



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Rapport om: Modelforsøg med udvidelse af Køge Havn

maj 1978

Larsen, Torben

Publication date:
1978

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Larsen, T. (1978). *Rapport om: Modelforsøg med udvidelse af Køge Havn: maj 1978*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

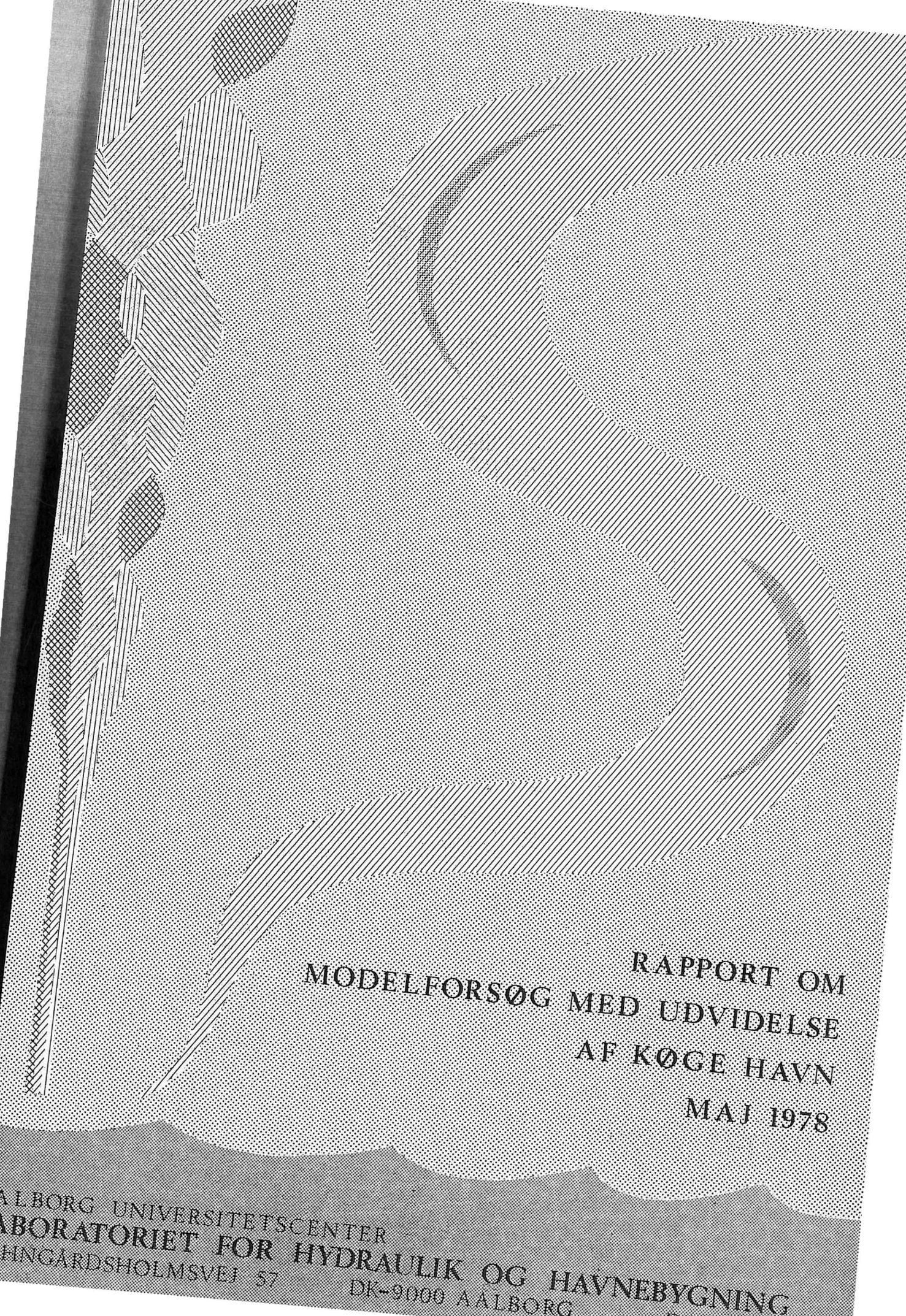
General rights

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 providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



