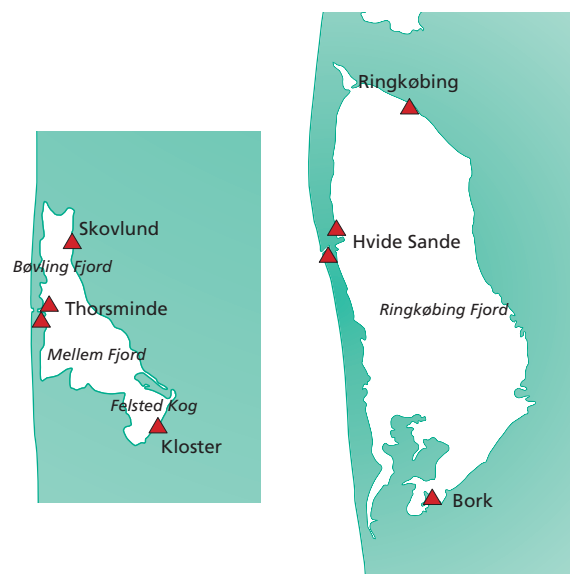


Fjordene

1 Områder

Nissum og Ringkøbing fjorde fungerer som afløbsrecipienter for hvert sit opland. Arealet af Nissum Fjord er ca. 70 km², medens Ringkøbing Fjord er ca. 290 km².

Kystdirektoratet modtager vandstandsdata fra tre vandstandsstationer i henholdsvis Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord. Stationerne er vist på figur 1.



Figur 1 Vandstandsstationer

2 Sluser

2.1 Nuværende slusepraksis

For hver af de to fjorde er der nedsat et sluseudvalg. Sluseudvalgene fastlægger slusepraksis ud fra erhvervmæssige og miljømæssige interesser. Slusepraksis er en instruks for operationen af sluser, således at bestemte fysiske forhold i fjorden opretholdes. Der fastlægges bestemmelser om tilstræbt saltholdighed og bestemmelser om, at vandstanden så vidt muligt holdes inden for visse fastsatte grænser. Længerevarende højvande i havet kan dog forhindre udstrømning af fjordvandet.

Vandstanden i Nissum Fjord skal i henhold til sluseudvalgets indstilling i tiden indtil den 1. december 2006 så vidt muligt ikke overstige +0,20 m DVR og i øvrigt holdes så lav, som forholdene tillader det. Sluseudvalget henstiller, at tidevandet udnyttes mest muligt til ind- og udstrømning, samt at sluserne, herunder også gennemsejlingsporten, holdes fuldt åbne på tider, hvor højdeforskellen mellem havets og fjordens vandstande ikke er større end, at dette kan ske uden skade på bygværkerne. Ved storm og højvande holdes sluserne lukket.

Vandstanden i Ringkøbing Fjord skal i henhold til sluseudvalgets indstilling holdes indenfor nærmere fastlagte grænser. De nuværende grænser er 0,0 - +0,25 m DVR.

Grænseværdierne benævnes efterfølgende min.- og max. vandstandsgrænse.

2.2 Slusekapacitet

Afvandingsslusen i Thorsminde består af 12 porte med en bredde på 2,5 m. De 10 porte har en vanddybde på 1,4 m medens de to sidste har en vanddybde på 2,6 m. Derudover fungerer kammer-slusen med en bredde på 7 m og dybde på 2,6 m også som afvandings-sluse.

Slusen i Hvide Sande består af 14 porte, hver med en bredde af 6,25 m og en vanddybde på 4,1 m.

I tidligere undersøgelser er ind- og udstrømningen gennem sluserne beregnet ved:

$$Q = k \cdot \sum b_i \cdot h \cdot \sqrt{(H-h)},$$

hvor Q er vandføringen, k er en konstant afhængig af de stedlige forhold, b er bredden af de åbenstående porte og h og H er vandstanden henholdsvis nedstrøms og opstrøms slusen.

For Thorsminde Sluse er k bestemt til 3,545 (ref.1). For Hvide Sande Sluse varierer k med antallet af åbne porte og med forskel i vandstand mellem fjorden og havet (ref.2). I beregningerne her er k sat til 4,0.

