

Magnus Sannebro
Tel: 508 28 184

PM om stigande havsnivåer baserat på IPCC:s senaste bedömning, med fördjupning om regionala variationer

Sammanfattning

FN:s klimatpanel IPCC har publicerat sin slutrapport *Climate Change 2014 – IPCC's Fifth Assessment Synthesis Report (AR5)*. Syftet med detta PM är att kortfattat redogöra för IPCC:s senaste bedömningar av den framtida globala havsnivåhöjningen, förklara skillnader mellan olika typer av beräkningsmodeller samt att redogöra för olika studier av de regionala variationerna hos havsnivåhöjningen. De viktigaste slutsatserna om kunskapsläget 2015 är:

- Den pågående klimatförändringen har enligt IPCC medfört att den globala havsnivån har ökat med ca 19 cm för perioden 1901-2010.
- Den genomsnittliga ökningen hos den årliga havsnivåhöjningen var 3,2 mm/år för perioden 1993-2010.
- De främsta källorna till havsnivåhöjningen har varit temperaturutvidgning hos havsvattnet samt smältande glaciärer, vilket svarar för 75 % av den observerade havsnivåhöjningen sedan 1970-talets början.
- De fysikaliska processbaserade klimatmodellerna har förbättrats sedan föregående IPCC-rapport, och kan nu i stort sett korrekt beräkna den verkligt uppmätta havsnivåhöjningen, vilket innebär att modellernas tillförlitlighet att beräkna framtida havsnivåhöjning har ökat.
- IPCC:s bedömning av den globala havsnivån år 2100 för det högsta utsläppsscenarioet RCP8,5 ger en havsnivåhöjning med 52-98 cm.
- IPCC:s bedömning utgör ett stöd för SMHI:s tidigare bedömning om en trolig övre gräns på ungefär en meter global havsnivåhöjning till år 2100.
- Endast en omfattande kollaps av inlandsisen på den Västantarktiska halvön skulle kunna orsaka en högre global havsnivåhöjning, enligt IPCC är det troligt att det då handlar om "högst ett par decimeter extra havsnivåhöjning".
- Till år 2300 bedömer IPCC det mest troligt att havsnivån ökar med ca 1-3 meter.

- De regionala havsnivåförändringarna kan skilja sig påtagligt från det globala medelvärdet, enligt IPCC kan den relativa (upplevda) havsnivåökningen i Arktis och delar av Antarktis vara upp till 50% lägre jämfört med det globala medelvärdet.
- Beräkningar gjorda av såväl Finnish Meteorological Institute som BACC II-projektet visar att havsnivåhöjningen i Östersjön sannolikt blir cirka 80 % av det globala medelvärdet, främst p.g.a. förändringar i jordens gravitationsfält när inlandsisarnas volym minskar.

Inledning

Det pågår idag en global klimatförändring som ger en lång rad effekter. En av de mest uppmärksammade effekterna är stigande havsnivåer och de konsekvenser det kommer att medföra. Den stigande havsnivån globalt beror primärt på en stigande medeltemperatur på jorden, men sambanden är mycket komplexa. Det blir särskilt komplicerat när man ska göra regionala och lokala prognoser över havsnivån i framtiden. Syftet med detta PM är att kortfattat redogöra för de senaste bedömningarna från FN:s klimatpanel IPCC, förklara skillnader mellan olika typer av beräkningsmodeller samt att redovisa resultat från olika studier kring de förväntade regionala variationerna hos den globala havsnivåhöjningen. Det är viktigt att betona skillnaden mellan absolut och relativ havsnivåhöjning, där den senare påverkas av landhöjningen.

Det finns idag långa mätserier av havsnivån från världens hamnstäder, som de senaste 20 åren har kompletterats av satellitmätningar med hög noggrannhet. Det råder ingen tvekan om att det globala medelvärdet för havsnivån har börjat stiga pga klimatförändringar, och att takten hos den årliga höjningen av havsnivån har ökat. Om jordens medeltemperatur fortsätter att öka kommer den årliga havsnivåhöjningen att accelerera. Figur 1 nedan visar den stigande havsnivån längs Sveriges kuster perioden 1886-2014, baserat på data från 14 mätstationer. Havsnivån har stigit med ca 20 cm sedan mätperiodens början.

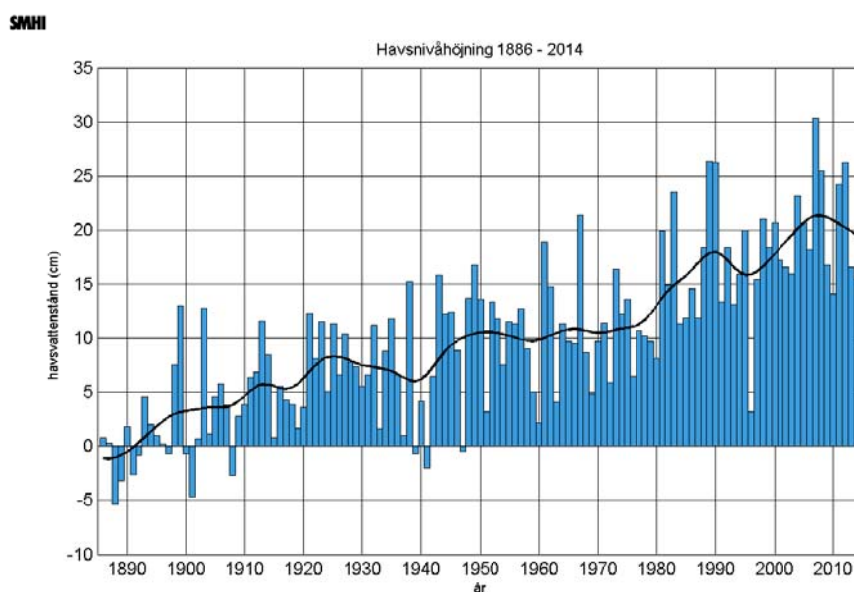
I en kunskapssammanställning från 2012 av Sten Bergström på SMHI konstaterar denne att:

”Frågan om den framtida utvecklingen av havets nivåer är svårbedömd och omdiskuterad. Den globala uppvärmningens effekter på havets nivå beror av många faktorer. De viktigaste är den termiska expansionen (havets utvidgning vid uppvärmning) samt bidrag från smältande glaciärer och de stora landisarna på Grönland och Antarktis. Men det finns stora lokala skillnader som beror på ändrade salthaltsförhållanden, ändringar i det lokala vindklimatet, ändrade gravitationsfält när de stora isarna smälter och landhöjnings- och landsänkningsförhållanden. Eftersom de mest extrema vattennivåerna oftast är mest intressanta så betyder ändrad frekvens, intensitet och riktning hos stormar också mycket” (Bergström, 2012).

Länk till SMHI-rapporten:

<http://www.smhi.se/publikationer/framtidens-havsnivaer-i-ett-hundraarsperspektiv-kunskapssammanstallning-2012-1.27867>

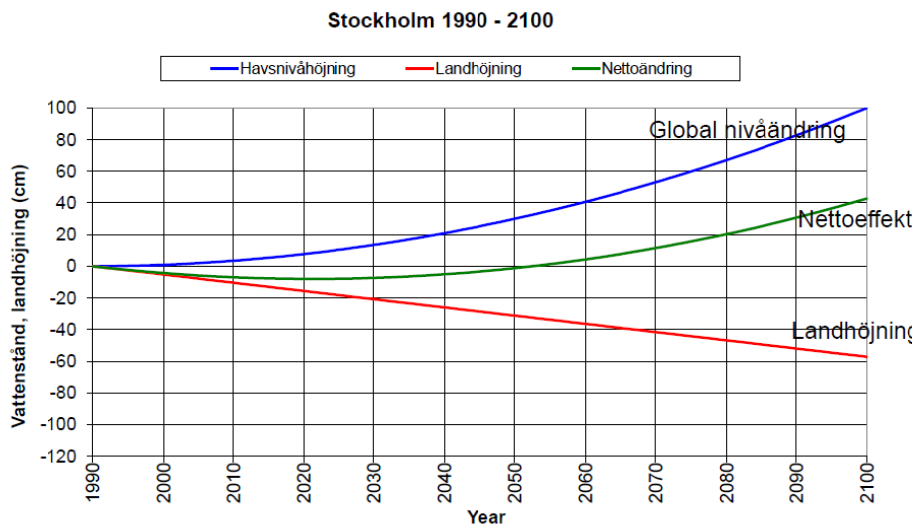
Bergström framhåller att det inte är enkelt att jämföra resultaten i olika vetenskapliga artiklar om havsnivåhöjningen, eftersom beräkningarna ofta bygger på olika förutsättningar och författarna uttrycker sig med olika grad av säkerhet och även använder formuleringar som inte är jämförbara. Det är därför av stort intresse att ta del av IPCC:s samlade bedömning av det vetenskapliga läget som görs regelbundet, ungefär vart sjätte år.



