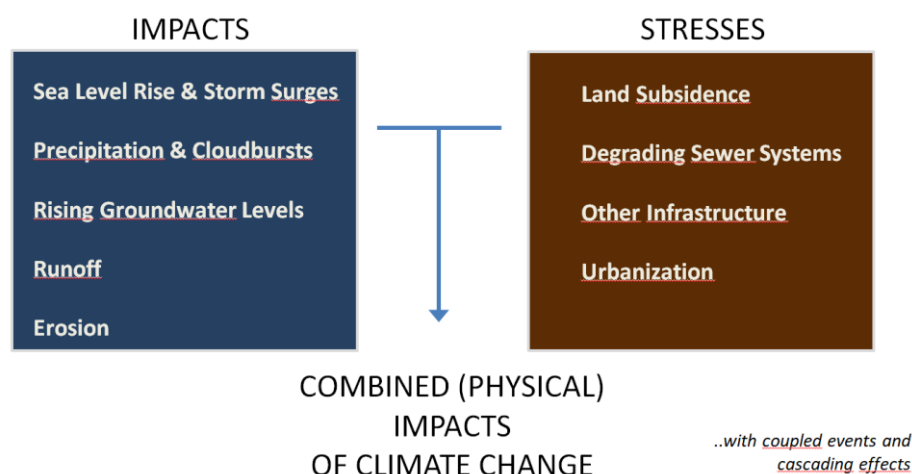
Under workshopen varvades diskussioner med föreläsningar av internationella forskare och experter inom havsnivåer och klimatanpassning. Nedan presenteras korta sammandrag av dessa. Presentationer från alla föreläsningar finns tillgängliga på konferensens webbsida² (se länklista i kap 7). Där går det också att titta på videoinspelningar från de vetenskapliga föreläsningarna.

3.1 Anpassning i Skandinavien

Representanter från myndigheter i Danmark, Norge och Sverige presenterade exempel på klimatanpassningsarbetet i respektive land.

Carlo Sørensen, Kystdirektoratet, Danmark

Översvämningar och erosion är ett stort problem längs Danmarks kustlinje. Kommunerna fungerar olika och har olika möjligheter att arbeta med klimatanpassning. Idag finns vägledning för räddningstjänst, för fastighetsägare och för kommuner. Sørensen påpekade vikten av att arbeta med anpassning och utsläppsminskning integrerat, och att mer koordinerad planering behövs. Det är också viktigt att ha en integrerad syn på klimateffekter, till exempel avrinning, grundvatten, infrastruktur och urbanisering. Man behöver hitta mångfunktionella lösningar, exempelvis genom att använda naturen som skydd, och titta i ett långt perspektiv framåt, kanske längre än vad som är vanligt i dagsläget. Olika metoder kan kombineras, både "top down" och "bottom up", vilket innebär att bygga upp den institutionella kapaciteten såväl som att öka medvetenheten hos en bredare allmänhet. Det är viktigt att arbeta med medborgare och skapa engagemang genom medborgardrivna processer.



Figur 2. Integrerad syn på effekterna av klimatförändringen. Källa Kystdirektoratet, figuren hämtad från C. Sörensens presentation.

Cathrine Andersen, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, DSB, Norge

Norge har med sitt mycket kuperade landskap en tradition av anpassning till naturolyckor. Klimatförändringar kan liknas vid en förstärkare av dessa naturolyckor. Kortvariga högvattenhändelser är oftast inte ett problem, eftersom ett varningssystem finns på plats, och kustkommuner är vana att hantera detta. Däremot är den långsamma havsnivåhöjningen en fråga som behöver hanteras nationellt eftersom många av Norges kustkommuner är små med begränsade resurser för att hantera detta själva.

För drygt tio år sedan initierades därför en klimatanpassningsprocess, vilken fick en fastare form 2011 då nya riktlinjer integrerades i regelverken för lokal planering. Nya riktvärden för havsnivåhöjning släpptes 2015 och ska användas av kommunerna för deras lokala planering till dess att nya nationella riktvärden tas fram. Det finns flera säkerhetskategorier, beroende på vilken typ av ändamål bebyggelsen har, till exempel enskilda hus eller mer kritisk infrastruktur. Många kommuner adderar, utöver rekommendationerna, ofta extra säkerhetsmarginaler. En ”mjuk lag” anger att kommunerna ska göra risk- och sårbarhetsanalyser för nybyggnad, och revidera sina planer vart fjärde år.

SAFETY CATEGORY	STORM SURGE RETURN LEVEL	SEA LEVEL RISE 95th percentile RCP8.5	NN2000 OFFSET	PLANNING LEVEL
1.	221 cm (20-yr return level)	53 cm	6 cm	268 (270) cm
2.	238 cm (200-yr return level)	53 cm	6 cm	285 (290) cm
3.	249 cm (1000-yr return level)	53 cm	6 cm	296 (300) cm

Figur 3. Riktvärden för havsnivåhöjning är planeringsunderlag för norska kustkommuner. Här visas ett exempel på sådana riktvärden. Källa DSB, figuren hämtad från C. Andersens presentation.

Anders Rimne, Boverket, Sverige

I Sverige är planering för mark och vatten, enligt Plan- och Bygglagen, ett ansvar som vilar på kommunerna. Plan- och Bygglagen anger att bebyggd miljö ska vara lokaliserad till mark som är ändamålsenlig, med hänsyn tagen bland annat till hälsa och säkerhet för människor, olycksrisk, översvämning och erosion.

Länsstyrelserna har ett övergripande ansvar för tillsyn av kommunernas planer och flera länsstyrelser har utfärdat rekommendationer i form av lägsta nivå för bebyggelse. Många länsstyrelser och kommuner baserar sina planeringsnivåer på underlag från SMHI.



Figur 4. Exempel på vägledning från en kommun och från en länsstyrelse. Figuren hämtad från A. Rimnes presentation.

Boverket anser att de sannolika intervallen för havsnivåhöjning i IPCC:s rapporter är svåra att hantera i planeringsändamål, och att det behövs mer information. I många fall är de sannolika intervallen bra, men i vissa fall behövs havsnivåer med lägre sannolikhet, särskilt för planering av kritisk infrastruktur. I sin kontakt med kommunerna refererar Boverket till IPCC:s sannolika intervall men informerar samtidigt om osäkerheter i projektionerna.

Boverket har ett regeringsuppdrag som går ut på att samordna det nationella klimatanpassningsarbetet för den byggda miljön i samverkan med andra myndigheter (däribland SMHI, MSB och SGI)³.

3.2 Vetenskapliga föreläsningar

Fyra forskare presenterade kunskap och pågående arbete kring havsnivåhöjningen globalt och regionalt samt kostnads- och nyttoanalyser för planering.

Utifrån kunskapen om hur mycket vatten i olika former det finns totalt på jorden och mätningar av faktisk havsnivå undersöker Dr. Sönke Dangendorf hur mycket olika processer har bidragit till den befintliga havsnivåhöjningen och för vilka bidrag som osäkerheten är störst. Han har också studerat hur havsnivån regionalt skiljer sig från det globala medelvärdet.

Professor Roderik Van de Wal fokuserade på att visa en del av de nya uppgifter om framtida havsnivåer som finns med i SROCC. Föredraget handlade om de nya nivåerna, de längre projektionerna, extremvärden och vilka processer som ger de största osäkerheterna.

De största osäkerheterna är kopplade till glaciärerna på Antarktis och Grönland. Professor Anna Wåhlin presenterade resultaten från en expedition till Thwaitesglaciären⁴ i västra Antarktis. Presentationen visade hur mycket grundläggande kunskap som fortfarande saknas, till exempel kring hur bottenpografien ser ut under glaciärernas flytande delar.

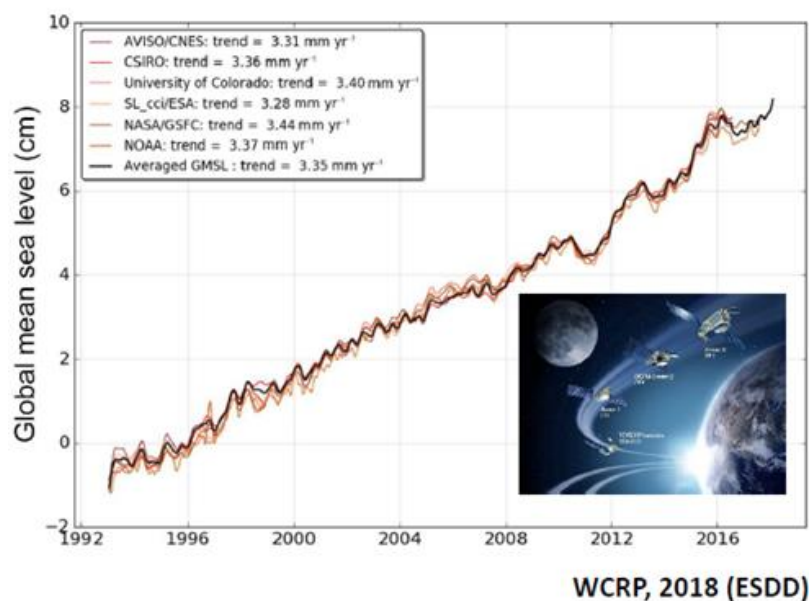
Trots osäkerheter om exakt vilka havsnivåer vi kommer att få i framtiden behöver vi förhålla oss till dem redan idag. Dr. Michalis Voudoukas visade på vad det kan kosta i framtiden att inte redan nu anpassa sig till stigande havsnivåer och jämförde detta med kostnader för anpassningsåtgärder eller för utsläppsminskningar som kan begränsa havsnivåhöjningen.

