

Kari Eilola 2023-05-24

Appendix 1: Eilola 2020, Klimatförändringar i Nordsjön och Västerhavet

North Sea Region Climate Change Assessment

År 2016 publicerades en utvärdering om klimatförändringar och deras påverkan i Nordsjöområdet som sammanställde den forskning som fanns i ämnet. Utvärderingen kallas 'North Sea Region Climate Change Assessment' (NOSCCA) och motsvarar den globala IPCC rapporten och klimatrapporten BACC för Östersjön. Boken tillhandahåller detaljerade utvärderingar av historisk och framtida utveckling inom flera klimatrelaterade ämnesområden som berör hav, land och atmosfär. Slutsatser från utvärderingarna pekar på att hela Nordsjöområdet erfar pågående klimatförändringar och att framtidsprojektioner pekar mot att regionen kommer uppvisa klimatpåverkan inom många områden under kommande årtiondena. Bl.a. pekar utvärderingen på att en uppvärmning pågår i hela regionen och att uppvärmningen med stor sannolikhet kommer att fortsätta under århundradet. Likaså påpekas att havsnivåerna i regionen ökar och förväntas öka med ungefär samma takt som den globala havsnivåökningen. Det finns dock begränsningar i utvärderingen av signifikant påverkan från historiska klimatförändringar på grund av att den naturliga variabiliteten är stor för många parametrar. Det finns också begränsningar i analysen av framtida förändringar på grund av att det finns få regionaliserade projektioner med kopplade modeller och behov av bättre konsistenta metoder för hur globala klimatprojektioner skall skalas ned till regional nivå. Osäkerheten i framtida projektioner återspeglas enligt bokens sammanfattning av den stora spridningen som modellresultaten uppvisar. För måttliga klimatförändringar är samhällets framtida påverkan på ekosystemen, genom t.ex. förändringar i landandvändning, jordbruk, flodregleringar eller utsläpp, större än klimatförändringarnas påverkan.

Temperaturökningen i regionen är snabbast över land, speciellt under våren och i de norra delarna av regionen, med en uppskattad ökningstakt på ca 0,17 °C per 10 år under perioden 1950–2010 och ytterligare ökad takt på 0,39 °C per 10 år under den senare perioden 1980–2010. I samband med det observeras färre tillfällen med kalla och fler tillfällen med varma extremitetstemperaturer. Det finns också indikationer på att extremerna blivit extremare på grund av att rådande atmosfärsförhållanden blivit mer ihållande. Generellt har nederbörden ökat i de norra delarna av Nordsjöområdet medan de södra delarna blivit torrare. Somrarna har blivit varmare och torrare medan vintrarna blivit blötare och tillfällen med stark nederbörd har blivit extremare.

Naturliga temperaturvariationer på olika tidsskalor orsakar problem med att bestämma långa temperaturtrender. Variationerna är sannolikt ett större problem än bristen på yttemperaturdata enligt författarna. Trots detta är bevisen för en ökad uppvärmning stark, speciellt sen 1980-talet. I Atlanten och nordligaste delen av Nordsjön har man en positiv temperaturanomali som överstiger en standardavvikelse sedan mitten på 1990-talet och mer än två standardavvikelser under de flesta av åren 2002–2010. Temperaturökningen är inte lika överallt utan störst i sydöstra Nordsjön där temperaturen ökat mer än 1 °C sedan slutet på 1800-talet. Vad gäller salthalten hindrar problem med hög variabilitet på korta tidskalor möjligheten att fastställa långa trender. Under de senaste tvåhundra åren överskrider variationerna på kortare tidskalor generellt de klimatrelaterade förändringarna för alla parametrar

inklusive ytemperatur och vattenstånd. Speciellt nämns salthalt men även strömmar, vågor, stormfloder, och suspenderat partikulärt material.

Det verkar som att flodtillförseln under vintern ökat då högre temperaturer medför att nederbörd kan falla som regn istället för snö, men ingen signifikant ändring i flöden på grund av klimatförändring har kunnat påvisas för de flesta av floderna.