Figur 1. Havsvattenståndets förändring i centimeter, medelvärde för 14 mätstationer längs den svenska kusten perioden 1886-2014. Diagrammet är korrigerat för landhöjningen, 1886 utgör referensår. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp. Källa: www.smhi.se

SMHI:s bedömning av stigande havsnivå till 2100

På uppdrag av Länsstyrelsen i Stockholms län tog SMHI år 2010 fram en Regional klimatsammanställning för länet (SMHI, 2010). I rapporten gjordes en bedömning av den troliga maximala höjningen av den globala havsnivån till år 2100, baserat på en genomgång av internationell forskning och bedömningar av nationella myndigheter. SMHI kom fram till att en övre gräns för hur mycket havsytan kan komma att stiga är ungefär en meter för perioden 1990-2100 räknat som ett globalt medelvärde. SMHI tog fram en bedömning för Stockholm som visar den teoretiska utvecklingen av havsnivåhöjningen till 2100, med en ökningstakt med 30 cm till år 2050 och 100 cm år 2100 (figur 2). Eftersom landhöjningen är konstant (5,2 mm/år i Stockholm), kunde en kurva över nettoeffekten i Stockholm konstrueras. Detta brukar benämnas "relativ havsnivåhöjning" i den vetenskapliga litteraturen, och som alltså är den upplevda höjningen av havsnivån sett från land.



Figur 2. Den globala havsnivåhöjningen, landhöjningen och nettohöjning av Saltsjöns nivå. En landhöjning med 5,2 mm/år har antagits och en höjning av det globala medelvattenståndet med 30 cm år 2050 och 100 cm år 2100. Under dessa antaganden är nettoeffekten +/-0 år 2050 och drygt +40 cm år 2100 (SMHI, 2010).

IPCC:s senaste rapport om klimatförändringarna (AR5)

FN:s klimatpanel IPCC lämnade i november 2014 sin slutrapport "Climate Change 2014" samt en s.k. "Summary for Policymakers". Den 18 mars 2015 publicerades den slutliga versionen av "Climate Change 2014 – IPCC's Fifth Assessment Synthesis Report" (AR5), se länk:

<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Denna syntesrapport baseras på de tre arbetsgruppsrapporter (WG-reports) som publicerades under åren 2013-2014:

- Climate Change 2013 - Physical Science Basis (WG I)
- Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability (WG II)
- Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change (WG III)

Naturvårdsverket har tagit fram en svensk översättning av WG I "Sammanfattning för beslutsfattare", se länk:

<http://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6500/978-91-620-6592-8/>

SMHI samordnar det svenska deltagandet i IPCC. Rapporten från WG I som presenterades i september 2013 i Stockholm utgör en fullständig genomgång och utvärdering av det naturvetenskapliga kunskapsläget om klimatförändringarna. Ett stort antal av världens ledande klimatforskare har medverkat i granskningen och framtagandet av rapporten. Den utgör därmed

den mest aktuella genomgången av forskningsläget om den globala havsnivåhöjningen, inklusive dess regionala effekter. I den svenska sammanfattningen av WG I finns också en förklaringsnyckel över den terminologi som IPCC använder för sina bedömningar av sannolikhet, konfidensgrad, evidensgrad och grad av vetenskaplig överensstämmelse (Naturvårdsverket och SMHI, 2013, sid 48).

Nya utsläppsscenarioer - RCP

Inom ramen för IPCC:s arbete med den nya AR5-rapporten har nya utsläppsscenarioer utvecklats, vilka benämns RCP (Representative Concentration Pathway). RCP baseras på antagande om förändringar i socio-ekonomisk utveckling, teknologi, energiförbrukning samt markanvändning. RCP är scenarioer över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden på grund av människans utsläpp av växthusgaser. Den förstärkta växthuseffekten benämns strålningsdrivning och uttrycks som Watt per kvadratmeter (W/m^2). De fyra olika RCP-scenarierna namnges efter respektive nivå av strålningsdrivning som uppnås till år 2100 jämfört med förindustriella förhållanden (år 1750). Dessa utsläppsscenarioer utgör grunden för den nya generationens klimatmodellberäkningar. På SMHI:s hemsida finns mer information om RCP, se länk nedan:

<http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarioer/vad-ar-rcp-1.80271>

RCP innehåller ett scenario som innebär relativt liten klimatpåverkan (RCP2,6), där utsläppen av växthusgaser kulminerar det närmaste årtiondet för att sedan falla ner mot noll fram mot slutet på seklet. Det finns två stabiliseringsscenarioer (RCP4,5 och RCP6,0) samt ett scenario med mycket höga växthusgasutsläpp (RCP8,5). För de två sistnämnda har strålningsdrivningen inte nått sin kulmen år 2100. Under 2000-talet förväntas den globala temperaturökningen sannolikt överstiga 1,5 °C jämfört med förindustriella förhållanden för samtliga scenarioer utom RCP2,6. Det är sannolikt att temperaturökningen blir större än 2 °C i övriga scenarioer. Samtidigt är det osannolikt att den blir större än 4 °C utom i RCP8,5 där det bedöms vara ungefär lika sannolikt som osannolikt med en ännu större temperaturökning (Naturvårdsverket och SMHI, 2013).

Uppmätt global havsnivåhöjning

IPCC konstaterar i WG I-rapporten att för perioden 1901-2010 steg den globala havsnivån med 19 cm. Den genomsnittliga ökningen hos den årliga havsnivåhöjningen var 2,0 mm/år för åren 1971-2010. För perioden 1993-2010 var den 3,2 mm/år, hastigheten har alltså ökat de senaste decennierna. De främsta källorna till den uppmätta globala havsnivåhöjningen har varit termisk expansion (temperaturutvidgning hos havsvattnet) samt smältande glaciärer. De svarar enligt IPCC för 75 % av den observerade havsnivåstigningen sedan 1970-talets början. Bidragen från inlandsisarna på

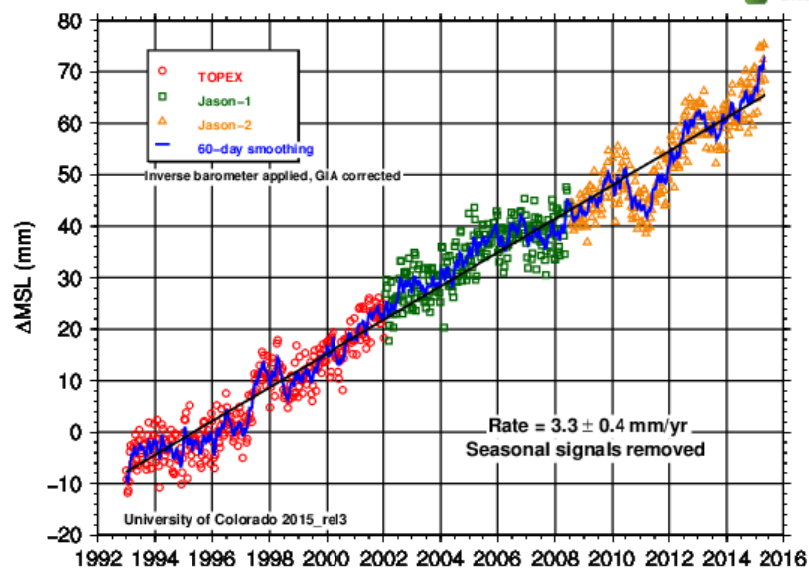
Grönland och Antarktis är hittills små, men ökar. Ökade grundvattenuttag har också bidragit till den globala havsnivåhöjningen.