Sönke Dangendorf, University of Siegen, Germany: Global and regional sea level changes over the instrumental era

Det är nödvändigt att bättre förstå de historiska förändringarna av havsnivåerna för att utveckla projektioner för framtiden. Från 1960-talet och framåt visar havsnivåmätningar en tydlig acceleration av den globala havsnivåhöjningen. Havsnivåhöjningen orsakades länge främst av termisk expansion (vatten utvidgas när det värms upp och tar då mer plats än kallare vatten) men har under senare år kommit att domineras av ökande avsmältning från inlandsisar och glaciärer. Idag representerar isavsmältningen den största osäkerheten i projektioner för framtida havsnivåer. Detta är viktigt för planerare att förstå bland annat eftersom stora vattenmängder finns inlagrade i ismassorna.

Havsnivåerna regionalt kan skilja sig mycket från det globala medelvattenståndet. När tunga landisar smälter påverkas gravitationen (geoiden) och jordskorpan (landhöjning) av den förändrade massan. Steriska effekter uppkommer när havet värms upp olika mycket på olika platser. Vind och lufttryck påverkar vattenståndet vilket också sättningar i jordskorpan orsakade av t.ex. jordbävningar eller färskvattenuttag gör.

För Sverige är havsnivån starkt påverkad av landhöjningen, men steriska effekter i Nordostatlanten påverkar oss också. För att studera utvecklingen behövs regionalt nedskalade modellberäkningar. Eftersom avsmältning i Antarktis på sikt kan ge en stor global havsnivåhöjning som även påverkar Sverige är det viktigt att följa kunskapsutveckling även om detta.



Figur 5. Utvecklingen för den globala medelhavsnivån sedan 1993, då detaljerade satellitmätningar startade. Figuren hämtad från S. Dangendorfs presentation.

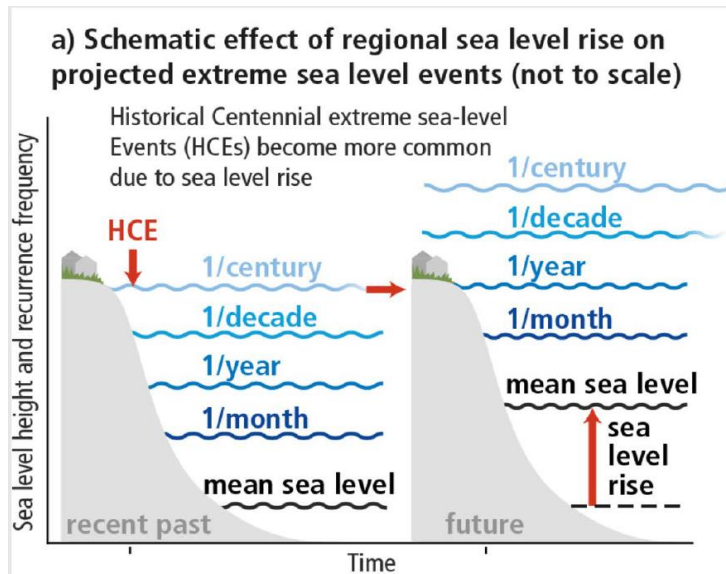
Roderik van de Wal, Institute for Marine and Atmospheric research Utrecht Department of Physical Geography, Utrecht University: Sea level rise and changes in extremes

Haven stiger allt snabbare. Under åren 2006–2015 var den globala höjningen av medelvattenståndet 3,6 mm per år i genomsnitt, dessutom har det under några av de senaste åren uppmätts höjningar på 5 mm per år. Mätningarna uppvisar dock stora regionala variationer, exempelvis har havet stigit kraftigare i västra Stilla havet jämfört med medelhöjningen.

De två senaste sammanställningarna från IPCC, AR5 från 2013 och SROCC från 2019, baseras på samma klimatscenarier (CMIP5). Skillnaden i den nyare rapporten är att forskarna har fått ökad kunskap om avsmältningen i Antarktis vilket ger högre framtida havsnivåer. Osäkerheter i nivåerna är fortfarande stora "Sea level rise could be a little less, a little more or a lot more than the report says. But it is not going to be a lot less."

SROCC- rapporten fokuserar på ett lågt- och ett högt utsläppsscenario. I rapporten redovisas projektioner fram till år 2300 och skillnaderna mellan de olika utsläppsscenarierna blir allt tydligare bortom 2100. Vid seklets slut är skillnaden i globalt medelvattenstånd mellan det låga och det höga utsläppsscenariot ett par decimeter. Vid år 2300 är motsvarande skillnad flera meter, vilket starkt visar på vikten av utsläppsminskning. Om man utgår från det höga scenariot (RCP8.5) för 2100, har man också indirekt accepterat de högre nivåerna för 2300.

Den senaste rapporten har också större fokus på havsnivåhöjningens effekter på högvattenhändelser. Extrema havsnivåer kommer att bli vanligare i framtiden när medelvattenståndet (utgångsläget) blir högre. Exempelvis kan vad som idag är en genomsnittlig hundraårshändelse förväntas inträffa varje år på många platser redan vid seklets slut.



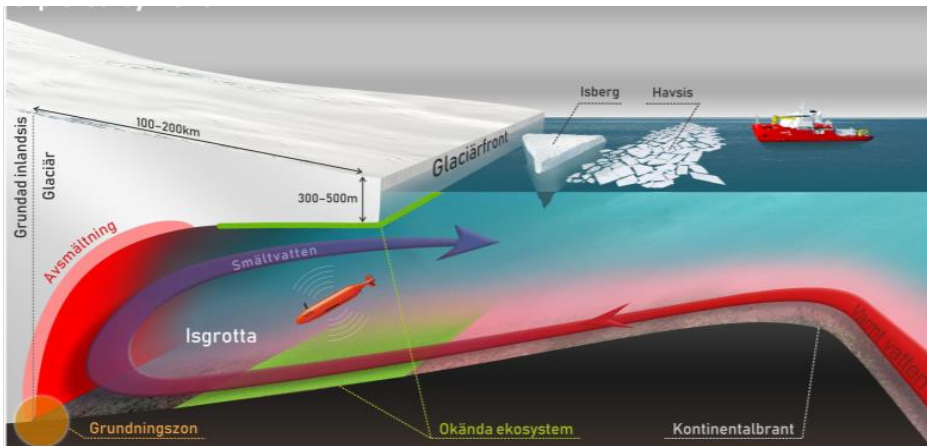
Figur 6. Exempel på hur återkomsttider för extrema havsnivåer kan förändras. Figuren hämtad från R. van de Wals presentation.

Anna Wåhlin, University of Gothenburg: An orange submarine underneath the doomsday glacier: lessons learned and main results

Utvecklingen av avsmältningen i Antarktis är central för att förstå den framtida havsnivåhöjningen. Glaciären Thwaites på västra Antarktis, även kallad "Domedagsglaciären", har en yta motsvarande Florida och är en av de mest instabila glaciärerna på kontinenten. I ett omfattande forskningsprogram studeras nu glaciären. Syftet är att utforska de förhållanden som leder till en snabb förlust av is. Bättre kunskap om dessa kan möjliggöra prognoser för glaciärens avsmältning.

Från satelliter kan man se glaciär- och isutbredningen samt tjockleken på istäcket. Men djupen (batymetrin) under den flytande delen av glaciären är ännu okända. Glaciärens ovansida påverkas av bland annat en stigande lufttemperatur och havsvattnet påverkar isen underifrån. För att förstå och kunna modellera dessa processer behövs bland annat mätningar av djup, temperatur och salthalt under isen.

Med hjälp av en autonom undervattensfarkost (AUV) gjordes nyligen mätningar under Thwaitesglaciären. En viktig slutsats från expeditionen är att dagens djupkartor för området runt västra Antarktis har missvisande information. Detta leder i sin tur till stora fel när havscirkulationen i området beräknas i modeller. Att ta fram bättre djupkartor är således viktigt för att förbättra framtida projektioner av avsmältningen på Antarktis.