3 Påvirkning

Påvirkningen på grund af forventet klimaændring er gengivet i tabel 1.

Tabel 1 Påvirkning grundet klimaændringer

| | Periode | Δ vs | Større afstrømning | Større vindpåvirkning |
|---------|----------|-------------|--------------------|-----------------------|
| | antal år | cm | % | % |
| År 2100 | 95 | 33 | 10 | 5 |

Vandspejlsstigningen Δ vs gælder for vandstanden i havet. Vandstandsudviklingen i fjordene afhænger af bl.a. slusepraksis og slusekapacitet.

Der er to forhold, der har betydning for digesikkerheden i fjorden: det generelle vandspejlsniveau i fjorden og størrelsen af ekstremhøjvande. Det første emne er behandlet i afsnit 3.1, det andet i afsnit 3.2. Derudover spiller bølgehøjden en rolle. Den er behandlet i afsnit 3.3.

3.1 Vandspejl i fjordene

3.1.1 Afstrømning fra opland

En gang månedligt har amtet udført registreringer over tilløb til Nissum Fjord. Middel vinterafstrømning i perioden 1990/91-2004 beregnet over månederne november-marts er 18,4 mio.m³/uge.

Ifølge amtets oplysninger er den daglige vinterafstrømning i perioden 1980-1999 til Ringkøbing Fjord knap 6 mio.m³. Det svarer til ca. 42 mio. m³/uge.

Størrelserne på afstrømningen til de to fjorde harmonerer, når de respektive oplandsstørrelser tages i betragtning.

Afstrømningen i år 2100 øges med et tillæg på 10 %.

De daglige tilløb til Ringkøbing Fjord varierer mellem 2 mio. m³ i tørre sommermåneder til 12 mio.m³ i våde vinter- og forårsmåneder, ref.2. De seks størst registrerede tilløb er:

- 8. februar 1945 24 mio.m³
- 13. februar 1958 25 mio.m³
- 18. marts 1970 27 mio.m³
- 30. oktober 1980 17 mio.m³
- 18. januar 1984 17 mio.m³
- 4. marts 1995 18 mio.m³

De tre største tilløb er registreret i forbindelse med tørbrud. Da vintertemperaturen er stigende, betragtes det som usandsynligt, at de største tilløb bliver større, selv om nedbøren stiger. Det største fremtidige tilløb i år 2100 skønnes derfor at være 18 mio.m³/dag + 10 %, altså 19,8 mio. m³/dag.

Divideret med fjordens areal, se afsnit 1, findes de daglige stigninger i fjorden til at blive mellem 1 og 7 cm, når slusen i fjorden er lukket.

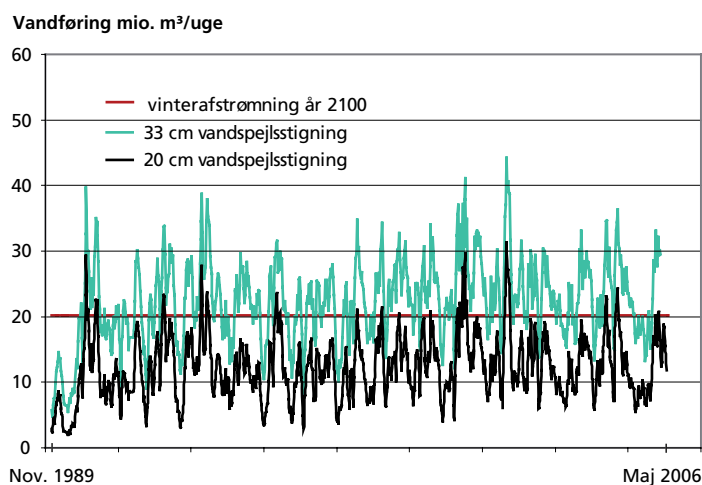
Med samme forhold på max. dagligt tilløb og middel vinterafstrømning kan de daglige stigninger i Nissum Fjord i år 2100 blive op til 12 cm.