Aktuell information om havsnivåhöjningen finns på University of Colorado's hemsida för CU Sea Level Research Group, <http://sealevel.colorado.edu/>. Här redovisas de senaste satellitmätningarna, uppdatering sker ca varannan månad (figur 3). Variationerna i havsnivå jämförs med basåret 1996 som har satts som noll i tidsserien. Diagrammet visar att det globala medelvärdet för havsnivån har ökat med ca 6,5 cm sedan 1996.

2015_rel3: Global Mean Sea Level Time Series (seasonal signals removed)

Edited: 2015-07-23

Share



Figur 3. Satellitmätningar av förändringar i havets medelvattennivå (Δ MSL) sammanställda av University of Colorado, Sea Level Research Group för perioden 1993-2014, där 1996 utgör basår. De olika färgerna visar mätserier från olika satelliter, blå kurva utgör ett 60-dagars löpande medelvärde. En linjär trendlinje har anpassats till dataserien, som är rensad från säsongsvariationer. Källa: <http://sealevel.colorado.edu/>

Olika modeller för att beräkna framtida havsnivåhöjning

Det finns idag i huvudsak två olika beräkningsmodeller för att göra prognoser över framtida havsnivåhöjning. Den vetenskapligt mest etablerade metoden utgörs av **fysikaliska processbaserade modeller**, som bygger på matematiska beräkningar som kräver mycket indata. Nya s.k. **semi-empiriska modeller**, som främst utgår ifrån den statistiska korrelationen mellan historiska data för uppmätta havsnivåer och observerad medeltemperatur, har ofta gett högre maxvärden för den framtida havsnivåhöjningen. För att förstå vari skillnaderna består görs en kort genomgång av hur IPCC har resonerat i den nya AR5-rapporten, samt vilka ställningstaganden man har gjort i sin bedömning.

Fysikaliska processbaserade prognosmodeller

I AR5 konstaterar IPCC att ett av de största framstegen sedan föregående AR4-rapport från 2007 är att de *fysikaliska processbaserade klimatmodellerna* har utvecklats, och numera även integrerar s.k. dynamiska processer hos inlandsisarna. Dynamiska processer innefattar isflödes hastighet, kalvning av isberg samt förflyttning av inlandsisens s.k. grundningslinje. Detta har varit en av de stora osäkerhetsfaktorerna hos tidigare modellberäkningar för stigande havsnivåer. Förståelsen för hur det varmare havsvattnet påverkar avsmältningen av marina glaciärer har också ökat. Utvecklingen har medfört att prognoserna nu anses säkrare för perioden fram till 2100, särskilt för inlandsisen på Grönland. Fortfarande råder betydande osäkerheter kring inlandsisen på Antarktis, främst på flera hundra års sikt.

Ett viktigt argument för att de processbaserade modellerna nu bedöms ha hög tillförlitlighet är att resultaten från modellkörningarna nu visar god överensstämmelse med den uppmätta havsnivåhöjningen fram till idag. Det brukar uttryckas som att "havsnivåbudgeten går ihop", alltså att modellerna nu lyckas beräkna bidraget från de olika källorna till havsnivåhöjningen så att det i stort sett överensstämmer med den verkliga uppmätta höjningen av havsnivån.

Semi-empiriska prognosmodeller

På grund av de tidigare osäkerheterna hos de processbaserade modellerna har alternativa modeller utvecklats inom klimatvetenskapen, främst *semi-empiriska modeller*. De semi-empiriska modellerna är huvudsakligen statistiska, och beskriver inte de fysikaliska orsakssambanden till havsnivåhöjningen. De första modellberäkningarna publicerades i vetenskapliga tidskrifter kring 2007, för en introduktion se t.ex. Rahmstorf (2007 och 2010). Resultaten har fått stor uppmärksamhet eftersom de ofta genererat högre nivåer på beräknad havsnivåhöjning till år 2100 jämfört med de etablerade fysikaliska modellerna. Samtidigt har spridningen i resultaten från olika modellkörningar ofta varit stor. Det har därför under flera år rått mycket delade meningar om hur tillförlitliga de semi-empiriska modellerna är bland klimatforskarna. IPCC har därför uppmärksammat denna fråga särskilt, i WG I-rapporten förs en noggrann diskussion om dessa modellers osäkerheter (Church et al 2013, sid 1182-1186). Kritiken mot de semi-empiriska modellerna består i korthet av:

- att de utgår från förhållandet mellan uppmätt lufttemperatur (alternativt strålningsdrivning, se ovan om RCP) och havsnivåhöjning under en relativt kort tidsperiod (kalibreringsperiod)
- de bygger på att detta förhållande ska vara oförändrat i framtiden trots pågående klimatförändring som t.ex. kan förändra havens förmåga att lagra värme
- de bygger på data från ett ganska glest nätverk av havsnivåpegel, med ojämn spridning i världen historiskt sett

- de tar inte hänsyn till att glaciärers massbalans förändras i takt med pågående klimatförändring, vilket kan leda till såväl över- som underskattning av glaciärernas bidrag till havsnivåhöjningen i framtiden.

IPCC:s bedömning

IPCC gör i sin WG I-rapport den samlade bedömningen att de semi-empiriska modellerna i nuläget bedöms som alltför osäkra för att kunna ligga till grund för kvantitativa prognoser om den framtida havsnivåhöjningen. De fysikaliska processmodellerna bedöms vara de mest trovärdiga för att bedöma framtida havsnivåhöjning, och det sker också en kontinuerlig utveckling av dessa modeller som förväntas ge ökad tillförlitlighet. Det är värt att notera att bland författarna till kapitel 13 om "Sea Level Change" så ingår flera av de mest framträdande forskarna som publicerat artiklar baserade på semi-empiriska modeller.

IPCC:s prognoser för havsnivåhöjningen till 2100

IPCC gör i AR5-rapporten bedömningen att den globala havsnivån kommer att stiga mer jämfört med den föregående AR4-rapporten. Det beror främst på att modellerna har utvecklats avseende en bättre förståelse av de faktorer som påverkar havsnivån, bättre överensstämmelse mellan processbaserade modeller och observationer, och inkluderande av landisarnas dynamiska förändringar. I AR5 görs en bedömning av hur stora bidragen är från de olika källorna till havsnivåhöjningen, liksom en gradering av de statistiska sannolikheterna och konfidensgrad, se ovan för mer information om detta.

