



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Vandstande og saltholdighed i Limfjorden ved lukket Thyborøn Kanal**

Nørgaard, Jørgen Harck; Bentzen, Thomas Ruby; Larsen, Torben

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Nørgaard, J. H., Bentzen, T. R., & Larsen, T. (2012). Vandstande og saltholdighed i Limfjorden ved lukket Thyborøn Kanal. Aalborg: Department of Civil Engineering, Aalborg University. (DCE Technical Memoranda; Nr. 27).

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Vandstande og saltholdighed i Limfjorden ved lukket Thyborøn Kanal

Jørgen Harck Nørregaard  
Thomas Ruby Bentzen  
Torben Larsen

Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sektionen for Vand & Jord

**DCE Technical Memorandum No. 27**

**Vandstande og saltholdighed i Limfjorden ved lukket  
Thyborøn Kanal**

Oktober 2012

© Aalborg Universitet

## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

*Technical Reports* anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

*Technical Memoranda* udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes i mente, når publikationer i serien refereres.

*Contract Reports* benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

*Lecture Notes* indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

*Theses* er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

*Latest News* rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-7278

DCE Technical Memorandum No. 27

# Vandstande og saltholdighed i Limfjorden ved lukket Thyborøn Kanal

af

Jørgen Harck Nørgaard, Thomas Ruby Bentzen og Torben Larsen

Institut for Byggeri og Anlæg, Aalborg Universitet

## Sammenfatning

På Aalborg Universitet er der netop afsluttet nogle omfattende edb-beregninger med vandstandsforhold og saltholdighed i Limfjorden. Disse beregninger dokumenterer, at en lukning af Thyborøn Kanal med en dæmning indeholdende en gennemstrømningssluse, vil være i stand til at reducere de nuværende og fremtidige stormfloder i den indre Limfjord markant. Dette vil kunne kompensere virkningen af de fremtidige vandstandsstigninger og klimaændringer det nærmeste århundrede. Det er desuden vist, at en gennemstrømningssluse med et tværsnitsareal på omkring 500 m<sup>2</sup> vil være tilstrækkelig til at opretholde vandskifte og saltholdighed på det nuværende niveau, således at vandkvaliteten heller ikke forringes. Dette svarer til en sluse, som er cirka 50 % større end gennemstrømningsslusen i Hvide Sande. Slusen skal virke som en ensretter således at den kun lader tidevandet fra Nordsøen passere ind i fjorden i østgående retning. Under stormflod er slusen helt lukket.

På denne baggrund vurderes, at en lukning af Thyborøn Kanal teknisk set vil være en realistisk mulighed senere i dette århundrede, når virkninger af klimaændringerne for alvor slår igennem.

## Baggrund

Thyborøn Kanal blev skabt i 1862 da en stormflod brød igennem Limfjordstangen, der adskiller Nordsøen fra Limfjordens vestligste del, Nissum Bredning. Forud var der forløbet omkring 700 år, hvor adskillelsen havde været fuldstændig bortset fra kortvarige overskyl, indtil en stormflod i 1825 brød igennem og skabte Agger Kanal. Gennembruddet betød en økologisk katastrofe for vandmiljøet i fjorden, fordi saltholdigheden i løbet af få måneder blev forøget fra få promille op til noget nær Nordsøniveau.

Agger Kanal begyndte allerede efter 20 – 25 år at sande til. Men først efter dannelsen af den nye kanal ved Thyborøn lukkedes Agger Kanal hurtigt. For at sikre fortsat muligheden for sejlads byggede man herefter hurtig et antal høfder på den sydlige tange og en enkelt på den nordlige. Senere kom flere høfder til, og høfderne medvirkede til at den nye kanal har overlevet indtil nu.

