Højvande og middelvandstand – sammenhæng?

Vi står overfor ubehagelige valg i håndtering af signaler om variationer i klimaet. Dette gælder især vandstanden i havet – et vilkår som har stor betydning for et lavland med lang kystlinie som Danmark. Sammenhængen mellem middelvandstand og fordelingen af de højeste højvander ved Skallingen i Vadehavet, kan belyses ved en simpel metode.

Jesper Bartholdy

Stabiliteten af marsken på vadehavshalvøen Skallingen er analyseret i forhold til vandstandsforholdene i området herunder også ved Esbjerg /1/. Resultaterne har i første omgang givet anledning til konklusioner som:

i) Marskudviklingen er stabil og ikke direkte truet ved vandspejlsstigninger under ca. 0.5 m pr. 100 år;
ii) Ved højere vandspejlsstigninger risikerer marsken at komme under middelhøjvandslinien og forsumpe;
iii) Marskpålejringen synes at være relateret til variationer i (vinter) NAO-indexet - et index som, når det er højt, angiver at der er stor trykforskel i atmosfæren mellem lavtrykkene over Island og højtrykkene over Portugal.

Et yderligere resultat af analysen /1/ er en vurdering af størrelse og frekvens af høje vandstande i området. Resultaterne herfra viser, at en traditionel lineær fremskrivning af højvandsstatistikken giver anledning til en underestimering af de ekstreme højvandshændelser. En pålidelig fremskrivning er vigtig i mange sammenhænge, ikke mindst fordi forventningen om disse hændelser danner grundlaget for vores fremtidige krav til højden af digerne langs Vadehavet.

Den benyttede metode til at vurdere højvandernes fremtidige størrelse rapporteres hermed i håbet om at kunne bidrage til en hensigtsmæssig analyse af fremtidsscenarier om digesikkerheden.

Flybillede af Skallingmarsken (2003) umiddelbart efter et højt højvande hvor marsken blev oversvømmet. Bemærk de mange vandfyldte lavninger og »loerne«, der er naturlige meandrerende drænings-kanaler i marskområdet. I billedets nedre venstre hjørne kan man ane konturerne af et tårn. Det er her Geografisk Instituts vandstandsmåler er monteret.«

Resultater

Som det fremgår af Fig. 1, er den årlige middelvandstand i Esbjerg steget siden 1930'erne. Den indledtes med en stigning op til 1950'erne og efterfulgtes af en stangnation frem til omkring 1980. Derpå fortsatte stigningen op til i dag. De seneste 19-års trend svarer til 42 cm pr. 100 år, mens hele perioden har en middelstigning svarende til 23 cm pr. 100 år. Middelvandstanden er i Tabel 1 opgjort på 15 års basis bortset fra den sidste periode, som begrænses af overgrænsen for analysen (1999).

En analyse af fordelingen af høje vandstande har taget udgangspunkt i Skallingmarsken. Her er højvandet under storm pga. vindstuvningen noget mindre end i Esbjerg. Under stormen 3-4. december 1999 blev denne forskel under maksimum målt til 0,76 m /2/. Forskellen har vist sig at korrelere godt med en andengradsligning, hvor højvandstanden i Esbjerg er den uafhængige parameter. Antallet af højvander over marskniveauet (N) kan beskrives ved hjælp af en aftagende eksponentiel funktion med højvandets størrelse (HWL):

$$N = 2892 \exp(\beta \, HWL) \qquad (1)$$

og det viste sig, at den faktor der styrer denne eksponentialfunktion (β) kan beskrives med en lineær funktion af den årlige middelvandstand i Esbjerg:

$$\beta = 3.81 * MWL - 4.00 \qquad (2)$$

Idet der henvises til artiklen /1/ for detaljer, vises disse sammengænge i Fig. 2.

Forudsigelser af ekstremvandstande

Disse resultater giver i første omgang mulighed for at teste fremskrivningen af ekstremvandstande ved at sammenligne forholdene i perioden 1931-46 med de tilsvarende forhold i perioden 1991-99. Sammenligningen fremgår af Fig. 3, som viser den her foreslåede fremgangsmåde i forhold til den mere traditionelle konservative fremskrivning. Sidstnævnte fremkommer ved en parallelforskydning af fordelingskurven langs x-aksen med stigningen i middelvandstanden.