RAPPORT OM
MODELFORSØG MED UDVIDELSE
AF KØGE HAVN
MAJ 1978

AALBORG UNIVERSITETSCENTER
LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
LINDGÅRDHOLMSVEJ 57
DK-9000 AALBORG

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

Danmarksgade 19 9000 Aalborg Danmark telefon (08) 160533

Adresse fra 1. juli 1978:

Sohngårdsholmsvej 57 DK-9000 Aalborg Danmark telefon (08) 142333

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

RAPPORT OM MODELFORSØG MED

UDVIDELSE AF KØGE HAVN

MAJ 1978

INDHOLDSFORTEGNELSE:

1. Indledning	side	1
2. Konklusion	side	2
3. Bølgeforsøgene ved Køge havn	side	3
4. Beskrivelse af model og modelforsøg	side	5
5. Kommentarer til måleresultater	side	6

BILAGSFORTEGNELSE:

Bølger fra E, 1. etape	Bilag nr.	1
Bølger fra E, 2. etape uden forlængelse af søndre mole	Bilag nr.	2
Bølger fra E, 2. etape incl. forlængelse af søndre mole	Bilag nr.	3
Bølger fra ENE til E, 1. etape	Bilag nr.	4
Bølger fra ENE til E, 2. etape uden forlængelse af søndre mole	Bilag nr.	5
Bølger fra ENE til E, 2. etape incl. forlængelse af søndre mole	Bilag nr.	6
Bølger fra NE, 1. etape uden dækning mod N	Bilag nr.	7
Bølger fra NE, 1. etape med dækning mod N	Bilag nr.	8
Bølger fra NE, 1. etape med dækning mod N samt forlængelse af nordre ydermole	Bilag nr.	9

1. Indledning

På vegne af Køge kommune har Dansk Geoteknik A/S foranlediget udført en serie modelforsøg med bølgeuro ved en foreslået udvidelse af Køge havn. Undersøgelsens formål har været at afklare, om der i den foreslåede havneudvidelse kan forventes tilfredsstillende lave bølgehøjder ved havnens liggepladser.

Oplægget til undersøgelsen har været planløsningen på bilag nr. 11 i Dansk Geoteknik A/S's sag 7570-II Køge, betegnet "Udvidelse af Køge havn, forslag VII" og dateret 11.11.76.

Ved planlægningen af undersøgelsen har fra Dansk Geoteknik A/S medvirket overingeniør C.P. Olsen og civilingeniør Arne Pedersen. Fra laboratoriets side har medvirket civilingeniør Torben Larsen, som har udarbejdet herværende rapport.

2. Konklusion

Resultaterne af modelforsøgene er angivet på bilagene nr. 1-9 og heraf kan følgende uddrages:

1. De kritiske vind- og bølgeretninger for den søndre del af den planlagte udvidelse er, hvad angår bølgeuro, retninger lidt nord for E.
2. Det må skønnes, at de af Dansk Geoteknik A/S udarbejdede forslag til 1. og 2. etape for søndre del vil være acceptable, hvad angår bølgeuro, såfremt man undgår at udnytte de østligste ca. 50 m af kajen, ved det foreslåede containerleje for mindre skibe, i perioder med kraftige østlige vinde fra ovennævnte kritiske retning.
3. For det nordlige afsnit i havneudvidelsen må det anbefales at søge en yderligere dækning af kajen ud for Junckerhavns indsejling med henblik på at afskærme for bølger fra N til NE i 1. etape.
4. Det skønnes, at havneudvidelsen i gennemsnit vil reducere bølgeuroen i Junckerhavnen.

3. Bølgeforholdene ved Køge havn.

Den foreslåede udvidelse af Køge havn er udformet således, at kun en smal sektor omkring E kan antages at medføre bølgeuro i havnen. Det frie stræk i denne retning er omkring 40 km.