På baggrund af kysten og kanalens faretruende udvikling i 1930erne nedsatte man i 1937 en kommission for at vurdere hvilke tiltag der var nødvendige for at sikre tangernes og Thyborøn Bys

fortsatte eksistens, og i 1942 afgav kommissionen en betænkning (Thyborønkommissionen af 1937), der anbefalede en lukning af kanalen. Beslutningen blev udsat på grund af verdenskrigen, men i 1946 vedtog Landstinget loven om lukning af Thyborøn Kanal. Loven indeholdt også, at der skulle etableres en skibsfartssluse, så sejladsen fortsat kunne passere, samt en gennemstrømningsluse for oprette en rimelig saltholdighed i fjorden af hensyn til fiskeriet. Imidlertid blev loven kun delvis effektueret på grund af faglig og politisk uenighed, og efter et omfattende udvalgsarbejde (Thyborønudvalget af 1957) blev loven ophævet i 1970 uden at planens sidste skridt, dæmningen, der skulle lukke kanalen, var gennemført.

Omkring 2005 blussede diskussionen om en eventuel lukning af kanalen op igen med udgangspunkt i de forventede vandstandsstigninger som følge af den globale opvarmning og de allerede konstaterede stigninger i stormflodernes styrke. Jørgen Bülow Beck, Lemvig, og Torben Larsen, Aalborg, foreslog at man startede en planlægning af en lukning af kanalen med en dæmning, hvori der som i 1946-loven skulle placeres en skibsfartssluse og en gennemstrømningsluse. Den sidstnævnte skulle virke som en ensretter og sende rent vand fra Nordsøen igennem fjorden i østlig retning for sikre god vandkvalitet og i øvrigt kun holdes helt lukket under stormflod i Nordsøen.

Senest har Kystdirektoratet (Knudsen m.fl., 2012) vist, at der allerede inden 2060 kan forventes mærkbare forøgelser af stormflodsvandstandene i den indre Limfjord på grund af morfologiske ændringer, der betyder at Thyborøn Kanal gradvis bliver dybere og bredere, og dermed gør det lettere for stormfloderne at trænge ind. Det skal nævnes, at det allerede i forbindelse med de modelforsøg, der blev foretaget i Holland 1957 – 1962 (Waterloopkundig Laboratorium, 1962), blev konstateret at Thyborøn Kanals tværnsnitareal siden dannelsen var stadigt voksende ikke mindst i perioden 1910 – 1960 (rapportens figur 11). Dette nævnes også af Kystinspektoret (1999), dog uden at denne udviklings betydning for stormfloder inde i Limfjorden blev diskuteret.

Alt i alt må det vurderes, at det forhold at Thyborøn Kanal i hele sin levetid ikke har været i fuldstændig morfologisk ligevægt, men stadig vokser, yderligere aktualiserer tilskyndelsen til at overveje en lukning af kanalen.

## **Formålet med edb-modellering af Limfjorden**

Med det formål at vise at en lukning af kanalen både kan formindske oversvømmelserne i den indre Limfjord og samtidigt sikre at vandskifte og vandkvalitet ikke nødvendigvis vil blive forringet, har forfatterne til denne artikel foretaget omfattende edb-beregninger med vandstand og saltholdighed i fjorden for at dokumentere at dette afgrænsede formål kan opfyldes.

En lukning af kanalen er naturligvis ikke uden ulemper. Disse må opvejes mod de fordele som især opnås inde i fjorden. Der er tale om komplicerede tekniske og samfundsmæssige forhold, og ved de tidligere lejligheder, hvor sagen har været behandlet, har dette komplicerede spørgsmål været henlagt til i en kommission. En nærmere belysning af de samlede fordele og ulemper kan derfor ikke ske her. Her ses blot på, om den vigtigste fordel, dvs. en reduktionen af oversvømmelserne inde i fjorden, er forenelig med opretholdelse af den vigtigste forudsætning for fiskeri og vandmiljø, nemlig vandskifte og saltholdighed.