3.1.2 Vandspejlsscenarier i fjordene

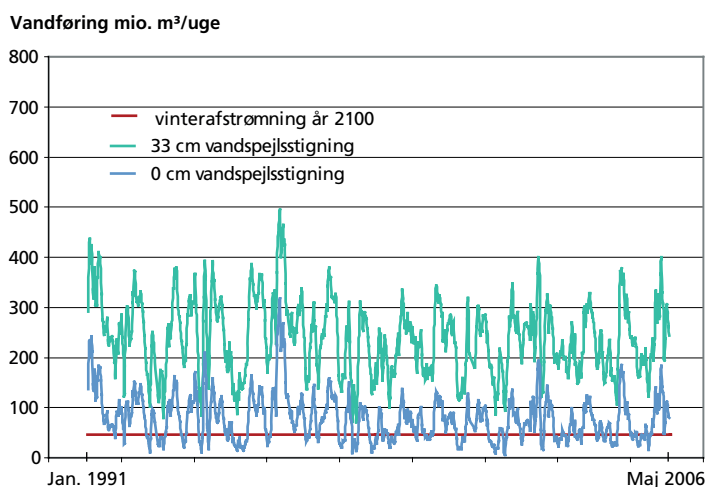
Ved hjælp af vandstandsregistreringer ved de to sluser fra perioden 1991-marts 2006 er den teoretiske vandføringskapacitet gennem sluserne beregnet ifølge formel givet i afsnit 2.2. Alle sluseporte er forudsat åbne. Såfremt vandstandsforskellen over sluserne har været større end 1 m, er der dog kun regnet med en strømning svarende til 1 m vandstandsfor-skel.

Vandføringen er dernæst summeret ugevis. Disse er præsenteret i figur 2 og 3, hvor det for overskuelighedens skyld er foretaget glidende midling over fem ugers intervaller.

På samme figurer er middel vinterafstrømning, se afsnit 3.1.1 fra de to oplande præsenteret.



Figur 2 Ugentlige værdier (glidende midling over 5 uger) af udstrømningskapacitet fra Nissum Fjord i år 2100 ved henholdsvis 20 cm og 33 cm vandspejlsstigning i fjorden. Derudover er afstrømning fra oplandet i år 2100 anført.



Figur 3 Ugentlige værdier (glidende midling over 5 uger) af udstrømningskapacitet fra Ringkøbing Fjord i år 2100 ved henholdsvis 0 cm og 33 cm vandspejlsstigning i fjorden. Derudover er afstrømning fra oplandet i år 2100 anført.

Det er bemærkelsesværdigt, at der er mange perioder ved Nissum Fjord, hvor tilstrømning til fjorden overstiger mulig udstrømning gennem sluser-

ne. For Ringkøbing Fjord gør dette forhold sig ikke gældende. Her synes at være overskydende kapacitet til stede.

Tidsserier over vandstandsregistreringerne for Thorsminde viser også flere perioder, hvor vandspejlet i fjorden stiger ud over det niveau slusepraksis foreskriver på grund af højere vandstand i havet.

Kurverne for beregnet vandføring gennem sluserne i figur 2 og 3 afspejler ligeledes situationen i år 2100 med 33 cm stigning af fjordvandstanden, idet vandstands differencen mellem hav og fjord er identisk. Til gengæld gives middel vintertilstrømning et tillæg på 10 %.

Ydermere er der indtegnet kurver for 20 cm vandspejlstigning for Nissum Fjord og 0 cm vandspejlsstigning for Ringkøbing Fjord.

Middel af ugentlig vandføring over månederne november-marts i perioden 1991-2005/06 er listet i tabel 2 sammenholdt med nuværende og fremtidig middel vinterafstrømning til fjordene.

Tabel 2 Teoretisk udstrømning om vinteren samt middel vintertilstrømning (mio. m³/uge)

| Fjordområde | Tidspunkt | Tilstrømning | vs-stigning 0 cm | | vs-stigning 20 cm | | vs-stigning 33 cm | |
|------------------|-----------|--------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | | Udstrømning | Kapacitet | Udstrømning | Kapacitet | Udstrømning | Kapacitet |
| Nissum Fjord | Nuværende | 18 | 25 | 6 | - | - | - | - |
| | Fremtidig | 20 | - | - | 15 | ÷ 5 | 25 | 5 |
| Ringkøbing Fjord | Nuværende | 42 | 228 | 186 | - | - | - | - |
| | Fremtidig | 46 | 83 | 37 | - | - | 228 | 182 |

Overskydende kapacitet er udtrykt ved differencen mellem den gennemsnitlige udstrømning over den betragtede periode og middel vintertilstrømning.