Figur 7. Havsförhållandena och avsmältningen under de flytande glaciärfrenterna är i stort sett okända, och utforskas nu med hjälp av en autonom undervattensfarkost. Figuren hämtad från A. Wåhlins presentation.

Michalis Voudoukas, Disaster Risk Management Unit, European Commission: Costs associated with sea level rise in Europe

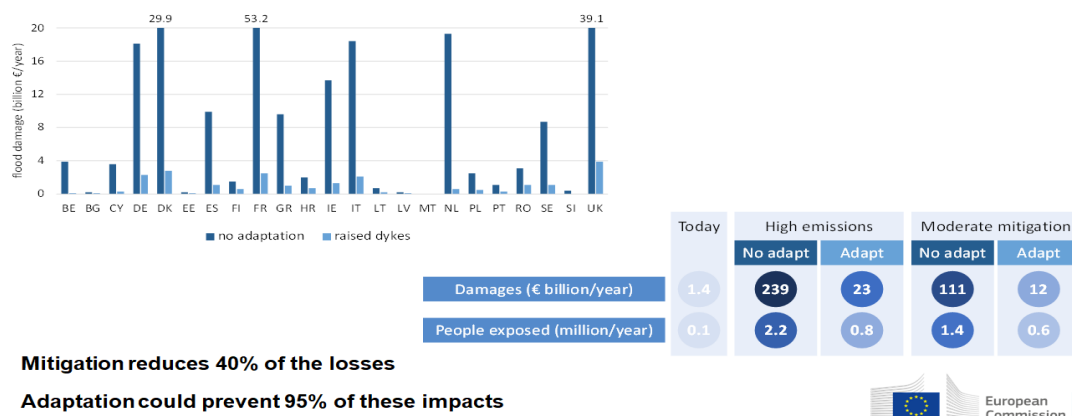
Omkring en tredjedel av EU:s befolkning bor inom 50 kilometer från kustlinjen. Antalet personer som kan komma att exponeras för kustöversvämningar vid sekelskiftets slut uppskattas till upp till 185 miljoner.

Ett verktyg, LISCoAsT⁵, har utvecklats för att analysera väderrelaterade effekter på kustområden i nuvarande och framtida klimat. Verktöget kan bland annat användas för kostnads- och nyttoanalyser för skyddsvallar. Kostnads- och nyttoanalyserna tas fram genom att studera skadekostnader jämfört med kostnader för anpassningsåtgärder.

Beräkningar visar att de årliga kostnaderna för kustöversvämningar i EU år 2100 kan öka mer än hundrafalt jämfört med dagens nivåer. Beräkningarna illustrerar kostnadsutvecklingen under förutsättning att inga anpassningsåtgärder utförs. Analyserna visar också att anpassningsåtgärder är mycket lönsamma, åtminstone i urbaniserade områden. Billigast i längden är dock att minska utsläppen av växthusgaser så att havsnivån inte stiger lika mycket.

De beräkningar som görs, och verktyg som används, är baserade på öppna globala dataset och öppen källkod. Regional eller lokal information om t.ex. befintliga skyddsåtgärder välkomnas och kan bidra till att förbättra beräkningarna.

Costs and benefits of Adaptation



Figur 8. Utsläppsminskningar kan minska de klimatrelaterade skadekostnaderna med 40 %. Anpassningsåtgärder är betydelsefulla för att minska de negativa effekterna. Figuren hämtad från M. Voudoukas presentation.

4. Sammanfattning av workshoppens diskussioner

Nedan sammanfattas de diskussioner som fördes under workshoppens parallella sessioner och diskussionsmoment. Under de parallella sessionerna var deltagarna uppdelade i två grupper med varsitt tema; *"Adaptation strategies"* respektive *"Methods for estimating and handling extreme sea levels in a future climate"*. Nedan redovisas diskussionerna dock inte utifrån ovanstående teman utan ifrån ett antal valda rubriker; *osäkerheter och extremvärden, planeringshorisont, kommunikation, regional modellering, samt vägen framåt*.

Notera att nedanstående avsnitt återspeglar åsikter och kommentarer framförda av deltagarna, och är därför inte alltid i linje med enskilda aktörers eller SMHIs ställningstagande.

4.1 Osäkerheter och extremvärden

En av de största utmaningarna med att planera för framtida havsnivåer är de stora och komplexa osäkerheter som projektionerna innebär. Det finns stora vetenskapliga osäkerheter, exempelvis kopplade till dynamiken i Antarktis. Dessutom är klimatscenerierna, som ligger till grund för projektioner av framtida havsnivå, baserade på en rad antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser.

I planeringssammanhang måste framtida klimatdrivna förändringar av havsnivån (medelvattenståndet) kompletteras med nivåer för kortvariga högvattenhändelser vid stormar. Även dessa är kopplade till osäkerheter (eller kanske snarare sannolikheter) eftersom det handlar om statistiskt beräknade extremvärden. Planeringsunderlag för framtida havsnivåer kommer därför alltid innehålla flera olika osäkerhetskomponenter staplade på varandra. Detta kan vara svårt att förhålla sig till men är mycket viktigt att förstå.

Deltagarna på workshopen var överens om att olika typer av nivåer för planering behövs:

- Havets framtida medelnivå är viktig eftersom den påverkar till exempel dricksvattentillgång och odlingsmöjlighet (bland annat på grund av saltinträngning).
- Extremnivåer för framtida kortvariga högvattenhändelser behövs för dimensionering av byggnationer och bedömning av översvämningsrisker.
- Dessutom behövs underlag med olika sannolikhetsbedömningar, särskilt för riskanalyser.

För den sista punkten ovan är IPCC:s sannolika intervall inte tillräckligt, utan det behövs även underlag för havsnivåprojektioner med lägre sannolikhet för planering av högriskprojekt. Men att svara på vad som är "låg sannolikhet" är svårt.

"Scenarier med låg sannolikhet bör finnas med i strategin för stigande hav. För oss är IPCCs sannolika intervall inte en låg sannolikhet!"

I statistiska beräkningar används återkomsttid som ett mått på sannolikheten för en högvattenhändelse. I Norge har extremvärden tagits fram för högvattenhändelser med 1000 års återkomsttid⁶, medan man i Sverige hittills har valt att använda sig av 100 och 200 års återkomsttider i offentliga utredningar. Aktörer från Sverige efterlyser extremnivåer med längre återkomsttid än så, men det finns flera problem kopplade till detta.

För vattenstånd är dataseriens längd och mätfrekvens begränsande för hur lång återkomsttid som kan beräknas med tillräckligt hög konfidens. Dessutom kan olika statistiska metoder ge olika resultat på samma dataserie. Ett beräknat 1000-årsvärde är alltså statistiskt mycket osäkert. Det faktum att en sådan beräkning antar att klimatförändringar inte kommer att förändra variabiliteten i extrema väderhändelser (stormar), gör det ännu mer tveksamt. Men några aktörer anser ändå att dessa långa återkomsttider kan vara användbara i planering av högriskprojekt.

"En återkomsttid på hundra år innebär ju en väldigt hög risk att händelsen inträffar. Även om siffror för 1000 års återkomsttid är osäkra så har de ett mervärde."

Sammanfattning:

- Det finns ett behov av både nivå på framtida medelvattenstånd och av extremnivåer.
- Det finns även ett behov av framtida havsnivåer (både medel- och extremvärden) med lägre sannolikhet än vad IPCC förmedlar idag.

- Det finns dock en mycket stor vetenskaplig svårighet i att ta fram relevanta värden på de efterfrågade havsnivåerna med mycket låg sannolikhet.

4.2 Planeringshorisont

De vetenskapliga klimatscenarierna och projektioner för havsnivåhöjning sträcker sig generellt fram till år 2100, men den senaste IPCC-rapporten (SROCC¹) innehåller även underlag för global havsnivåhöjning fram till år 2300. På en längre tidshorisont blir skillnaderna i framtida havsnivåer utifrån olika utsläppsscenarioer mycket tydliga. Detta är en viktig signal från IPCC som belyser vikten av att snabbt minska utsläppen av växthusgaser för att hålla nere de globala temperaturökningarna och därmed avsmältningen av inlandsisar. Men också det faktum att havet reagerar väldigt trögt syns i informationen, vilket innebär att havet kommer att fortsätta stiga under en lång tid även om utsläppen av växthusgaser begränsas.

“Det ger en viktig signal att IPCC blickar längre fram än 2100, för att skapa engagemang och insikt.”

Samhällsplanerare har en stor utmaning i att bestämma vilken planeringshorisont som är lämplig i olika sammanhang. Det konstaterades att till exempel landskapsarkitekter är vana vid att tänka längre än vad stadsplanerare hittills gjort.