IPCC:s bedömning av den globala havsnivåhöjningen innefattar följande bidrag till ökningen (Church et al 2013):

- Termisk expansion av havsvattnet
- Smältande glaciärer
- Grönlands inlandsis: förändrad massbalans (negativ = minskad isvolym)
- Grönlands inlandsis: dynamiska förändringar (isflödes hastighet, kalvning m.m.)
- Antarktis inlandsis: förändrad massbalans (svagt positiv = något ökad isvolym)
- Antarktis inlandsis: dynamiska förändringar (isflödes hastighet, kalvning m.m.)
- Tillförsel av lagrat vatten, främst ökade uttag av grundvatten

Prognoserna utgörs av en sammanvägning av många olika modellberäkningar för år 2100. Den termiska expansionen av havsvattnet beräknas stå för det största bidraget (30-55 %) följt av avsmältning från glaciärer (15-35 %). Bidragen från de två inlandsisarna förväntas bli relativt små fram till år 2100, där det är främst Grönlands inlandsis som beräknas bidra till havsnivåhöjningen. För Antarktis råder rätt stor osäkerhet, men en ökad

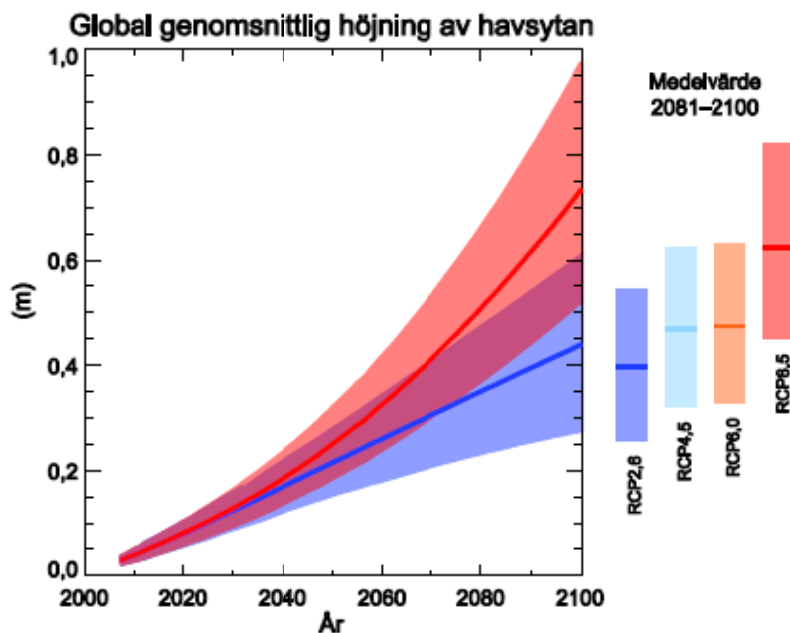
lufttemperatur förväntas leda till ökad nederbörd i form av snö, vilket leder till att inlandsisens volym ökar. En glaciärs massbalans är enkelt uttryckt skillnaden mellan det årliga tillskottet av snö och den årliga förlusten genom avsmältning. En positiv massbalans innebär att isvolymen ökar.

IPCC gör följande bedömning av stigande havsnivåer till år 2100, redovisat för de fyra olika RCP-scenarierna, där medelvärdet för den globala havsnivån perioden 1986-2005 jämförs med medelvärdet för perioden 2081-2100. För RCP8,5 har man även beräknat havsnivåhöjningen specifikt för år 2100:

RCP-scenario	Genomsnittlig global havsnivåhöjning för perioden 2081–2100 jämfört med perioden 1986–2005
RCP2,6	0,26 - 0,55 meter
RCP4,5	0,32 - 0,63 meter
RCP6,0	0,33 - 0,63 meter
RCP8,5	0,45 - 0,82 meter

För RCP8,5 är ökningen till år 2100 sannolikt 0,52 - 0,98 meter.
Den årliga havsnivåhöjningen under 2081–2100 beräknas vara 8 till 16 mm per år för RCP8,5.

Figur 4 visar detta grafiskt, där det sannolika intervallet för RCP2,6 (blått) och RCP8,5 (rött) visas som skuggning runt den genomsnittliga utvecklingskurvan för havsnivåhöjningen. Staplarna till höger visar det sannolika intervallet för medelvärdet under perioden 2081-2100 för de fyra RCP-scenarierna, där den horisontella linjen utgör medianen.



Figur 4. IPCC:s beräknade höjning av den globala genomsnittliga havsnivån fram till år 2100 (m) med perioden 1986-2005 som referens. Beräkningarna är gjorda med processbaserade modeller med två olika antaganden om den framtida effekten av utsläpp av växthusgaser (RCP 2,6 respektive RCP 8,5). Den beräknade sannolika (> 66 %) spridningen är markerad som ett skuggat område. Till höger visas sannolik spridning för perioden 2081-2100 för alla RCP-scenarier där heldragen linje avser medianvärdet. Källa: SMHI 2014.

IPCC gör bedömningen att endast en omfattande kollaps av de marina delarna hos Antarktis inlandsis, särskilt på den Västantarktiska halvön, skulle kunna orsaka en global havsnivåhöjning som överstiger den sannolika nivån som redovisas ovan i figur 3. Det är svårt att bedöma hur stort bidrag detta skulle medföra, men IPCC anser att det är troligt att det handlar om "högst ett par decimeter extra havsnivåhöjning".

IPCC:s bedömning av havsnivåhöjningen efter 2100

IPCC konstaterar att kunskapen om hur mycket havsnivån förväntas stiga efter år 2100 är ytterst begränsad. Det råder dock full enighet inom vetenskapen om att den globala havsnivån kommer att fortsätta stiga under flera hundra år, oavsett om växthusgasutsläppen minskar drastiskt redan under detta sekel. Orsaken till detta är att halten av främst koldioxid i atmosfären redan är så hög, och att omsättningstiden för koldioxid är så lång, att klimateffekterna kommer att vara bestående under lång tid framöver.

RPC-scenarierna är endast definierade att gälla fram till 2100, men förlängningar har gjorts till år 2300. Enligt IPCC kan dock inte sannolikhetsberäkningar göras för perioden efter 2100. Den största osäkerheten gäller hur mycket massbalansen för Antarktis inlandsis förväntas förändras i ett varmare klimat och därigenom bidraget till havsnivåhöjningen. Avgörande för hur stor havsnivåhöjningen blir är hur mycket halten av

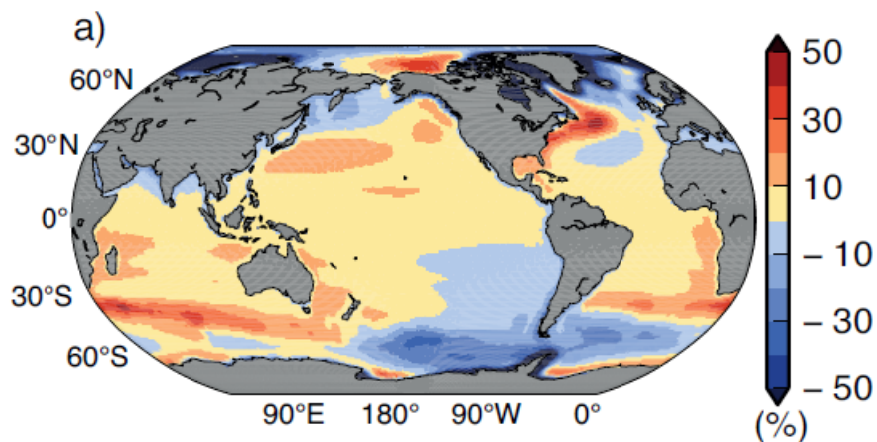
koldioxid kommer att öka. För år 2300 bedömer IPCC det mest troligt att havsnivån ökar med ca 1-3 meter.

IPCC:s bedömning av havsnivåhöjningens regionala variationer

IPCC konstaterar att de regionala havsnivåförändringarna kan skilja sig påtagligt från det globala medelvärdet, och att det uppvisar komplexa geografiska mönster. Faktorer av betydelse är bl.a. dynamiska processer i haven, geologiska förändringar av havsbassängernas volym samt ändrade gravitationsfält när inlandsisarnas massa minskar. Förändringar i vindar och lufttryck, temperatur, havsvattnets salthalt, havens värmeupptag från atmosfären, havsströmmar samt tillskott av sötvatten från smältande inlandsisar bidrar också till regionala variationer. I vissa fall samverkar de olika faktorerna, medan de i andra fall motverkar varandra vilket ger olika resultat. En intressant studie för Europa publicerades 2013 av det EU-finansierade forskningsprojektet "From Ice to High Seas – Sea-level rise and European Coastlines", vars resultat utgjorde underlag för IPCC:s bedömning. Se länk www.ice2sea.eu.