Tallene viser, at for Ringkøbing Fjord er der tilstrækkelig kapacitet til at bibeholde den nuværende vandstand i fjorden i år 2100.

For Nissum Fjord er der akkurat tilstrækkelig kapacitet ved at følge vandstandsstigningen i havet, altså 33 cm stigning frem til år 2100. Med samtidig hensyntagen til fjordens større sensitivitet for afstrømning fra oplandet, se afsnit 3.1.1, vil der kunne opstå situationer med samtidig hændelse af ekstrem afstrømning og ekstrem højvande i havet. Dette udfald kunne betyde yderligere stigning af det øjeblikkelige vandspejl – udover det som allerede kendes i dag – på grund af forøgelse af dels vindstyrken og dels afstrømningen.

3.2 Højvande

3.2.1 Højvandsstatistikker

Der udarbejdes nye højvandsstatistikker gældende for år 2100 for de fire vandstandsstationer: Skovlund, Kloster, Ringkøbing og Bork under hensyntagen ovennævnte forudsætninger.

Vandstanden i fjordene afhænger bl.a. af den anvendte slusepraksis. Da det ikke har været muligt at indhente oplysninger om slusepraksis før 1980, er ekstremvandstandsdata fra perioden siden 1980 valgt som

grundlag for vandstandsstatistikkerne. Det valgte kriterium for at to nabo-peakværdier af vandstanden er uafhængige størrelser er, at vandstanden i den mellemliggende periode, har ligget inden for det vandstandsinterval, instruksen påbyder.

Disse vandstandsdata er givet en række tillæg i henhold til de forudsete klimaændringer.

- Almindelig vandspejlsstigning i fjordene afhængig af resultatet i afsnit 3.1.2
- Tillæg for større tilstrømning, se afsnit 3.2.2
- Tillæg for større vindstuvning, se afsnit 3.2.3.

De nye vandstandsstatistikker i fjordene gældende for år 2100 er angivet i tabel 3 og 4.

Tabel 3 .Vandstandsstatistik i Nissum Fjord i år 2100 (angivet i cm)

| Vandspejlsstigning i fjorden | Vandstands Station | Middeltidshændelse | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|-----------|
| | | 20 år MT | 40 år MT | 50 år MT | 100 år MT |
| 33 cm | Skovlund | 1,54 | 1,64 | 1,67 | 1,76 |
| | Kloster | 1,67 | 1,78 | 1,81 | 1,93 |

Tabel 4 Vandstandsstatistik i Ringkøbing Fjord i år 2100 (angivet i cm)

| Vandspejlsstigning i fjorden | Vandstands Station | Middeltidshændelse | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|-----------|
| | | 20 år MT | 40 år MT | 50 år MT | 100 år MT |
| 0 cm | Ringkøbing | 1,10 | 1,19 | 1,22 | 1,31 |
| | Bork | 1,30 | 1,41 | 1,45 | 1,56 |
| 33 cm | Ringkøbing | 1,43 | 1,52 | 1,55 | 1,64 |
| | Bork | 1,63 | 1,74 | 1,78 | 1,89 |

3.2.2 Større tilstrømning

Såfremt slusen i en periode er lukket vil vandstanden i fjorden stige. Dette er udtryk for den tilførte mængde fra afvandingen af oplandet.

Den aktuelle tilstrømning udtrykkes som differencen mellem middelvandspejlet i fjorden beregnet som middel af vandstande for de tre vandstandsstationer på højvandstidspunktet og max. vandstandsgrænse. Klimaændringens betydning på tilstrømningen i år 2100 beregnes derfor som et tillæg på 10 % på differencen.

3.2.3 Større vindstuvning

Forskellen mellem det øjeblikkelige vandstands niveau mellem de tre stationer i fjordene er udtryk for hældningen af vandspejlet. I tilfælde af ekstrem situationer, hvor vindpåvirkningen er kraftig, kan differensen tages som udtryk for vindens påvirkning af vandspejlet i fjorden.