Generellt specificerar inte myndigheternas (till exempel Boverket och norska DSB) rekommendationer vilka tidsskalor som ska användas i samhällsplanering, utan lämnar det beslutet till kommunerna. Myndigheterna uppmuntrar dock till att börja tänka i längre tidsperspektiv än vad som kanske är brukligt, och de efterfrågar även underlag för detta.

“Vi behöver förlänga tidshorisonten. SMHI bör erbjuda information för 2100, 2200 och 2300 för lokal planering, och även med extrema scenarier. Våga gå utanför IPCC:s intervaller.”

Samtidigt finns medvetenhet hos aktörerna om att längre scenarier är förknippade med större osäkerheter, och att spannen för de framtida havsnivåerna därför blir väldigt stora. Det är således en utmaning för de myndigheter som förväntas leverera underlag, att presentera informationen på ett användbart sätt (se vidare under “Kommunikation”).

Representanter från kommuner och länsstyrelser ansåg att det vore värdefullt om myndigheterna som ansvarar för det vetenskapliga kunskapsunderlaget (det vill säga SMHI för Sverige) och de som tar fram riktlinjer (det vill säga Boverket för Sverige) arbetar tillsammans för att ta fram gemensamma rekommendationer för planering för stigande havsnivå (se vidare under “Vägen framåt”).

Trots att forskningen utvecklas snabbt, och nya möjliga nivåer publiceras allt mer frekvent, vill aktörerna inte ha nya rekommendationer/siffror att förhålla sig till för ofta. Aktörerna är överens om att det mest robusta är att se över rekommendationer i samband med nya rapporter från IPCC.

Sammanfattning:

- Det är viktigt att lyfta fram IPCC:s information om framtida havsnivåer efter 2100 även om osäkerheterna i dessa uppskattningar är stora. Det är viktigt bland annat för att det tydligt visar att havsnivåhöjningen blir betydligt lägre på sikt om vi lyckas begränsa koldioxidutsläppen i nutid.
- Det finns ett behov av regionalt nedskalad havsnivåinformation på de längre tidsskalorna utöver IPCC:s globala siffror.
- Ett ökat samarbete mellan de som har behov av och använder underlag baserade på framtida havsnivåer och de som tar fram underlaget anses nödvändig.
- Det räcker om framtagna siffror uppdateras när IPCC utkommer med ny information. Tätare uppdateringar behövs inte.

4.3 Kommunikation

Den ökade medvetenheten i samhället om klimatförändringar har gjort det enklare att föra diskussioner om behovet att planera för dessa risker, men det är fortfarande en utmaning att översätta forskning till ett underlag som beslutsfattare, planerare och allmänhet kan ta till sig.

”Vi behöver något som medborgarna kan relatera till. Det är en utmaning att översätta naturvetenskap till något som faktiskt betyder något för människor i deras liv.”

Många aktörer upplever att kommunikation av, och att skapa förståelse för, osäkerheter (och sannolikheter) är särskilt utmanande. Forskare och producenter av vetenskapligt underlag behöver inse detta och förstå behoven hos aktörerna, för att kunna leverera användbara beslutsunderlag. Samtidigt efterfrågar aktörerna utbildningar i hur de vetenskapliga underlagen ska tolkas och omsättas i praktiken.

”Låg sannolikhet kan betyda olika saker för olika aktörer. När ni tillhandahåller siffror behöver ni också tillhandahålla utbildning och förklaringar.”

Vidare behövs en ytterligare ökad medvetenhet hos allmänhet och beslutsfattare om konsekvenser av stigande havsnivåer.

”Öka medvetenheten om att det kanske inte är hållbart att marknadsföra städer som ”staden vid vattnet”.

I Sverige behöver vi dessutom förstå att det som i dagsläget är en aktuell fråga främst i de södra delarna av landet, tids nog kommer att aktualiseras även längre norrut.

För att förenkla kommunikationen om stigande havsnivåer och de konsekvenser som dessa kan innebära krävs genomtänkta och användarvänliga tjänster. Visuella tjänster hjälper mottagaren att förstå budskapet, men för planering behövs siffror och tabeller.

Sammanfattning:

- Det är svårt att prata om framtida havsnivåer och de osäkerheter som finns på ett sätt som gör att allmänhet och beslutsfattare förstår konsekvenserna av ett stigande hav på sin ort.
- Att utforma genomtänkta produkter och tjänster om framtida havsnivåer samt utbildningar kan vara olika sätt att möta utmaningarna.

4.4 Regional modellering

För planeringsändamål har globala klimatmodeller den uppenbara begränsningen att de är just globala. Därför blir nedskalningsmodeller en väsentlig del i framtagandet av regionalt besluts- och planeringsunderlag.

”Globala nivåer från IPCC är informativa men för kommuner behöver SMHI tillhandahålla regional information som innehåller lokala processer.”

Många aktörer driver och utvecklar sina egna modeller för nedskalning. Det vore önskvärt med ett mer utvidgat internationellt samarbete kring regional modellering, likt det som görs inom global modellering inom CMIP, Coupled Model Intercomparison Project⁷. Ett sådant samarbete skulle innebära bättre möjlighet till ensembler av nedskalade modeller, och således ett bättre underlag på regional nivå.

”Förbättrad regional information behövs, men också insikt om att det är nödvändigt att använda regionala data istället för enbart globala. Vi behöver även göra regionala data mer lättåtkomliga.”

I vissa europeiska länder (t.ex. Nederländerna) ger regeringen den myndighet eller det institut som ansvarar för havsnivåfrågan i uppdrag att göra en nedskalning av informationen när IPCC släpper nya rapporter. De nationella rapporterna lanseras 1 till 2 år efter att IPCC-rapporten har släppts. Nedskalningen är ett stort och resurskrävande arbete men flera av de vid workshoppen närvarande myndigheterna ansåg att Sverige borde göra någonting liknande.

Sammanfattning:

- För regional och lokal planering är ofta den globala skalan som tillhandahålls från IPCC otillräcklig. Regional nedskalning behövs.
- För att få tillförlitligt nedskalat material borde en ensemble av regionala nedskalningsmodeller användas. På global skala görs detta via CMIP, något liknande skulle kunna byggas upp regionalt.
- Det finns önskemål om att Sverige tar fram en nationell rapport baserad på IPCC:s material, för att presentera de regionala implikationerna av den senaste informationen från IPCC.

4.5 Vägen framåt

Det är tydligt att ett ökat samarbete, på flera plan, efterfrågas. Det behövs europeiska - och kanske även skandinaviska - ramverk, men viktigast är en nationell strategi för planeringen för framtida havsnivåer.

”Det behövs verktyg och vägledning för kommunerna. Vi måste hitta gemensamma strategier för vilka nivåer som ska användas i planeringen och hur vi hanterar dem. En ständigt pågående diskussion är nödvändig, med många aktörer inblandade.”

Även ansvarsfrågan behöver belysas och redas ut. På nationell nivå tyckte deltagarna att det saknas en samlad auktoritet som leder processen, med ansvar för kapacitetsuppbyggnad, kunskap och utbildning, som dessutom har i uppdrag att ta fram riktlinjer och rekommendationer. Ansvaret är för utspritt idag, en gemensam dialog behöver etableras. Men dialogen bör inte bara föras mellan myndigheter utan även med de branscher som idag har en allt ökande roll i att driva klimatanpassningsfrågan framåt, såsom försäkrings- och finansbranschen, byggindustrin och konsultföretag.

”Vi önskar ett nästa steg för ett svenskt koncept. Den här workshopen var en bra start.”

Konkreta önskemål framfördes, om att SMHI ska arbeta tillsammans med andra myndigheter (t.ex. Boverket, MSB och Länsstyrelserna) för att ta fram rekommendationer för Sverige, och att man på ett mer regelbundet sätt sammanställer kunskapsläget på nationell nivå.

”SMHI borde inte ensamma utfärda värden, utan tillsammans med andra myndigheter”.

Diskussioner fördes även kring finansieringsfrågan och vem som ska betala för regionalt (och lokalt) kunskapsunderlag. Möjligen kan bredare samarbeten underlätta, men det behövs ändå långsiktiga strategier för finansiering av arbetet med stigande havsnivåer på nationell nivå.

Sammanfattning:

- Det nationella ansvaret i Sverige för hur havsnivåfrågan i planeringssammanhang ska hanteras anses idag vara för utspritt. Ansvarsfördelningen bör förtydligas och en nationell strategi tas fram.
- Ökat samarbete efterfrågades för att ta fram gemensamma rekommendationer för Sverige och för att sammanställa kunskapsläget.
- Det finns också frågetecken om vem som ska betala för regionalt (och lokalt) kunskapsunderlag.