Fordelingerne er illustreret i form af variationer i overskridelsesintervallet (antallet af år mellem en overskridelse) af højvander, med den teoretiske 100 års hændelse (der traditionelt benyttes til dimensioneringer) som øvre grænse. Bemærk, at perioden 1991-99 er kort. Da denne periode afgrænses ved juli 1999, indeholder den ikke december stormen i 1999. Hvis dette havde været tilfældet, og analysen også af sidste periode havde været på 15 år ville maksimumværdien med stor sandsynlighed have svaret til december 1999 stormens niveau ved Skallingen nemlig 3,24 m DNN med en frekvens på 15 år. Dette punkt ligger som det fremgår af Fig. 3 temmelig tæt på liniens forløb.

Hvis vi i stedet ser på hvor mange gange eksempelvis niveauet 1,6 m DNN ville blive overskredet, kan det aflæses, at en konservativ forskydning af kurven ville give anledning til en forøgelse fra 10,8 til 18,3 gange pr. år mens den her benyttede procedure ville betyde et skift til 27,3 gange pr. år. Dette skal sammenlignes med at det faktisk målte antal i perioden 1991-99 svarer til 25,2 gange pr. år, og altså væsentligt hyppigere end den konservative fremskrivning forudsagde, og ganske nær den, som fremkommer ved den her foreslåede metode.

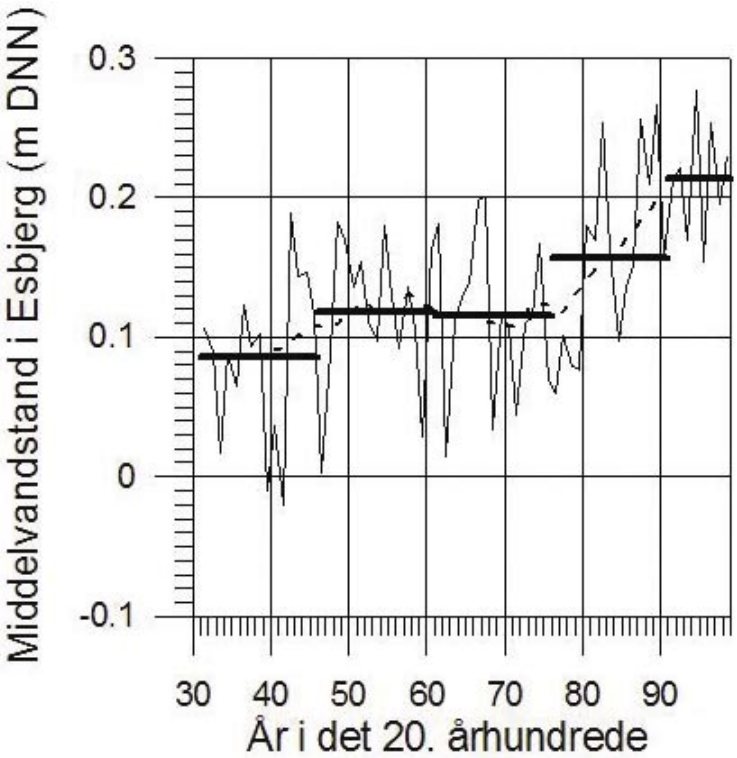
Hvis denne metode benyttes til at se frem i tiden (f.eks. ved ekstrapolation af sammenhængen mellem middelvandstanden og β) mod en middelvandstand i Esbjerg på 0,50 m DNN, kommer disse forskelle endnu tydeligere frem. En sådan vandstand svarer til en stigning på ca. 0,29 m, hvis det benyttede middelniveau for perioden 1991-99 på 0,214 m DNN lægges til grund.

Med en mulig forøgelse af vandstanden på ca. ½ m pr. 100 år svarer dette til middelvandstanden om ca. 50 år, og altså den tilstand man med de givne forudsætninger vil kunne forvente i år 2055.

Som det fremgår af Fig. 4, er der en endog meget stor forskel på den her foreslåede fremskrevne 100-års højvandstand på lidt under 6 m DNN og den konservativt fremskrevne på 4,2 m DNN. Bemærk, at der er tale om vandstande ved Skallingen, som under ekstremer er mindre end ved Esbjerg.