## **Den korte fysiske forklaring**

Den korte forklaring på det tilsyneladende modstridende forhold, at det er muligt at reducere vandstanden under stormfloder og alligevel opretholde et højt vandskifte bygger på nogle simple grundlæggende strømningsmæssige forhold forklaret ud fra følgende simple eksempel:

Hvis vandstanden i Nordsøen pludseligt voksede med eksempelvis 1 m ville det tage omkring 1 døgn inden højvandet var trængt helt ind i Limfjorden og vandstanden var steget tilsvarende for eksempel ved Skive. Men hvis saltholdigheden i Nordsøen pludseligt voksede med 10 PSU ville det vare omkring et år før ændringen ville være slået fuldt igennem ved Skive. Ændringer i vandoverfladens beliggenhed bevæger sig mange gange hurtigere end den hastighed selve vandet

bevæger sig med. Derfor er det muligt kortvarigt at holde kanalen totalt lukket i få dage om året under stormflod uden at det betyder noget væsentligt for saltholdighed og vandskifte.

## Edb-beregninger

Edb-beregningerne er fortaget med en såkaldt 3-dimensional edb-model (MIKE3 udviklet af DHI, Hørsholm), hvor man hvert 10ende minut opdatere vandstand, strøm og saltholdighed i et beregningsnet, der har opdelt Limfjorden i ca. 24.000 små delelementer i det vandrette plan og 10 elementer i lodret retning. Modellen styres af vandstanden i Nordsøen og i Kattegat samt af vinden over fjorden. Dertil kommer saltholdighederne ligeledes i Nordsøen og Kattegat samt ferskvandstilførslen fra vandløbene. I modellen er indbygget den omtalte gennemstrømningsssluse. Beregningerne simulerer en toårig periode, der blandt andet indeholder den kraftigste stormflod, der nogensinde er registreret i Limfjordsområdet dvs. vandstandsforholdene ved orkanen 9. – 10. januar 2005. Med modellen foretages først en beregning med de eksisterende forhold og dernæst følger beregninger, hvor lukningen af kanalen er tilføjet med flere varianter af gennemstrømningsslusens tværsnitsareal.

Fra beregningerne kommer mange millioner delresultater. Her skal kun de vigtigste hovedresultater gives.

## Resultater vedrørende stormflodsvandstande

I tabel 1 vises beregnede stormflodsvandstande i byer i den centrale Limfjord i år 2100 ved henholdsvis åben og lukket kanal under forudsætning af, at der forekommer en stormflod som svarede til den som forekom den 8.- 9. januar 2005. Heri er ikke medregnet eventuelle morfologiske ændringer af Thyborøn Kanal, som i givet fald vil betyde svagt/moderat større vandstande ved den åbne kanal.

Tabel 1: Stormflodsvandstande år 2100  
svarende til stormfloden 8. - 9. januar 2005

By	Åben kanal m	Lukket kanal m
Lemvig	1.89	0.67
Nykøbing	1.91	0.74
Thisted	1.98	0.91
Skive	2.08	1.07
Løgstør	2.48	1.92

## Resultater vedrørende vandskifte og saltholdighed

I tabel er vist årsgennemsnit af saltholdigheden i fjorden (2005) ved de eksisterende forhold og ved en lukning af kanalen med tre forskellige størrelser af tværsnitsarealet i gennemstrømningsslusen, på henholdsvis 500, 1000 og 1500 m<sup>2</sup> (arealer ved kote 0,00 m DVR90). Det bemærkes, at forskellen er ret beskeden, hvilket kan henføres til, at allerede ved det mindste tværsnitsareal er saltholdigheden i fjorden høj og tæt på Nordsøens saltholdighed. Der er derfor kun mulighed for små forøgelser.