5. Slutsatser från workshopen

Utifrån föreläsningar och diskussioner under workshopen har följande slutsatser dragits:

- Arbete måste inriktas på utsläppsminskning och, trots stora osäkerheter, strategier för anpassning som är flexibla och tar hänsyn till lokala förhållanden.
- Avsmältningen i Antarktis är en central fråga för havsnivåhöjningen i ett långsiktigt perspektiv. Fortsatt forskning inom detta område är därför av största vikt.
- Ny kunskap och nya rapporter publiceras kontinuerligt. Samhället kan inte ständigt agera på allt nytt, utan gör klokt i att invänta de omfattande kunskapssammanställningar som IPCC tar fram. Dessa behöver dock skalas ned för att kunna utgöra ett stöd i regionala sammanhang.
- Det är ok att fatta beslut baserade på aktuellt kunskapsläge. Samtidigt behövs en god kännedom om osäkerheter.
- Flera scenarier med olika sannolikhetsbedömningar behövs för planering, och det är viktigt att använda en längre planeringshorisont än tidigare.
- Dialogen mellan olika aktörer behöver förbättras. Ansvariga myndigheter bör ta fram planeringsunderlag och riktlinjer tillsammans och inte var för sig.
- En säker och långsiktig finansiering behövs för att säkerställa fortsatt forskning och utveckling kring stigande hav och för anpassningsfrågor.

6. SMHIs efteranalys

SMHI är den myndighet i Sverige som tillhandahåller information och kunskapsunderlag om högvattenhändelser och framtida havsnivåer på nationell och i viss mån regional eller lokal nivå. Det kunskapsunderlag som SMHI tillhandahåller baseras på vetenskaplig grund och både den tillämpade forskning som bedrivs inom SMHI och övrig internationell forskning beaktas.

Under workshoppens diskussioner lyftes samhällsaktörers behov av information men också på vilka sätt SMHI skulle kunna bidra till att uppfylla dessa behov. Bland annat diskuterades vilken robust vetenskaplig information som finns tillgänglig i dagsläget, hur den bör eller kan hanteras, och vilken forskning som saknas eller är otillräcklig.

För att få kännedom om samhällets behov är olika typer av behovsanalyser och en fortlöpande dialog mellan olika aktörer nödvändigt. SMHI strävar efter att kontinuerligt ta fram och tillhandahålla de kunskaps- och beslutsunderlag som efterfrågas, naturligtvis inom ramarna för vad som är vetenskapligt robust och korrekt.

I SMHIs efteranalys sammanfattas olika aktörers behov och de sätt på vilka SMHI skulle kunna gå vidare för att möta dessa. En del av förslagen kan sannolikt rymmas inom ramen för SMHIs ordinarie verksamhet, medan andra förslag kräver särskild finansiering, specifika forskningsinsatser, eller är mer tids- och resurskrävande. Följande stycken innehåller ingen värdering eller prioritering av förslagen utan utgör en sammanfattning av de behov som har uttryckts och de vägar framåt som SMHI ser i relation till den egna verksamheten.

6.1 Osäkerheter och extremvärden - framtida medelvattenstånd

Under workshopen framkom önskemål om att få tillgång till möjliga nivåer för framtida medelvattenstånd i Sveriges kustkommuner baserat på scenarier eller projektioner med lägre sannolikhet än de nivåer som presenteras inom de sannolika intervall som anges av IPCC. Det påpekades att det, vid planering för samhällsviktig verksamhet, kan vara lämpligt att utvärdera nivåer vars sannolikhet är mycket låg. Ett sådant tillvägagångssätt tillämpas redan vid fysisk planering när det gäller vissa andra riskfaktorer, exempelvis risker vid transport av farligt gods. Därför framförs önskemål om att SMHI även ska beräkna och tillhandahålla lokala siffror för havsnivåhöjning med mycket låg sannolikhet.

I dagsläget tillhandahåller SMHI möjliga nivåer för medelvattenstånd i Sveriges kustkommuner år 2050 samt 2100, baserat på information om lokal landhöjning och IPCCs sannolika intervall för RCP2.6, RCP4.5 och RCP8.5⁹. SMHI arbetar med att uppdatera dessa nivåer med information från IPCCs specialrapport om havet och kryosfären och kommer då även inkludera regionala variationer på havsnivåhöjningen. De sistnämnda kan uppgå till ungefär 30 % av det globala medelvärdet.

Utöver dessa faktiska siffror för varje kustkommun beskriver SMHI lämpliga metoder för att räkna fram nivåer för havsnivåhöjning med lägre sannolikhet och redovisar exempel på sådana projektioner från den vetenskapliga litteraturen (se exempelvis Nerheim *et al.*, 2017).

Hur kan SMHI gå vidare med detta?

Det är relativt enkelt att uppskatta en nivå för ett möjligt framtida medelvattenstånd i exempelvis en kustkommun, baserat på valfri nivå på den globala havsnivåhöjningen (se exempelvis SMHI, 2017 kap 7 och Nerheim *et al.*, 2017 kap. 5.3.4 samt Bilaga 1), oavsett om man väljer att använda nivåer från IPCC eller från andra vetenskapliga rapporter. Att kvantifiera eventuella regionala variationer i havsnivåhöjning som kan förknippas med dessa nivåer är i regel svårare.

Exempel på faktorer som påverkar havsnivåhöjningen regionalt är landhöjning, landsänkning samt förändringar i gravitation orsakad av att de stora landisarna smälter med olika hastighet. Detta påverkar fördelningen av vatten i oceanerna. Graden av uppvärmning och termisk expansion varierar också mellan

olika platser på jorden. Detta och flera andra faktorer påverkar den höjning av havsnivån som kan uppstå regionalt och lokalt. Eftersom bland annat uppvärmning och avsmältning av landisar och glaciärer varierar mellan olika projektioner för havsnivåhöjning, så varierar även de regionala effekterna.

Det är också svårt att tolka den sannolikhet som är förknippad med IPCCs sannolika intervall ("likely ranges") samt att välja en eller flera jämförbara projektioner som kan anses ha en låg eller mycket låg sannolikhet för att inträffa. Det är också nödvändigt att faktiskt definiera vad en låg eller mycket låg sannolikhet innebär, för att kunna besluta om vilka projektioner som är lämpliga att basera beräkningar på.

Enligt IPCC (Oppenheimer *et al.*, 2019 kap 4.2.3.2), definieras det sannolika intervallet för havsnivåhöjning enligt ett givet RCP-scenario, som intervallet mellan den 17:e och 83:e percentilen. Det betyder att sannolikheten är 66 % att höjningen av det globala medelvattenståndet hamnar inom det aktuella intervallet. Sannolikheten för att höjningen av havsnivån blir högre än intervallet är således 17 %. Denna sannolikhetsbedömning förutsätter emellertid att den globala utvecklingen följer det aktuella RCP-scenariot. Hur sannolika de olika RCP-scenarierna är bedöms inte av IPCC, och det är en synnerligen komplicerad fråga som involverar delfrågor av både natur- och samhällsvetenskaplig karaktär.

En vanlig missuppfattning gällande sannolikheten för framtida havsnivåhöjningar är att risken för att överskrida det sannolika intervallet för RCP8.5 är just 17 %. Detta är en uppenbar överskattning av risken, då den förutsätter att sannolikheten för att våra framtida utsläpp skall följa just RCP8.5 är 100 %. Den verkliga risken för att framtida havsnivåhöjningar överstiger det sannolika intervallet för RCP8.5 är svår att kvantifiera, men sannolikt är den betydligt lägre än 17 %, då vi trots allt bör tillskriva t.ex. klimatmålen från Parisavtalet en viss sannolikhet att realiseras.

Vid diskussion om projektioner av havsnivåhöjning med lägre sannolikhet, hänvisas ofta till den rapport som presenterades av US Global Change Research Program 2017 (Sweet *et al.*, 2017). Rapporten presenterar nivåer för havsnivåhöjning som är baserade på sammanvägningar av litteratur som kan spegla allt från modellsimuleringar till expertutlåtanden. Kopplingen till utsläpp av växthusgaser är därför svagare för dessa projektioner än det underlag som presenteras i IPCCs rapporter.

Grunden för IPCCs projektioner är simuleringar med processbaserade modeller (beräkningsmetoder som representerar och simulerar beteendet hos verkliga system och de processer som dessa innefattar). IPCC beräknar alltså möjlig havsnivåhöjning för olika utsläppsscenarier med hjälp av modeller. Det innebär att en direkt jämförelse mellan de nivåer som IPCC presenterar och de som redovisas i den Amerikanska rapporten⁸ inte är möjlig.