IPCC bedömer att havsnivåhöjningen blir högre i tropiska områden jämfört med det globala medelvärdet, och lägre i områden på höga breddgrader nära de stora inlandsisarna (se figur 5 nedan). Detta beror på att avsmältningen av inlandsisarna, som leder till en minskad massa hos dessa idag istäckta kontinenter, kommer att reducera jordens gravitationsfält regionalt och därmed minska gravitationens dragningskraft på havsvattnet i polartrakterna. Som en konsekvens av detta kommer havsnivåerna att stiga mer närmare ekvatorn och i tropikerna. Baserat på 21 olika modellberäkningar (CMIP5) anger IPCC att det kan uppgå till som mest + 30 % i oceanerna på södra halvklotet och utanför östra Nordamerika, jämfört med det globala medelvärdet (Church et al 2013, sid 1194-1196).

I områden på höga breddgrader belägna nära nuvarande eller tidigare inlandsisar och glaciärer (t.ex. Sverige) kan resultatet bli en *sänkning* av den relativa (upplevda) havsnivån, beroende på hur kraftig landhöjningen är (figur 5). IPCC anger att medelvärdet för modellberäkningarna visar att det kan uppgå till så mycket som 50 % lägre relativ havsnivåökning i det Arktiska området och delar av Antarktis jämfört med det globala medelvärdet. Man refererar bland annat till en ny finsk studie som visar på stor variation mellan Finska viken och Bottenviken som främst beror på olika kraftig landhöjning (se nedan).



Figur 5. Procentuell avvikelse för regional relativ havsnivåförändring jämfört med det globala medelvärdet för ett antal modellberäkningar, jämförelsen avser medelvärdet för perioderna 1986-2005 och 2081-2100. Den regionala avvikelsen är beräknad för utsläppsscenarioet RCP4,5, men är representativ för alla RCP. Blå markering visar områden där den relativa havsnivån kan komma att sjunka. Källa: Church et al 2013.

IPCC konstaterar i summeringen av kapitlet om havsnivåförändringar att det återstår betydande osäkerheter när det gäller regionala variationer hos havsnivåhöjningen, liksom beträffande stormars frekvens och intensitet vilket påverkar de extrema havsnivåerna lokalt. Här finns ett stort forsknings- och utvecklingsbehov de kommande åren.

Europeiska studier över regional havsnivåhöjning

I detta avsnitt presenteras resultat från några nyligen genomförda studier av förväntad havsnivåhöjning i Norra Europa, närmare bestämt för Nederländerna, Finland och Norge samt för Östersjöregionen som helhet. Några liknande studier från Sverige finns inte i nuläget, åtminstone inte publicerade. Sammanställningen gör inte anspråk på att vara heltäckande, det kan finnas andra studier som författaren saknar kännedom om. Referaten utgår från publicerade vetenskapliga rapporter och artiklar, preliminära forskningsresultat som inte är publicerade utan endast refererats i media ingår inte. Ambitionen är att regelbundet uppdatera sammanställningen då nya resultat publicerats som är särskilt relevanta för svenska förhållanden.

Changes in the past, present and future sea level on the coast of Norway. *NERSC Special Report 89, 2012.*

Författare: Jan Even Öie Nilsen, Helge Drange, Kristin Richter, Eystein Jansen och Atle Nesje.

I en projektrapport framtagen 2012 på uppdrag av staden Bergen i Norge har en forskargrupp vid Nansen Environmental and Remote Sensing Center och UNI Research vid Bjerknes Centre for Climate Research studerat havsnivåförändringar längs den norska kusten. Trender i nuvarande havsnivåhöjning analyseras, liksom de enskilda faktorer som påverkar de

regionala variationerna för den norska kusten. Man konstaterade att de tre faktorerna lufttryck, vattentemperatur och salthalt förklarade upp till 85 % av dagens variation hos det årliga medelvärdet för havsnivån i olika norska städer. Varmare vatten expanderar och höjer vattennivån, medan saltare vatten tvärtom komprimeras och därmed sänker havsnivån.

I rapporten görs en prognos för samtliga kommuner längs den norska kusten avseende relativ havsnivåhöjning om 100 år, alltså med landhöjningen borträknad. Man utgår från nyligen publicerade forskningsartiklar för att bestämma de olika bidragen till framtida havsnivåhöjning. Eftersom landhöjningen har stor variation i Norge skiljer sig resultaten åt ganska mycket för olika orter. Som jämförelse är landhöjningen i Stockholm 52 cm/100 år, vilket är mer än för de flesta norska städer. Landhöjningen i Oslo är 49 cm/100 år, vilket alltså jämförbart med Stockholm. Resultaten från beräkningarna visar att den relativa havsnivån i Oslo om 100 år bedöms vara i intervallet -10 till +50 cm jämfört med idag (68 % sannolikhet). Med 95 % sannolikhet bedöms den vara -20 till +70 cm jämfört med idag.

Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective. KNMI'14 Scientific Report, 2014.

Redaktörer: Bart van den Hurk, Peter Siegmund & Albert Klein Tank.

Rapporten är framtagen 2014 av KNMI, The Royal Netherlands Meteorological Institute, och är en uppdatering av en tidigare bedömning från 2006, KNMI'06. Den bygger på de senaste vetenskapliga rönen kring klimatförändringarna som fastslagits av IPCC 2013 i WG1-rapporten. Man utgår från IPCC's fyra olika utsläppsscenariot (RCP) och anpassar resultat från olika globala klimatmodeller (CMIP5) genom nedskalning till en regional klimatmodell. KNMI använder s.k. ensembleteknik som innefattar många olika modellberäkningar.

KNMI har tagit fram olika scenarier för den förväntade klimatförändringen i Nederländerna för åren 2030, 2050 och 2085, bl.a. med avseende på förändrad medeltemperatur, nederbörd och vindförhållanden. Man betonar att det är viktigt att kombinera resultat från olika klimatmodeller för att fånga upp den stora spridningen i modellresultat.

KNMI:s modellberäkningar för absolut havsnivåhöjning redovisas för det globala medelvärdet, för Nordöstra Atlanten samt för Nordsjön. Metoden man använt är fysikalisk-processbaserad (se ovan). Man har gjort beräkningar för två olika klimatscenarier: ett kallat "Low" som innebär en ökning av den globala medeltemperaturen med +1°C till 2050 och +1,5°C till 2085 samt ett scenario "High" motsvarande +2,0°C (2050) och +3,5°C (2085). För år 2100 ger "Low" +1,6°C och "High" +4,0°C i ökad medeltemperatur.

I beräkningarna för havsnivåhöjningen har KNMI gjort en värdering av de olika källornas bidrag till den stigande havsnivån. En regional anpassning har gjorts till förändringar i jordens gravitationsfält till följd av smältande

glaciärer och inlandsisar (se ovan). Detta påverkar hur mycket havsnivån stiger regionalt, och särskilt närheten till Grönlands inlandsis kommer att påverka Nordsjön markant. Bidraget från smältvattnet från Grönland kommer vara betydligt mindre jämfört med det globala medelvärdet, p.g.a. den minskande gravitationseffekten på havsvattnet från Grönland, mindre än 20 % enligt KNMI. Däremot kommer bidraget från Antarktis, enligt samma princip, vara högre jämfört med det globala medelvärdet (ca 110-120 %). Man bedömer även att bidraget från havets temperaturutvidgning samt förändringar i havsströmmar m.m. blir större i Nordsjön jämfört med globalt.

I beräkningarna har KNMI valt att utgå ifrån ett betydligt större bidrag från Antarktis till den maximala havsnivåhöjningen (pga. dynamiska processer hos inlandsisen) jämfört med IPCC, pga de osäkerheter som konstaterats för Antarktis. KNMI:s klimatscenario "High" ger en sannolik havsnivåhöjning i Nordsjön till år 2050 på 20-40 cm och 45-80 cm till år 2085. För år 2100 anges den maximala havsnivåhöjningen till 100 cm (95 % sannolikhet). Det bör tilläggas att Nederländerna inte har någon landhöjning som mildrar effekten av ett stigande hav, till skillnad från Sverige.