Middelvandstanden på højvandstidspunktet beregnes som middel af målingerne i de tre vandstandsstationer i fjorden. Den aktuelle stuvning findes ved at subtrahere denne værdi fra den aktuelle måling i den pågældende vandstandsstation. For at finde en tilsvarende stuvningsværdi i år 2100 anvendes kvadratet på vinden med et tillæg på 5 % svarende til

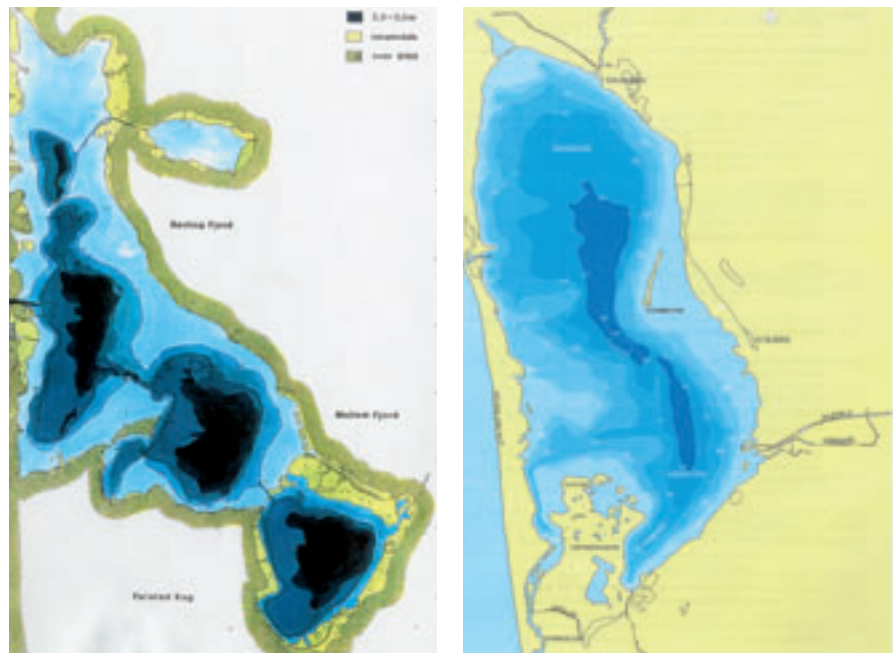
forøgelsen. Tillægget fra klimaændringer til stuvningen i år 2100 beregnes derfor som stuvningen multipliceret med bidraget ($1,05^2 \div 1^2$).

3.3 Bølger

Der findes ikke bølgeregistreringer for fjordene. Derfor er bølgepåvirkningen beregnet ved forecasting ud fra forudsætninger om vindstyrke, frit stræk og vanddybder, se tabel 5. Frit stræk og vanddybder er fundet ud fra bathymetriske kort over fjorden, se figur 4. Vindstyrken er sat til 32 m/sek kommende med pålandsretning.

Tabel 5. Bølger

| Fjord | Område | Frit stræk km | Dybde m | Bølgehøjde m | Bølgeperiode sek |
|------------------|---------------|------------------|------------|-----------------|---------------------|
| Nissum Fjord | Bøvling Fjord | 6,5 | 1,5 | 0,8 | 3,3 |
| | Feldsted Kog | 3,3 | 2,0 | 0,9 | 3,1 |
| Ringkøbing Fjord | Nordlig del | 10 | 3,0 | 1,4 | 4,2 |
| | Sydlig del | 20 | 3,0 | 1,5 | 4,9 |



Figur 4. Bathymetrier for Nissum (ref.3) og Ringkøbing fjorde (ref.2)

- Ref.1 I. K. Danø. Nogle Ud- og Indstrømningsmængder gennem Afvandingssluserne ved Thorsminde. Ringkøbing, november 1940.
- Ref.2 Statshavsadministrationen Esbjerg. Ringkøbing Fjord. Slusepraksis 1994-1997. September 1998.
- Ref.3 Statshavsadministrationen Esbjerg. Nissum Fjord. Muligheder for ændring af saltholdighederne. Juni 1998.