Konklusion

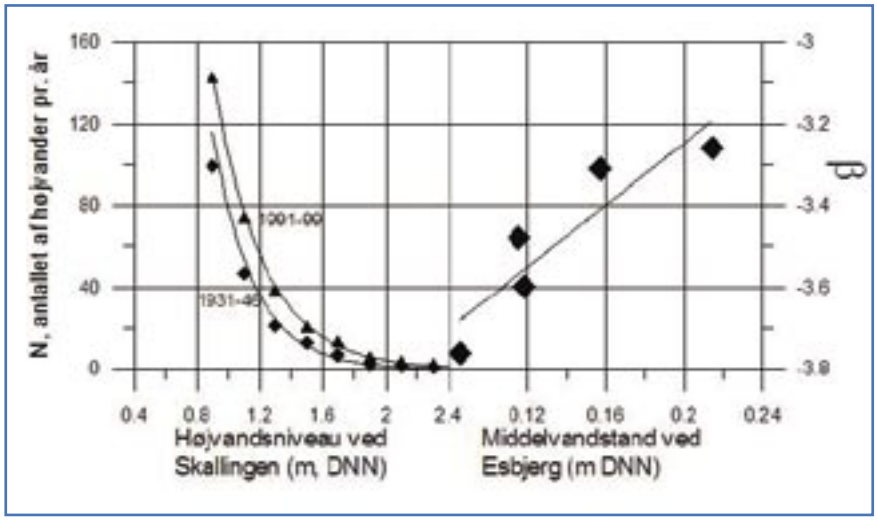
Den her beskrevne metode til at forudsige hyppighed og højde af ekstreme højvander ved Skallingen bygger på en eksponentielt aftagende fordeling. Denne fordeling styres af en faktor (β), hvis sammenhæng med den årlige middelvandstand viser et lineært forløb



Figur 1. *Middelvandstand ved Esbjerg i perioden 1930-1999. Den fuldt optrukne linie angiver de årlige middeltal (juli-juli), den stiplede linie viser 19 års løbende middel af denne og de vandrette fede linier svarer til middelværdier over 15 år, bortset fra den sidste. Efter /1/.*

Tabel 1. *Middelvandstand i perioder (juli-juli) ved Esbjerg fra 1931 til 1999 i m DNN*

Periode	Middelvandstand
1931 - 46	0,086 m
1946 – 61	0,119 m
1961 – 76	0,116 m
1976 – 91	0,157 m
1991 – 99	0,214 m



Figur 2.
Venstre) Antallet af højvanders variation med niveauet i intervaller på +/- 0,10 m ved Skallingmarsken i perioderne 1931-46 og 1991-99. De målte værdier er markeret med hhv. ruder og trekanter, de modellerede er markeret med linier. De øvrige perioder er udeladt af hensyn til overskueligheden.

Højre) Sammenhængen mellem faktoren, β og middelvandstanden ved Esbjerg. Det er β der styrer eksponentielfunktionerne vist til venstre. Efter /1/.

i perioden fra 1930'erne og frem til i dag. Metoden beskriver ekstremvandstande som er væsentlig højere end de, der kan forudsiges ved hjælp af en traditionel parallelforskydning af frekvenskurven.

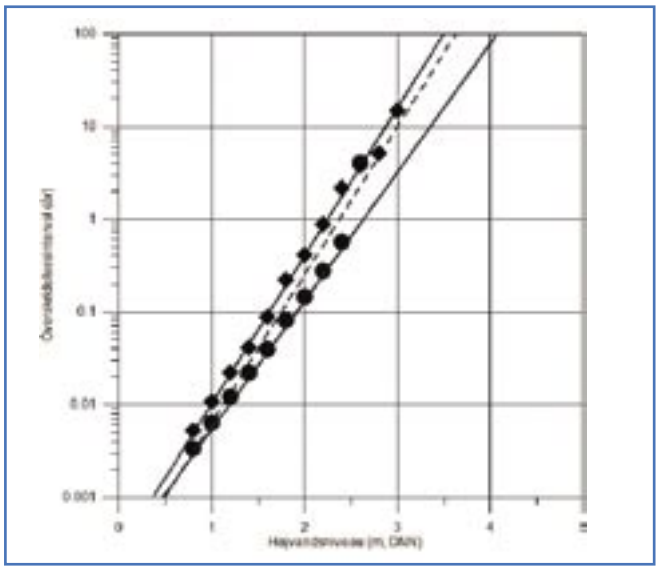
Som salig Storm P. sagde det: "Det er svært at spå, især om fremtiden!". Ingen kan vide hvad der sker i morgen. Den metode, der her er foreslået til at beskrive et muligt fremtidsscenario, bygger på en formodet relation mellem højvandsfordelingen og middelvandstanden. Metoden indebærer en række valg, og den er ikke baseret på en teoretisk analyse af de kausale sammenhænge. Det kan kritiseres og måske også forbedres. Metoden kan derimod ikke modsiges med henvisning til den tidsserie, der allerede foreligger. Når den benyttes til at beskrive udviklingen i højvandsforholdene, sådan som de var fordelt i 1930'erne frem til at "forudsige" dem, der hersker i dag, er der en bemærkelsesværdig god overensstemmelse mellem forudsigelse og virkelighed. Det kan man ikke sige om den mere traditionelt anvendte forskydning af højvandsfrekvenskurven med middelvandstanden. Den her foreslåede metode kan derfor i nogen grad siges at repræsentere det udsagn, der engang blev fremført i forhold til trafiksikkerheden: "Husk nu på, at man ikke har set sig for, før man har set sig tilbage".