IPCCs sannolika intervall motsvarar inte en övre gräns för den havsnivåhöjning som kan anses fysisk möjlig till 2100. En sådan absolut övre gräns existerar egentligen inte, men det finns i den vetenskapliga litteraturen ett stort antal uppskattningar av global havsnivåhöjning, som ligger utanför IPCCs sannolika intervall till år 2100. Om nivåer för havsnivåhöjning vid kustkommuner ska redovisas för scenarier med lägre sannolikhet, är det viktigt att välja dessa scenarier med stor omsorg. Det är viktigt att tänka på att anledningen till att IPCC redovisar ett intervall vars sannolikhet bedömts subjektivt, istället för att publicera en full sannolikhetsfördelning, är att det underliggande materialet inte är tillräckligt robust för en sådan typ av analys.

Om olika nivåer för en mer osannolik framtida havsnivåhöjning ska redovisas eller utgöra grund för beräkningar och analyser, bör det noga redovisas hur de eventuellt skiljer sig från IPCCs projektioner med avseende på beräkningsmetodik och koppling till utsläpp av växthusgaser. Det är viktigt att slutanvändaren har förståelse för hur dessa nivåer bör tolkas och hur de kan användas. Här kan en dialog mellan myndigheter som tar fram kunskapsunderlag respektive riktlinjer eller agerar rådgivande vara nödvändig.

Exempel på hur SMHI kan bidra:

- Genom att bidra till ett tätare samarbete myndigheter emellan kring frågor som rör stigande havsnivåer. Vilka sannolikheter som motsvarar en låg eller mycket låg sannolikhet och bör användas i

planeringssammanhang, och huruvida det finns stöd i vetenskapen för att leverera sådana nivåer, är exempelvis något som behöver konkretiseras och diskuteras vidare.

- Genom att tillhandahålla ett nationellt kunskapsunderlag baserat på fasta nivåer för global havsnivåhöjning kombinerat med lokal landhöjning, tillsammans med en samlad redogörelse för sannolikheten för att dessa nivåer ska uppnås.
- Genom att redogöra mer utförligt för innebörden av IPCCs sannolika intervall och tillhandahålla mer information om RCP-scenarierna, dess innebörd och vad dagens utsläppsnivåer och globala överenskommelser innebär i relation till dessa.
- Genom tillämpad forskning med fokus på att beskriva sannolikheten för de olika RCP-scenarierna. Lämpligtvis i samarbete mellan olika forskningsdiscipliner.
- Genom att studera tillgängligt material kring framtida global havsnivåhöjning med låg sannolikhet, sammanställa informationen och beräkna lokala nivåer baserat på de siffror som eventuellt kan bedömas vara mest robusta och lämpliga. Här bör en dialog mellan myndigheter föras kring vilka sannolikheter som är önskvärda.

6.2 Osäkerheter och extremvärden – kortvariga högvattenhändelser med låg sannolikhet

Under workshoppen framkom önskemål om att få tillgång till information om kortvariga högvattenhändelser med låg till mycket låg sannolikhet vid SMHIs oceanografiska mätstationer, exempelvis högvattenhändelser med en återkomsttid på 1000 år.

Hur kan SMHI gå vidare med detta?

Den statistiska metodik som traditionellt tillämpas för att beräkna återkomsttider för högvattenhändelser har en tendens att underskatta nivån för händelser med låg sannolikhet längs Sveriges kuster. Därför tillämpar SMHI tumregeln att det är möjligt att, med tillräcklig konfidens, skatta återkomsttider som är ungefär dubbelt så långa som den aktuella mätdataserien. För Sveriges del brukar detta innebära återkomsttider på omkring 200 år som mest.

Vid skattningar av återkomsttider baserade på mätdata, görs även antagandet att det väder som föranleder högvattenhändelser, kommer att se likadant ut i framtiden som det gör idag. Detta är en nödvändig, men inte fullständigt korrekt förenkling, eftersom forskningen i dagsläget har begränsad kännedom om hur klimatförändringar kan komma att inverka på det regionala väder som ger högvattenhändelser i Sverige. Hur förändringar av medelvattenståndet kommer att inverka på lokal vattenståndsdynamik är också något som skulle behöva beaktas, särskilt på en längre tidshorisont.

SMHI tillhandahåller nivåer för 100 samt 200 års återkomsttid vid de oceanografiska mätstationer som har längst dataserier. Eftersom det finns behov av att få kännedom om hur en högvattenhändelse med lägre sannolikhet skulle kunna se ut, tillhandahålls även ett skattat mått kallat ”högsta beräknade havsvattenstånd”. Det sistnämnda används ofta i planeringssammanhang för att utvärdera händelser med låg sannolikhet.

Det ”högsta beräknade havsvattenståndet” beskriver hur hög en högvattenhändelse hade kunnat bli om flera parametrars observerade ytterligheter sammanfallit. Beräkningen är baserad på observationer från SMHIs oceanografiska mätstationer, och tillgänglig mätdata varierar mellan olika platser. Måttet motsvarar därmed ett teoretiskt ”värstascenario” under observerade förhållanden, men är inte en övre gräns för hur högt vattenståndet verkligen kan bli. Måttet är inte heller förknippat med någon sannolikhet. Detta gör måttet olämpligt att använda i planeringssammanhang som kräver kännedom om den risk eller sannolikhet som är förknippad med en viss nivå.

Det finns alternativa metoder för att skatta högvattenhändelser med låg sannolikhet, exempelvis genom omfattande modelleringsexperiment, eller genom att försöka komplettera mätdata med historiska händelser vars nivå har uppskattats på olika sätt. En väg att gå skulle också kunna vara att försöka göra en bedömning av hur mycket nivån på högvattenhändelser vid olika lokaler underskattas vid mycket långa återkomsttider, och uppmuntra till att addera denna osäkerhetsmarginal vid fysisk planering.

Det kan även vara intressant att i högre utsträckning än hittills behandla kombinerade sannolikheter. Exempelvis vad sannolikheten är ett givet år, för ett visst medelvattenstånd, i kombination med en högvattenhändelse, med en viss återkomsttid.

Exempel på hur SMHI kan bidra:

- Genom att föra en dialog med andra berörda myndigheter kring vilka sannolikheter eller återkomstnivåer som bör användas i olika planeringssammanhang, kopplat till vilka återkomstnivåer som är möjliga att ta fram. Viktigt är att få kännedom om vilka sannolikheter det är som är lämpliga att använda vid fysisk planering. Det är också intressant att diskutera betydelsen av exaktheten i dessa mått i planeringssammanhang, avseende både nivå på och sannolikhet för händelsen.
- Genom att bidra till fortsatt tillämpad forskning kring klimatets inverkan på framtida väder i Sverige i relation till högvattenhändelser.
- Genom en satsning på regional nedskalning av globala klimatmodeller med fokus på havsnivå. Detta skulle kunna innebära en möjlighet att skatta längre återkomsttider baserat på ett modellerat underlag istället för mätdata. En sådan satsning skulle även ge bättre insikt i hur framtida högvattenhändelser och vattenståndsdynamik kan variera till följd av klimatdrivna förändringar av bl.a. väder och medelvattenstånd.
- Genom att, med hjälp av modellering, försöka skatta de högsta fysikaliskt möjliga högvattenhändelserna i dagens klimat.
- Genom att undersöka möjligheten och lämpligheten i att tillhandahålla återkomstnivåer som har en lägre sannolikhet för att inträffa än t.ex. 100 eller 200 års återkomsttid. Som tidigare resonemang tydliggör, anser SMHI att längre återkomsttider än ungefär 200 år (beräknade med traditionella metoder) inte är vetenskapligt robusta, givet längden på mätdataserier och begränsad kännedom om framtida vattenståndsdynamik. Det är emellertid också tydligt att aktörer inom området efterfrågar information om högvattenhändelser som har en låg sannolikhet för att inträffa. Möjligtvis skulle dessa behov kunna uppfyllas genom att tillhandahålla nivåer i form av t.ex. intervall som speglar osäkerheten i måtten.
- Genom att, i dialog med berörda myndigheter, utvärdera om ”högsta beräknade havsvattenstånd” idag är det bästa tillgängliga måttet på en högvattenhändelse med låg sannolikhet, och i så fall utbilda användarna i hur detta mått beräknas.

6.3 Planeringshorisont

För att tydliggöra vikten av snabba utsläppsminskningar och möjliggöra proaktiv klimatanpassning för en längre tidshorisont, behövs havsnivåer även bortom 2100, gärna på lokal nivå för respektive kustkommun. I dagsläget finns enbart ett fåtal modellstudier som belyser havsnivåhöjning bortom 2100 och resultat från dessa presenteras översiktligt i IPCCs senaste rapport SROCC (Oppenheimer *et al.*, 2019).