Temperatur

Albretsen et al. (2012) som bl.a. refereras i NOSCCA studerade historiska förändringar i havet utanför Norges kuster baserat på skillnaden mellan 10-års medelvärden från 2000–2009 jämfört med en referensperiod 1961–1990. Genom att normalisera anomalin mellan årtiondena mot standardavvikelsen under referensperioden kunde de också relatera förändringarna på många olika platser mot en gemensam norm och samtidigt sätta förändringarna i relation till den lokala variabiliteten under referensperioden. Mest relevant för Kosterfjordenstudien är resultaten från 200 meters djup på station Hirtshals vid Jyllands nordspets och stationerna Torungen samt Lista vid den norska kusten. Ökningen i medeltemperatur mellan 2000–2009 dekaderna och referensperioden är ca 0,8 °C vid Hirtshals och Lista medan ökningen är mindre än 0,6 °C vid Torungen (uppskattat från deras figur 4). Ökningen vid Hirtshals överstiger en standardavvikelse medan ökningen vid Torungen är mindre (med ca en faktor 0,7) än standardavvikelsen. Ökningen vid Lista är kraftigare och överstiger två standardavvikelser. Ökningen i salthalt på 200 meters djup är mindre än ca 0,09 g kg⁻¹ och mindre betydande än temperaturökningen vid en jämförelse med standardavvikelsen. Motsvarande studie av data på 10 meters djup indikerade en temperaturökning med ca 0,8 °C, 1,1 °C, 1,3 °C vid Hirtshals, Torungen och Lista (uppskattat från deras figur 2). Slutsatsen från deras studie är att temperaturökningarna är i paritet med det som observerats globalt men att en del av ökningen kan bero på naturlig variabilitet i det nordatlantiska cirkulationsmönstret.

Kniesbush et al. (2019) undersökte resultat för perioden 1850–2008 från två oceanografiska cirkulationsmodeller för Östersjöområdet drivna med en rekonstruktion av historiska meteorologiska förhållanden och fann att temperaturtrenden 1978–2007 ökade ca tio gånger jämfört med trenden 1856–2005. Den starka trenden under den senare perioden förklarades av global uppvärmning i kombination med ett skifte i multidekadiska atmosfäriska svängningar över atlanten från en kallare till en varmare fas. Resultaten indikerar att det är viktigt att vara varsam med extrapolationer och slutsatser baserade bara på observationsdata från korta tidsskalor. De poängterar också att det kan krävas långa klimatsimuleringar för att säga något om svängningar över långa tidsperioder.

Linjära trendanalyser (Wesslander et al., 2020) i Skagerrak på station Å17 (1960 till 2019) visar på ökande temperaturtrend i ytan på 0,36 °C per 10 år och i bottenvatten ca 0,23 °C per 10 år under vintern. Under en kortare period från 1994 och framåt ökar botten temperaturen i vintervattnet snabbare med ca 0,37 °C per 10 år. Temperaturobservationer (ej säsongsuppdelat) i Kosterfjordens ytvatten (1966–2020) har ingen signifikant trend medan observationer (1994–2020) från botten vattnet ökar med en signifikant trend på 0,35 °C per 10 år (Eilola 2020, Appendix 2) vilket motsvarar ökningen i botten temperatur vid Skagerrak Å17 under samma period.

pH

Olafsson et al. (2009) studerade havsförurningens förändringar i Islandshavet i nordostatlanten åren 1985–2008 i ytvattnet och 1994–2008 i djupvattnet under 500 meters djup. De använde data från vintertid för att minska säsongsinfluerade variationer och multivariat metod för linjär regression för att separera trenden i ytemperatur från trenden i pH. Resultaten indikerade en minskning i pH med ca 0,024 pH enheter per 10 år i ytan och ca 0,006 pH enheter per 10 år i djupvattnet. I Kattegatts vintervatten beräknade Wesslander et al. (2020) en signifikant minskande linjär trend i ytan på 0,03 pH enheter per 10 år från mitten på 1960-talet. Att förurningen i västerhavet följer förändringarna i Atlanten indikerar enligt Wesslander et al. (2020) att även denna minskning i pH kan ha orsakats av ökande CO₂ i atmosfären. Beräkningar från SMHI:s pH data från 100 meters djup på station Å17 i Skagerrak (ej säsongsuppdelat eller temperatur-korrigerat) för den kortare perioden 2007–2019 (Eilola

2020, Appendix 2) indikerar en signifikant minskade trend på 0,077 pH enheter per 10 år. Jones et al. (2019) undersökte norska pH data (2010–2019) från 600 meters djup i Skagerrak och beräknade en liknande minskande linjär trend på 0,08 pH enheter per 10 år. Orsaken till den starkare trenden i dessa data från de senaste 10–15 åren är inte utredd men kan bero t.ex. på mineralisering av organiskt material. Man bör notera att norska och svenska pH mätningar görs med olika metoder och att absolutvärden därför inte är direkt jämförbara.