Global sea level rise scenarios adapted for the Finnish coast. *Journal of Marine Systems, 2014.*

Författare: Milla M. Johansson, Hilikka Pellikka, Kimmo K. Kahma. & Kimmo Rousteenoja.

Denna studie är utförd av en grupp forskare vid Finnish Meteorological Institute, FMI och publicerad 2014 i *Journal of Marine Systems*. IPCC WG1 refererar i kapitlet om "Sea Level Change" till denna artikel, som ett intressant exempel på beräkning av regionala variationer hos framtida havsnivåhöjning. Eftersom den är intressant även ur ett svenskt perspektiv beskrivs metod och resultat lite mer detaljerat.

FMI har tagit fram scenarios för den regionala havsnivåhöjningen längs den finska kusten till år 2100, genom att kombinera olika prognoser för den globala havsnivåhöjningen, landhöjningen samt förväntad vindpåverkan på havsnivån i Östersjön. Som utgångspunkt för beräkningarna utgår FMI från ett antal publicerade artiklar och rapporter som gör uppskattningar av global havsnivåhöjning till år 2100. Där ingår IPCC:s föregående rapport AR4 samt såväl fysikaliska-processbaserade modellberäkningar som semi-empiriska modellberäkningar. Man inkluderar även en beräkning av Pfeffer et al (2008) där man gjort en uppskattning av hur extremt stora bidrag från inlandsisar och glaciärer kan ge en teoretisk havsnivåhöjning på max 2 meter (det anges dock i artikeln att 0,8 meter är mest troligt). De tio olika modellberäkningarna gavs olika vikt, där IPCC:s bedömning fick högst vikt.

FMI analyserar den årliga variationen hos havsnivån för 13 olika städer längs den finska kusten, där de flesta tidserierna omfattar minst 80-90 år. Man konstaterar att skillnaderna i relativ (upplevd) havsnivåhöjning är stor, p.g.a. att landhöjningen i Finland varierar mellan 4,1 och 9,9 mm per år (högst i Bottenviken). Det är också stora årliga variationer beroende på olika meteorologiska faktorer, där främst västliga vindar påverkar vattennivån i Östersjön. Enligt FMI:s analys orsakade vindeffekten ett genomsnittligt påslag på havsnivån med 20-24 cm för den finska kusten för perioden 1961-2000.

FMI betonar att det har mycket stor betydelse för den framtida havsnivån i Finland om bidraget till den globala havsnivåhöjningen främst kommer från havsvattnets temperaturutvidgning eller om det är avsmältning av glaciärer och inlandsisar som dominerar. De flesta modellberäkningar visar att avsmältningen av den Grönländska inlandsisen medför en lägre havsnivåhöjning i Östersjön jämfört med det globala medelvärdet, beroende på förändringar i jordens gravitationsfält, se ovan. Detta har FMI tagit med i sina beräkningar för havsnivåhöjningen till 2100 för finska kusten, där år 2000 utgör startår.

Resultaten visar att den maximala havsnivåhöjningen längs den finska kusten i genomsnitt beräknas bli 29 % *lägre* jämfört med det globala maxvärdet. Skillnaderna är stora mellan olika finska städer, där de nordligaste städerna i Bottenviken t.o.m. beräknas få en havsnivåsänkning till år 2100 p.g.a. den pågående landhöjningen (medelvärdet för modellberäkningen). Spannet mellan minimi- och maximivå är dock stor, eftersom man inkluderade semi-empiriska modellberäkningar som ofta ger mycket stor spridning. För Helsingfors beräknas medelvärdet för den relativa havsnivåökningen (med landhöjningen borträknad) till år 2100 vara +30 cm. Spridningen är dock stor, från -15 cm till +89 cm (95 % sannolikhet).

Såsom framgår ovan (sid 7) gör IPCC i den nya AR5-rapporten bedömningen att de semi-empiriska modellerna är alltför osäkra för att i nuläget kunna ligga till grund för kvantitativa prognoser om den framtida havsnivåhöjningen. Den finska studien publicerades innan AR5 var klar, vilket är en förklaring till att de semi-empiriska prognosresultaten fått stor påverkan på resultaten. Det medför dock att FMI:s bedömningar i absoluta tal kan antas ligga i överkant för vad som är en sannolik havsnivåhöjning. Däremot är den *relativa* skillnaden mellan beräknad havsnivåhöjning i Östersjön och globalt av stort intresse. I takt med att avsmältningen av de stora inlandsisarna förväntas öka kommer denna effekt i form av lägre havsnivåhöjning längs den Finska kusten att förstärkas. Man betonar avslutningsvis att det är viktigt att följa den internationella forskningen och vid behov uppdatera de lokala beräkningarna för Finland.

Evaluation of the sea level research for the project Nya Slussen. *Granskning av Projekt Nya Slussen, 2015.*

Författare: Hilikka Pellikka och Kimmo Kahma, Finnish Meteorological Institute (FMI)

Stockholms stad driver projektet Nya Slussen, som innebär att den nuvarande Slussen ska rivas och en ny anläggning byggs upp på platsen. Vid högvatten är risken för översvämningar runt Mälaren stor med nuvarande slussanläggning. En av de viktigaste åtgärderna är därför att öka avbördningskapaciteten från Mälaren. Hela Slussenprojektet har varit omstritt, varför den nya politiska majoriteten i Stockholms kommunfullmäktige 2014 beslutade att en extern expertgranskning skulle genomföras av hela projektet. En särskild granskningsgrupp tillsattes för bedömning av de olika underlagen.

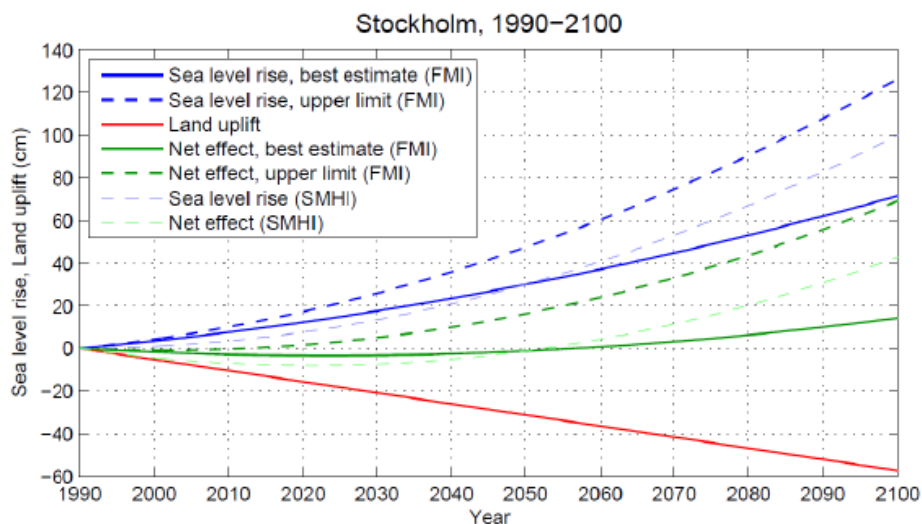
Ett av de underlag som granskades var SMHI:s bedömning av stigande havsnivå till år 2100. Ansvariga för utvärderingen blev Finnish Meteorological Institute (FMI), författare: Hilikka Pellikka och Kimmo Kahma. De ingick även i forskargruppen vid FMI som genomförde den ovan refererade studien om förväntad havsnivåhöjning längs den finska kusten. Granskningsgruppens rapport presenterades den 2 februari 2015.

FMI utgick i sin granskning av SMHI:s bedömning från den ovan refererade studien för finska kusten, och anpassade beräkningarna för de lokala förhållandena i Stockholm avseende landhöjningen. FMI anger också att man uppdaterat sina beräkningar med IPCC:s senaste bedömningar över global havsnivåhöjning (AR5), i övrigt verkar man utgå från samma underlag som i studien från 2014, där alltså flera semi-empiriska modellberäkningar ingår. Detta kan diskuteras eftersom IPCC så tydligt gjort bedömningen att de inte anses tillförlitliga i nuläget.