Spannet inom och mellan olika projektioner är mycket stort efter år 2100. Exempelvis är det sannolika intervallet för RCP2.6 0,6 till 1,1 meter och för RCP8.5 2,3 till 5,4 m global havsnivåhöjning år 2300. Viktigt att känna till är att IPCC betonar att projektioner bortom 2100 är mycket osäkra och att de sannolika intervallen ovan presenteras med ”low confidence”.

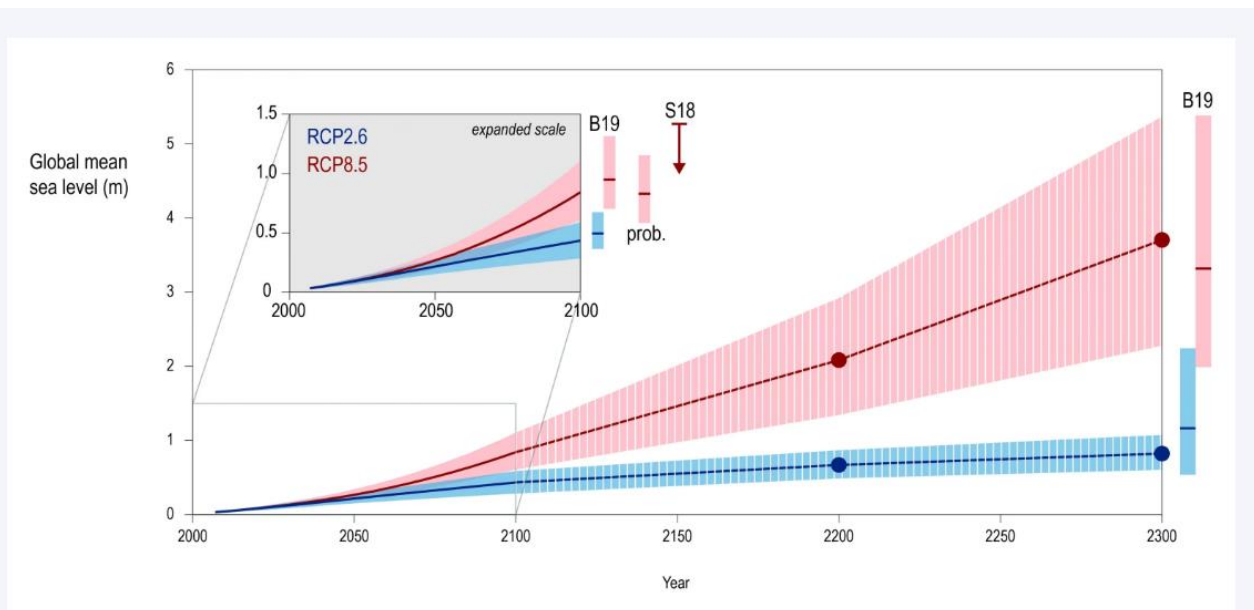


Figure 4.2 | Projected sea level rise (SLR) until 2800. The inset shows an assessment of the likely range of the projections for RCP2.6 and RCP8.5 up to 2100 (medium confidence). Projections for longer time scales are highly uncertain but a range is provided (4.2.8.6; low confidence). For context, results are shown from other estimation approaches in 2100 and 2800. The two sets of two bars labelled B19 are from an expert elicitation for the Antarctic component (Bamber et al., 2019), and reflect the likely range for a 2oC and 5oC temperature warming (low confidence; details section 4.2.8.1). The bar labelled “prob.” indicates the likely range of a set of probabilistic projections (4.2.8.2). The arrow indicated by S18 shows the result of an extensive sensitivity experiment with a numerical model for the Antarctic Ice Sheet (AIS) combined, like the results from B19 and “prob.”, with results from Church et al. (2018) for the other components of SLR. S18 also shows the likely range.

Figur 9. Beräknad global medelvattenståndshöjning fram till år 2300 jämfört med perioden 1986-2005 för scenarierna RCP2.6 och RCP8.5. De heldragna linjerna visar medianvärden och fälten visar de sannolika intervallen. Figur från Oppenheimer et al, 2019, Figur 4.2.

Under workshoppen uppfattade SMHI emellertid att de stora osäkerheterna, ur deltagarnas perspektiv, är hanterbara och att de stora skillnaderna mellan klimatscenierna bortom 2100 skickar en viktig signal till samhället. Detta eftersom projektioner bortom 2100 belyser att havsnivån kommer att fortsätta stiga under lång tid framöver och tydliggör vikten av utsläppsminskning.

Hur kan SMHI gå vidare med detta?

SMHI uppfattar att havsnivåer för år 2200 och 2300 kan vara av stort värde för fysisk planering, även om sannolika intervall eller nivåer dels varierar kraftigt inom och mellan olika klimatscenarier, och dels är förknippade med en mycket stor osäkerhet.

Det är möjligt för SMHI att redogöra för IPCC:s projektioner för global havsnivåhöjning fram till år 2200 respektive 2300. En viktig aspekt är emellertid att det, vid nedskalning av dessa projektioner till regional nivå, inte är möjligt att ta hänsyn till regionala variationer i havsnivåhöjning utan omfattande analyser eller forskningsinsatser. Detta innebär troligen att beräkningarna skulle behöva utgå ifrån att den lokala havsnivåhöjningen blir densamma som den globala, minus landhöjning. Detta bidrar till ytterligare osäkerhet och kan innebära att nivåerna både över- och underskattas. I dessa långa tidsperspektiv där osäkerheterna är mycket stora och de sannolika intervallen varierar kraftigt, skulle en sådan förenkling kunna vara acceptabel. Möjlig storleksordning på sådana under- eller överskattningar behöver dock undersökas och en dialog om acceptabel osäkerhetsmarginal i relation till befintliga osäkerheter bör föras mellan berörda myndigheter.

Det är en utmaning att kommunicera de osäkerheter som finns på denna långa tidshorisont och förklara innebörden av att andra regionala variationer än landhöjningen eventuellt inte har tagits hänsyn till.

Exempel på hur SMHI kan bidra:

- Genom att på vår hemsida presentera och belysa projektioner för global havsnivåhöjning bortom 2100 för en bred målgrupp.
- Genom att beräkna och tillgängliggöra lokala nivåer för år 2200 och 2300 baserat på, exempelvis, de globala nivåer som IPCC redogör för inom sannolika intervall i SROCC samt lokal landhöjningsinformation. Detta bör presenteras tillsammans med en tydlig redogörelse för de osäkerheter som är förknippade med dessa scenarier, samt innebörden av att regionala variationer inte är inkluderade i beräkningen.
- Genom att genomföra en fördjupad analys och kvantifiering av de regionala variationer som, i relation till olika klimatscenarier och på olika tidshorisonter, påverkar havsnivåhöjningen längs Sveriges kust.

6.4 Kommunikation

Komplexa naturvetenskapliga processer är svåra att kommunicera, förstå och relatera till. Osäkerheter eller sannolikhet är kanske det svåraste av allt. Under workshoppen uttrycktes behov av en ökad medvetenhet om konsekvenser av stigande havsnivåer hos allmänheten och hos beslutsfattare, samt utbildningar i hur vetenskapliga underlag ska tolkas och omsättas i praktiken.

Hur kan SMHI gå vidare med detta?

SMHI har i uppdrag att bland annat bedriva egen tillämpad forskning samt att kommunicera egna och andras forskningsresultat till en mycket bred målgrupp. Denna målgrupp inbegriper bland annat allmänheten, media, beslutsfattare och andra samhällsaktörer. Samtidigt som mer komplex information efterfrågas, så efterfrågas också information som är mer lättillgänglig och enkel att förstå för allmänheten och i planeringssammanhang.

För att använda mer avancerade kunskapsunderlag i planering krävs en förståelse för det underliggande materialet och de naturvetenskapliga processerna. I många fall är det inte lämpligt att använda sig av en fristående siffra utan att först skapa sig en förståelse för den information som denna och andra siffror grundar sig i. Naturligtvis försöker SMHI att tydligt och så enkelt som möjligt redogöra för underliggande information. Det förekommer dock att SMHIs tjänster med allmänheten som målgrupp används som beslutsunderlag i planeringssammanhang, vilket kan göra att användaren förbiser viktig underliggande information. Detta kan tänkas spegla ett behov av kunskaphöjande initiativ i kombination med att utforma andra typer av produkter eller att redovisa kunskapsunderlag i ett annat format än exempelvis traditionella rapporter.