Referencer

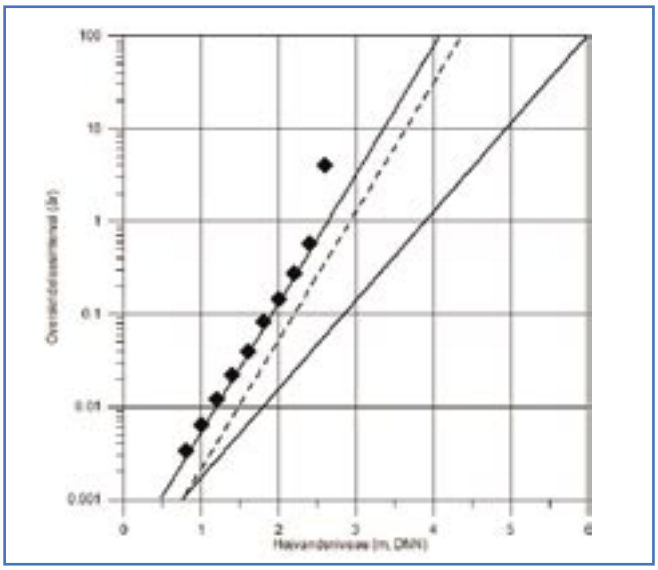
/1/ Bartholdy, J., Christiansen, C. and Kunzendorf, H., 2004. Long term variations in a backbarrier salt marsh deposition on the Skallingen peninsula – the Danish Wadden Sea. Marine Geology, 203, 1-21

/2/ Bartholdy, J. og Aagaard, T., 2000. Storm surge effects on a backbarrier tidal flat of the Danish Wadden Sea. Geo-marine letters, 20, 133-141

Jesper Bartholdy, Ph.D. Arbejder med sediment transport i floder og estuarine områder som f.eks. Vadehavet. Lektor i Naturgeografi på Geografisk Institut, Københavns Universitet. Øster Voldgade 10, DK-1350 København K. JB@geogr.ku.dk.



Figur 3. *Analyse af ekstremvandstande beregnet på baggrund af de i teksten beskrevne eksponentielle sammenhænge (fuldt optrukne linier) sammenlignet med de målte højvandstande for Skallingmarsken i perioderne 1931-46 (ruder) og 1991-99 (cirkler). Overskridelsesintervallet skal i denne sammenhæng opfattes som det antal år, man kan forvente der går mellem en overskridelse af den pågældende højvandstand. Den stiplede linie angiver en konservativ parallelforskydning langs x-aksen af fordelingen fra 1931-46 med middelvandstandsforskellen mellem de to perioder. Bemærk, at der er tale om højvandsstande for Skallingmarsken, som er mindre end de tilsvarende højvandsstande i Esbjerg.*



Figur 4. *Analyse af ekstremvandstande for Skallingmarsken. Perioden 1991-99 er markeret med de faktiske målinger i form af symbolet "ruder". Det mulige fremtidsscenario med en middelvandstand på 0,5 m DNN er angivet til højre i form af en fuldt optrukken linie. Den stiplede linie angiver en konservativ parallelforskydning af fordelingen fra 1991-99 baseret på forskellen i middelvandstand mellem de to perioder.*