Tabel 2: Saltholdighed i fjord uden lukning af kanal samt ved lukning af kanal med sluse

Område	Uden lukning PSU	500 m <sup>2</sup> sluse PSU	1000 m <sup>2</sup> sluse PSU	1500 m <sup>2</sup> sluse PSU
Nissum Bredning	31.40	31.25	31.40	31.40
Risgaarde Bredning	27.88	27.90	28.56	28.79
Løgstør Bredning	28.50	28.53	29.10	29.40
Lovns Bredning	23.96	24.13	24.80	25.05
Skive Fjord	26.15	26.27	26.96	27.20
Nibe Bredning	27.84	28.02	28.79	29.06
<i>PSU: "Practical Salinity Unit" omtrentlig det samme som saltholdighed i promille</i>				

Det ses, at såfremt målet er at opretholde status quo med hensyn til saltholdigheden er en sluse med tværsnitsareal på ca. 500 m<sup>2</sup> tilstrækkelig. Når man betænker, at slusen i Hvide Sande for udløbet fra Ringkøbing Fjord har et tværsnitsareal på 350 m<sup>2</sup>, og at denne har været i drift siden 1931, er det klart at bygning af en sluse på 500 m<sup>2</sup> ikke ligger uden for hvad der teknisk set er realistisk.

Da selve eksistensen af Thyborøn Kanal og dens morfologiske udvikling siden 1862 i høj grad har været underlagt menneskeskabt påvirkning og styring, og da kanalen er afgørende for fjordens saltholdighed, er det vanskeligt at tale om fjordens *naturlige* saltholdighed. Ud fra det synspunkt er der derfor mulighed for at vælge at bygge en større sluse end ovenfor nævnt, for eksempel for at kunne kompensere for nogle af de miljømæssige ulemper, der skyldes de kommende klimaændringer. Etablering af en større sluse vil for eksempel desuden kunne erstatte etablering af stenrev, etablering af randzoner ved vandløb, etablering af nye vådområder osv.

Ved en eventuel senere detaljeret planlægning af styringsstrategien (og endelig størrelse) for gennemstrømningsslusen ville det sandsynligvis været hensigtsmæssigt også, at inddrage en total vandkvalitetsmodel, som blandt andet omfatter primærproduktion og næringssalte. Men der er ingen grund til at forvente at resultater fra en sådan modellering vil føre til principielt andre konklusioner end hvad herværende undersøgelse har ført til.

## Afsluttende bemærkning

Med de her omtalte resultater fra omfattende edb-simuleringer med vandstand, vandskifte og saltholdighed har man opnået en rimelig dokumentation for at en lukning af Thyborøn Kanal fra en teknisk synsvinkel er en realistisk mulighed for at kompensere for virkningerne på den centrale Limfjord af de vandstandsstigninger og forøgelser af hyppigheden af stormfloderne som allerede ses i dag og som vil fortsætte i dette århundrede. Det er sandsynliggjort, at dette kan gøres uden at det fører til væsentlige ændringer i fjordens vandmiljø.

I forhold til andre kystnære vandområder og fjorde er dette enestående mulighed, som næppe ses tilsvarende andetsteds. Dette kan entydigt henføres til det helt særlige forhold, at Limfjorden står i forbindelse med både Nordsøen og Kattegat.

Mange steder i verden er etableret dæmninger af hensyn til beskyttelse mod stormfloder og i mange tilfælde har det ført til dannelse af fersk- eller brakvandsområder med ringe vandkvalitet.



## Referencer

Knudsen, S. B., Ingvarlsen S., Madsen, H. T. og Sørensen, C. (2012). Increased Extreme Water Levels due to Morphodynamic Changes; the Limfjord, Denmark. Abstract fra ICCE 2012: 33th International Conference on Coastal Engineering. American Society of Civil Engineers.

Thyborønkommissionen af 1937. (1942). Foranstaltninger til sikring af Limfjordstangerne og Thyborøn Havn og Kanal. Betænkning fra kommissionen nedsat 16. april 1937. Ministeriet for Offentlige Arbejder.

Thyborønudvalget af 1957. (1968). Betænkning vedrørende Thyborøn Kanal. Betænkning nr. 472. Ministeriet for Offentlige arbejder.

Kystinspektoret (1999). Thyborøn – 25 års eftersyn. Hovedrapport

Waterloopkundig Laboratorium (1962). Thyborøn Channel – Report on Model Investigation. M509, Delft 1962



## Seneste udgivelser i DCE Technical Memorandum serien

ISSN 1901-7278

DCE Technical Memorandum No. XXX