FMI framhåller i sin granskning att det är viktigt att separera frågan om framtida översvämningrisker i två delar: dels förändringar i havets medelvattennivå och dels förändringar i kortvariga havsnivåvariationer. Kortvariga havsnivåvariationer orsakas av olika meteorologiska faktorer, främst vindriktning och vindstyrka samt lufttryck. Enligt FMI kan klimatförändringarna medföra långsiktiga förändringar av den kortvariga havsnivåvariationen, t.ex i form av mer extrema högvattenstånd.

FMI:s slutsats av granskningen är att SMHI:s bedömning om en maximal *global* havsnivåhöjning med en meter för perioden 1990-2100 är rimlig. Den överensstämmer väl med IPCC:s slutsats i AR5-rapporten. När det gäller den *regionala* avvikelser från det globala medelvärdet gör FMI bedömningen att havsnivåhöjningen vid den finska och svenska kusten sannolikt blir ca 80 % av det globala medelvärdet, främst p.g.a. förändringar i jordens gravitationsfält när inlandsisarnas volym minskar (se ovan).

Enligt FMI:s beräkningsmodell gör man bedömningen att det *mest sannolika* är att den regionala havsnivåhöjningen i Stockholm för perioden 1990-2100 blir ca +70 cm (figur 6). Med landhöjningen borträknad motsvarar det en *relativ* havsnivåhöjning på +15 cm. FMI bedömer att den maximala havsnivåhöjningen uppgår till +125 cm, vilket således är något högre än SMHI:s bedömning (+100 cm).



Figur 6. Jämförelse av bedömningar av havsnivåhöjning till år 2100 gjorda av SMHI och FMI. Relativ havsnivåhöjning (Net effect, best estimate FMI), grön heldragen linje, utgör summan av regional havsnivåhöjning (blå heldragen linje) minus landhöjningen (röd). Blå streckad linje visar FMI:s övre gräns (Upper limit) angiven med 95 % sannolikhet. För mer detaljer om FMI:s metod hänvisas till Johansson et al 2014.

En särskild osäkerhetsfaktor är enligt FMI förändringar i vindriktning, där vissa klimatmodeller förutspår mer västliga vindar som medför att mer havsvatten strömmar in i Östersjön från Atlanten. FMI anger ett extra påslag på havsnivån i Östersjön på ca 6-7 cm som en tänkbar nivå.

När det gäller förändringar hos den *kortvariga havsnivåvariationen* så hänvisar FMI till egna analyser för den finska kusten som visar en ökande trend för årligt havsnivåmaximum för de senaste hundra åren. FMI skriver att de förväntar sig en liknande trend för den svenska kusten. Man framhåller att detta utgör en större översvämningsrisk jämfört med den stigande havsnivån. FMI visar att havsnivåmaximum har ökat de senaste 30 åren längs den finska kusten, och rekommenderar att detta utreds även för den svenska kusten.

När granskningsrapporten för Slussen presenterades gavs bl.a. SMHI möjlighet att kommentera innehållet. SMHI framförde då att:

”SMHI:s bedömningar av korttidsvariationerna i havsnivåer bygger för Projekt Slussen på en 300-års serie och ett stort antal vetenskapliga underlag, inklusive IPCC AR5. De vetenskapliga underlagen visar att det för närvarande inte finns någon fog för att säga att vindklimatet förvärrar risken för höga korttidsnivåer för Stockholm i framtiden. I expertgruppens rapport

visas ett diagram för finska kusten avseende observerade extremvärden från 1900 till 2009. Detta är inte helt relevant för Stockholm eftersom extrema vattennivåer i Finland inträffar vid andra vindriktningar än de som är kritiska för Stockholm i detta avseende. Om det är av intresse kan SMHI ta fram motsvarande diagram för Stockholms stad. Sammantaget bedöms det dock inte påverka de avvägningar som är gjorda inom Projekt Slussen” (Internt PM framtaget av Slussenprojektet).

SMHI har utvecklat dessa resonemang, där man framhåller att det finns svenska data med hög kvalitet från 1880-talet, jämfört med den kortare finska tidsserien som FMI utgår från. Den svenska dataserien visar att perioden från 1880 till ca 1920 innehåller många extremvärden för havsvattenstånd, medan perioden 1920-1970 hade förhållandevis få extremvärden. Efter 1970 noterades många vattenstandsrekord längs hela Sveriges kust, inte minst från 2000-talet. Detta benämns dekadisk variation, alltså variationer som har en tidsskala på tio år, snarare än veckor eller dagar, men som inte heller är en trend. Att utgå ifrån perioden från 1970 till idag skulle vara representativt för just den perioden, men inte egentligen vara mer representativt för ett framtida klimat än hela perioden, enligt SMHI:s bedömningar (Personlig kommunikation med Signild Nerheim, SMHI).

Second Assessment of Climate Change for the Baltic Basin Regional Climate Studies – The BACC II Author team, International Baltic Earth Secretariat.

Ordföranden: Hans von Storch och Anders Omstedt

I maj 2015 publicerades en mycket omfattande genomgång av kunskapsläget avseende klimatförändringar och dess effekter för Östersjöregionen av organisationen BACC II (Second BALTEX Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin). Det är en uppdatering av den första rapporten från BACC som publicerades 2008. I den vetenskapliga styrgruppen för BACC II har det för svensk del ingått representanter från SMHI, Göteborgs universitet och Lunds universitet. I rapporten konstateras inledningsvis att kunskapsläget har förbättrats avsevärt sedan 2008 och att många nya aspekter av klimatförändringarna har presenterats i den vetenskapliga litteraturen de senaste åren.

Beträffande stigande havsnivåer gör BACC II dels en genomgång av observerade förändringar av havsnivån i Östersjön de senaste 200 åren, dels en bedömning av stigande havsnivå fram till år 2100. Man skiljer då på global, lokal och relativ havsnivåhöjning. Relativ havsnivåhöjning är den upplevda förändringen korrigerat för landhöjningen. Landhöjningen är en process som pågår under tusentals år, varför man enligt BACC II kan betrakta den som linjär för tidsskalor som omfattar några århundranden. Landhöjningen varierar kraftigt inom Östersjöregionen, i Bottenviken är den maximalt 10 mm/år medan delar av Södra Östersjöns kust har en landsänkning på ca 1 mm/år.

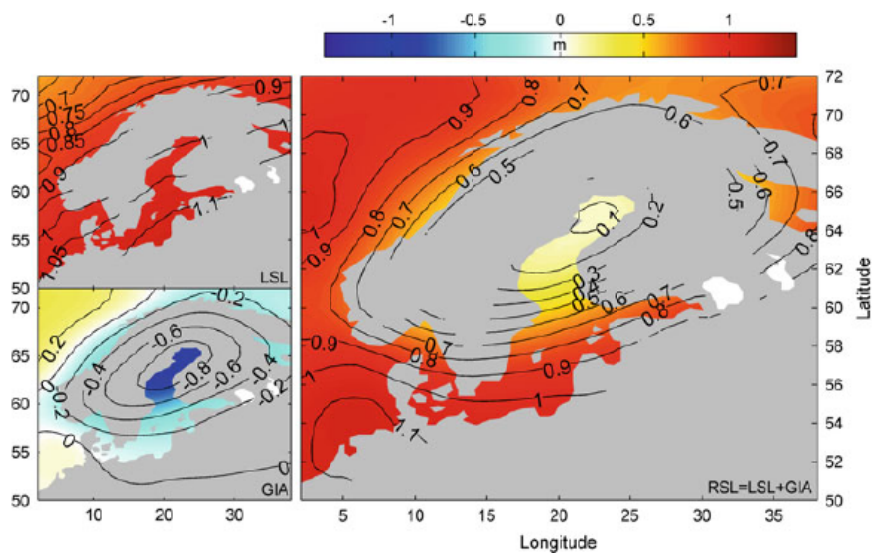
BACC II konstaterar att havsnivån varierar beroende på årstid och att denna säsongsamplitud har ökat mellan år 1800 och 2000. Vattennivån är högre på vintern och lägre på våren. Det är också stora variationer regionalt inom Östersjöområdet, vilket förstärks av kortvariga väderhändelser som kan orsaka extrema vattenivåer, till exempel västliga stormar som transporterar in mer vatten i Östersjön och därmed höjer vattennivån.