Framtida modellprojektioner för temperatur i Skagerrak

Vid tidpunkten för NOSCA bokens produktion begränsades analysen av framtida förändringar av för få regionaliserade projektioner med kopplade modeller och icke konsistenta metoder. Under senare tid har dock nya ensembler av mer konsistenta projektioner tagits fram som vi använt (Eilola 2020, Appendix 3) för att beskriva möjliga framtida temperaturförändringar i Skagerrak området. Analysen av klimatologisk förändring i temperatur (ytan, 100m djup och botten) mellan perioderna 2070–2099 och 1970–1999 i Skagerrak vid Å17 och Oslofjorden mynning för utsläppsscenarierna RCP 2,6, RCP 4,5 och RCP 8,5 (Eilola 2020, Appendix 3) visar att temperaturen ökar, mest i bottenvattnet. I fallet RCP 2,6 och RCP 4,5 hamnar ökningen för medelvärdet och 95-percentilen i månadsmedeldata i intervallet 1 °C – 1,4 °C och 1,6 - 2 °C, vardera. I fallet RCP 8,5 ökar medelvärdet ca 2,6–3,1 °C medan 95-percentilen ökar ca 3–4,6 °C. Det finns alltså en tendens till att gränsen för höga temperaturer (95-percentilen) ökar snabbare än vad som syns i utvecklingen av medelvärdet. Detta är speciellt märkbart i bottenvattnet för RCP 8,5. Det finns dock idag ingen utförlig förklaring till den snabbare ökningen för 95-percentilen som observerades (Eilola 2020, Appendix 3). En möjlighet är att det finns en påverkan från ökad variabilitet i Skagerrak som styrs bl.a. av vindar och förflyttningar i frontsystem mellan olika vattenmassor. Mer forskning behövs dock för att förstå hur dessa kan påverkas av klimatförändringar i de områden som studerats här.

Referenser:

- Albretsen J, Aure J, Sætre R, Danielssen DS, 2012. Climatic variability in the Skagerrak and coastal waters of Norway. ICES J Mar Sci 69:758–763. DOI: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr187>.
- Jones, E., M. Chierici, I. Skjelvan, M. Norli, H. Frigstad, K.Y. Børsheim, H.H. Lødemel, T. Kutti, .L. King, K. Sørensen, S. K. Lauvset, K. Jackson-Misje, L.B. Apelthun, T. de Lange, T. Johannessen, C. Mourgues og R. Bellerby. 2019. Monitoring ocean acidification in Norwegian seas in 2019, Rapport, Miljødirektoratet, M-1735|2020.
- Kniebusch, M., Meier, H. E. M., Neumann, T., & Börgel, F. (2019). Temperature variability of the baltic sea since 1850 and attribution to atmospheric forcing variables. Journal of Geophysical Research: Oceans, 124, 4168– 4187. <https://doi.org/10.1029/2018JC013948>.
- North Sea Region Climate Change Assessment, 2016. Editors: M. Quante and F. Colijn. Regional Climate Studies, Springer, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39745-0>.
- Olafsson, J., S.R. Olafsdottir, A. Benoit-Cattin, M. Danielsen, T.S. Arnarson, and T. Takahashi, 2009. Rate of Iceland Sea acidification from time series measurements. Biogeosciences, 6(11), 2661-2668.
- Wesslander, K., L. Viktorsson, P. Thor, M. Nilsson, A.T. Skjevik, 2020. The Swedish National Marine Monitoring Programme 2019. Report Oceanography No.69, SMHI Norrköping Sweden. Länk: https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.162761!/RO_69.pdf.