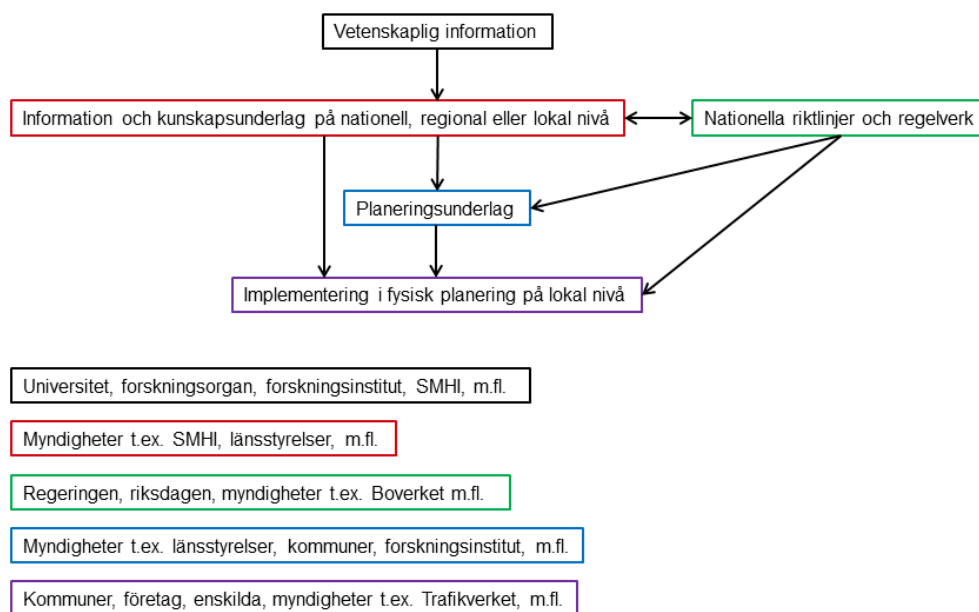
Exempel på hur SMHI kan bidra:

- Vid SMHI erbjuds grundkurser om klimat och klimatanpassning. Dessa brukar vara mycket uppskattade och skulle, givet resurser, kunna hållas oftare eller bli mer omfattande. Klimatanpassningskurser med fokus på havsnivå skulle i förlängningen också kunna arrangeras i samarbete mellan olika myndigheter.
- SMHI arbetar fortlöpande med att uppdatera sin hemsida och tillhandahålla information på ett sätt som är enkelt att förstå och visuellt tilltalande. Det skulle antagligen vara en god idé att på sikt satsa ännu mer på detta, försöka göra hemsidan mer lättorienterad och tydliggöra vilka ingångar som gäller för planerare och vilka som gäller för den intresserade allmänheten. Ett förslag som lades fram under workshoppen var att SMHI skulle kunna publicera en rapport ungefär vartannat år med en sammanfattning av kunskapsläget och därifrån peka ut exempelvis var planerare kan hitta den senast uppdaterade informationen.

- Genom att genomgående fundera på det format i vilket SMHI tillhandahåller information och vad som är tillräckligt i ett kunskapsunderlag, utan att det blir för omfattande. Om rapporter bara läses av ett fåtal är det kanske mer lämpligt att satsa på mer informationstäta webb-tjänster som kan användas i planeringssammanhang. Att väcka intresse och skapa förståelse hos allmänheten är förstås också mycket viktigt. För att uppnå detta behöver vi vara innovativa och skapa lättillgängliga tjänster som är visuellt tilltalande och informativa.
- Genom att öka den interna förståelsen för behovsbilden hos andra samhällsaktörer och hos allmänheten. I detta syfte är behovsanalyser och dialog eller samarbetsprojekt mellan myndigheter viktiga verktyg.

6.5 Vägen framåt och SMHIs roll

En viktig poäng som många av workshoppens deltagare var överens om var att SMHIs uppgift bör vara just att ta fram och tillhandahålla kunskapsunderlag, samt att beskriva hur denna information bör tolkas eller hur den *kan* användas. Det är däremot inte SMHIs uppgift att besluta om vilken information, exempelvis vilka nivåer eller tidshorisonter, som *ska* användas i olika sammanhang. Att ta fram och besluta om riktlinjer och vägledning för fysisk planering är en uppgift som tas om hand av exempelvis Boverket, och vilken nivå eller tidshorisont som är bäst lämpad i olika planeringssammanhang beslutas i regel på lokal nivå efter genomförd riskanalys.



Figur 10. Schematisk, förenklad bild av den svenska planeringskedjan.

För att säkerställa att hela kedjan från global och nationell vetenskaplig information, till implementering av denna information i fysisk planering på lokal nivå är väl fungerande och samstämmig, är det av stor vikt att en fortlöpande dialog förs mellan de samhällsaktörer som är ansvariga för olika delar av denna kedja. SMHIs förhoppning är att etableringen av en expertgrupp med fokus på stigande havsnivåer samt denna workshop kan utgöra startpunkt för ett ännu tätare samarbete mellan de myndigheter och andra aktörer som arbetar med frågor som rör just stigande havsnivåer och högvattenhändelser.

7. Referenser och webblänkar

Referenser

IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science 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, 1535 pp.

Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G. och Sjöström, Å. (2017) *Framtida havsnivåer i Sverige*. SMHI Klimatologi Nr 48.

Oppenheimer, M., B.C. Glavovic, J. Hinkel, R. van de Wal, A.K. Magnan, A. Abd-Elgawad, R. Cai, M. Cifuentes-Jara, R.M. DeConto, T. Ghosh, J. Hay, F. Isla, B. Marzeion, B. Meyssignac, and Z. Sebesvari, 2019: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

SMHI (2017) *Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust*. SMHI Klimatologi Nr 41.

Sweet, W.V., Horton, R., Kopp, R.E., LeGrande, A.N. and Romanou, A. (2017) *Sea level rise*. In: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 333-363, doi:10.7930/J0VM49F2

Webblänkar

1. IPCC: Special report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate
<https://www.ipcc.ch/srocc/home/>
2. Presentationer och inspelade föreläsningar från workshoppen
<https://www.smhi.se/en/climate/workshop-on-sea-level-rise-november-7-8-2019-1.149896>
3. Boverkets regeringsuppdrag om samordning av klimatanpassning för den byggda miljön
<https://www.regeringen.se/regeringsuppdrag/2018/06/uppdrag-att-samordna-det-nationella-klimatanpassningsarbetet-for-den-byggda-miljon/>
4. Thwaites Glacier
<https://thwaitesglacier.org/>
5. LISCoAsT
<https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/LISCOAST>
6. Norwegian Climate Service, visualisering havsnivå
<https://www.kartverket.no/en/sehavniva/visualize-sea-level/>
7. WCRP Coupled Model Intercomparison Project (CMIP)
<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip>
8. US Global Change Research Program, CSSR Key Messages
<https://nca2018.globalchange.gov/chapter/2/>
9. Havsnivåer – SMHI
<https://www.smhi.se/klimat/havet-och-klimatet/havsniva-1.120165>

8. Program “Workshop on Sea Level Rise; IPCC SROCC Science and Planning for Climate adaptation”

Day 1

Welcome note and introduction on the theme ‘Adaptation to sea level rise in Scandinavia’

Speakers: Carlo Sørensen from the Danish Coastal Authority, Cathrine Andersen from the Norwegian Directorate for Civil Protection and Anders Rimne from the Swedish National Board of Housing, Building and Planning

Scientific presentations

- ‘Sea level rise and changes in extremes’ by Roderik van de Wal
- ‘An orange submarine underneath the doomsday glacier: lessons learned and main results’ by Anna Wåhlin
- ‘Costs associated with sea level rise in Europe’ by Michalis Voudoukas

Panel discussion with the speakers of day 1

Summary of the day

Day 2

Scientific presentation

- ‘Global and regional sea level changes over the instrumental era’ by Sönke Dangendorf

Parallel sessions:

- ‘Adaptation strategies’ with an introduction to climate adaptation by managed realignment by Gunnel Göransson from the Swedish Geotechnical Institute (SGI)
- ‘Methods for estimating and handling extreme sea levels in a future climate’ with an introduction to the Norwegian climate service⁶ by Kristian Breili from the Norwegian Mapping Authority

Summary of parallel sessions

Roundtable discussion on general recommendations for addressing climate adaptation issues with regard to sea level rise

Concluding remarks

9. Deltagande organisationer i workshoppen

Boverket, Danish Coastal Authority, Kystdirektoratet, European Commission Joint Research Centre (JRC) / University of the Aegean, Göteborgs universitet, Kristianstads kommun, Kungliga tekniska högskolan (KTH), Lantmäteriet, Länsstyrelsen Västra Götaland, Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB), Norwegian Mapping Authority (Kartverket), Oxelösunds kommun, Sjöfartsverket, Sommarinstitutet för historisk geofysik, Åland, Statens geotekniska institut (SGI), Stockholms universitet, Svenska Meteorologiska Sällskapet (SMS), Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Trafikverket, Trelleborgs kommun, University of Siegen / Old Dominion University, Utrecht University



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