Ovanstående naturliga variationer medför att det är svårare att beräkna medelvärdet för den genomsnittliga årliga ökningen i Östersjöns havsnivå jämfört med det globala medelvärdet, där valet av tidsperiod kan påverka resultatet rätt mycket (se kommentar ovan från SMHI angående mätserien för Stockholm). Den s.k. dekadiska variationen hos Östersjöns havsnivå beror enligt BACC II troligen på en kombination av atmosfärcirkulationen samt variationer i nederbörd och havsströmmar. BACC II skriver att det i nuläget inte kan fastslås om havsnivån i Östersjön ökar i samma takt som den globala havsnivån (3,2 mm/år), men att eventuell avvikelse troligen inte är så stor. Det finns olika beräkningar som ger motstridiga resultat, samma tidsserie kan enligt författarna uppvisa både förekomst och frånvaro av en signifikant accelererande havsnivåökning, beroende på beräkningsmetod (BACC II 2015, sid 169).

BACC II-rapporten gör en bedömning av hur mycket havsnivån kan förväntas stiga till år 2100. Metodiken för analysen liknar de prognoser som nyligen tagits fram för Nederländerna (se ovan). BACC II gör en genomgång av olika vetenskapliga artiklar som beräknar det individuella bidraget från alla olika källor till den stigande globala havsnivån. Man utgår därefter från två olika klimatscenarier: ett "mid-range" (A1B-scenariet) och ett "high-end". För mid-range-scenariet beräknar man att den globala havsnivåhöjningen år 2100 blir 0,70 +/- 0,3 meter och för high-end blir det maximalt 1,10 meter (främst pga ökat bidrag från Antarktis).

Därefter kombinerar man dessa beräkningar med regionala avvikelser till följd av bl.a förändringar i jordens gravitationsfält (se ovan). Påverkan från avsmältningen av den grönländska inlandsisen blir då endast marginell i Östersjön, jämfört med det globala medelvärdet. Påverkan från Antarktis avsmältning blir däremot något högre. Enligt BACC II blir havsnivåhöjningen i Östersjön sannolikt ca 80 % av det globala medelvärdet för "mid-range"-scenariot. Man betonar att prognoserna över regional havsnivåhöjning blir osäkrare jämfört med prognoser för den globala.

BACC II:s analyser resulterar i specifika kartor för Östersjön som visar den förväntade havsnivåhöjningen till 2100 för de två klimatscenierna. Kartorna visar den regionala variationen för hela Östersjöområdet, både som absolut och relativ havsnivåhöjning. För Stockholms del så ger "mid-range"-scenariet knappt någon relativ havsnivåhöjning alls, medan "high-end"-scenariet visar en relativ havsnivåhöjning på ca 0,5 meter (figur 7).



Figur 7. Uppskattad maximal relativ havsnivåhöjning (m) i Östersjön för år 2090-2099 jämfört med perioden 1990-1999 (högra bilden). Den övre vänstra bilden visar den absoluta havsnivåhöjningen (m), den undre vänstra bilden visar landhöjningen (m). Av figuren framgår att den relativa havsnivåhöjningen i Stockholm förväntas bli maximalt ca 0,5 meter till år 2100. Källa: BACC II 2015.

SMHI:s uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget 2014

SMHI fick 2013 i uppdrag av regeringen att i samråd med Naturvårdsverket och Statens energimyndighet utarbeta underlag om det klimatvetenskapliga kunskapsläget inför kontrollstation 2015 för de klimat- och energipolitiska målen (SMHI, 2014).

Arbetet utfördes under 2014 och bygger till stor del på de sammanställningar av klimatvetenskapen som getts ut av IPCC i den femte utvärderingsrapporten (AR5). Materialet har uppdaterats med en del andra studier från de senaste åren. I tillägg till den studerade litteraturen bygger en del av rapporten på nya regionala klimatscenarier framtagna vid Rossby Centre vid SMHI:s forskningsavdelning.

I rapporten ges en uppdaterad beskrivning av förväntade klimatförändringar och dess konsekvenser för Sverige. Detaljerade regionala klimatscenarier för Sverige har tagits fram av Rossby Centre som visar simulerade förändringar av årsmedeltemperatur och årsnederbörd. När det gäller den stigande havsnivån skriver SMHI att framtida regionala förändringar påverkas inte bara av den globala havsnivåhöjningen utan en rad andra faktorer spelar också in. ”Då inte heller vindklimatet ändras signifikant enligt de regionala scenarierna...betyder det att förhållandena för Sveriges del speglar

havsnivåhöjningen i Nordsjön (vilken följer den globala) korrigerad för lokal landhöjning” (SMHI, 2014).

Beträffande forskningsläget om stigande havsnivåer gör SMHI bedömningen att de största osäkerheterna om den framtida havsnivåhöjningen gäller perioden efter år 2100. IPCC:s bedömning om en havsnivåhöjning till år 2300 med 1-3 meter för RCP8,5 kan visa sig vara i underkant enligt SMHI som skriver att: ”De nya observationerna av isavsmältning inte bara på Grönland men även på Antarktis (Helm et al., 2014 och Williams et al., 2014) indikerar att dessa höjningar kan möjligen bli högre än vad som diskuteras i AR5” (SMHI, 2014). Man lyfter särskilt fram att avsmältningen av inlandsisen på Västantarktis går snabbare än vad man visste vid tiden för AR5.

Referenser

- BACC II Author team 2015: Second Assessment of Climate Change for the Baltic Basin. *Regional Climate Studies*. International Baltic Earth Secretariat. Helmholtz-Zentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht, Germany.
- Bergström, S. 2012: Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012. SMHI, *Klimatologi* Nr 5.
- From Ice to High Seas 2013. Sea-level rise and European coastlines. The ice2sea Consortium, Cambridge, United Kingdom. www.ice2sea.eu
- Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer, A.S. Unnikrishnan, 2013. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. T.F. Stocker et al.). Cambridge University Press: Cambridge and New York.
- Johansson, M., Pellikka, H., Kahma, K. & Rousteenoja, K. 2014: Global sea level rise scenarios adapted for the Finnish coast. *Journal of Marine Systems* 129, 35-46.
- KNMI 2014: KNMI'14: Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective. van den Hurk, B., Siegmund, P & Klein Tank, A. (red.). Scientific Report WR2014-01.
- Naturvårdsverket och SMHI 2013: FN:s klimatpanel, Klimatförändring 2013. Den naturvetenskapliga grunden. Sammanfattning för beslutsfattare. Rapport 6592.
- Nilsen, J., Drange, K., Richter, K., Jansen, A. & Nesje, A. 2012: Changes in the past, present and future sea level on the coast of Norway. *NERSC Special Report 89*, Bergen, Norway.
- Pellikka, H. & Kahma, K. 2015: Evaluation of the sea level research for the project Nya Slussen. Granskning av Projekt Nya Slussen. Finnish Meteorological Institute.
- Pfeffer, W. T., Harper, J. T., O'Neel, S. 2008: Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. *Science* 321, 1340-1343.
- Rahmstorf, S. 2007: A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science* 315, 368-370.
- Rahmstorf, S. 2010: A new view on sea level rise. *Nature reports Climate change* Vol 4, 44-45.
- SMHI 2010: Regional klimatsammanställning – Stockholms län. Rapport Nr 2010-78.
- SMHI 2014: Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget. *Klimatologi* Nr 9.