På grund af de relativt lave vanddybder i Køge bugt og ikke mindst over Juelsgrund er en bølgeforudsigelse i dette område relativ usikker. Da partikelbevægelsen i vandet ved bunden som følge af bølgerne afhænger stærkt af bølgelængden, vil usikkerheden på bølgeforudsigelsen være størst for de største og længste bølger.

Ved vurdering af bølgeforholdene umiddelbart uden for Køge havn har man foretaget teoretiske beregninger som har indeholdt betydningen af den begrænsede vanddybde.

Teoretiske bølgehøjder ved vind fra E:

Vindstyrke	Bølgehøjde	Bølgeperiode	Overskridelseshyppighed	
	H_S m	T_S sec	%	timer pr. år
10 m/s	1,2	5,0	3,5	300
15 m/s	2,0	6,0	1,5	130
20 m/s	2,9	7,0	0,2	17
25 m/s	3,6	7,7	0,03	2,6

De angivne hyppigheder svarer til vindobservationer fra Stevns fyr 1930-60 og sektoren er 45° .

H_S angiver den signifikante bølgehøjde defineret som middelbølgehøjden af den største trediedel af bølgerne. Den signifikante bølgeperiode er defineret tilsvarende.

Ved Københavns Geografiske Institut har man i en lang årrække beskæftiget sig med forholdene i Køge bugt. I litt. [1] er foretaget en nøjere teoretisk vurdering af bølgeforholdene i bugten, herunder bølgerefraktionen. Det fremgår heraf, at refraktion giver anledning til en reduktion i bølgehøjden ved Køge havn og at denne refraktion har størst virkning ved de største bølgelængder. På baggrund heraf skal man skønne nedenstående bølgeforhold ved indsejlingsområdet til havnen.

[1] Kjeld D. Petersen, Søren Poulsen (1975): "Overfladesedimenter på Juels Grund-Køge flak belyst udfra den teoretiske bølgepåvirkning", Københavns Universitets Geografiske Centralinstitut.

Skønnede bølgehøjder ved vind fra NE til E:

Vindstyrke	Bølgehøjde	Bølgeperiode	Overskridelseshyppighed	
	H_S m	T_S sec	%	timer pr. år
10 m/s	1,2	5,0	3,5	300
15 m/s	1,7	6,0	1,5	130
20 m/s	2,2	7,0	0,2	17
25 m/s	2,5	7,7	0,03	3

Disse skøn må antages at ligge på den sikre side, hvad angår sammenhæng mellem bølgeparametre og overskridelseshyppigheder. Det vil derfor være væsentligt om der kunne fremskaffes mere detaljerede oplysninger om bølgeforholdene, helst i form af bølgemålinger.

Ved havneudbygningens 1. etape vil man endvidere være i den situation, at bølger fra N til NE vil skabe bølgeuro på den nordvendte kaj ud for Junckerhavnen. I dette tilfælde vil de kritiske bølgeforhold svare til forholdene ved de tidligere udførte modelforsøg med lystbådehavnen ved Tangmosevej, umiddelbart nord for Køge havn (se litt [2]). På baggrund heraf skønner man nedenstående bølger fra retninger omkring NNE.

Vindstyrke	Bølgehøjde	Bølgeperiode	Overskridelseshyppighed	
	H_S m	T_S sec	%	timer pr. år
10 m/s	0,9	4,5	2,0	175
15 m/s	1,4	5,5	1,0	90
20 m/s	1,8	6,3	0,2	17
25 m/s	2,0	7,0	0,02	2

[2] Laboratoriet for hydraulik og havnebygning (1977): "Rapport om modelforsøg med Køge Lystbådehavn", Aalborg Universitetscenter.

4. Beskrivelse af model og modelforsøg

Med henblik på at reducere måleusikkerheden ved modelforsøgene, valgtes så stort et målestoksforhold som pladsforholdene i bølgebassinet tillod. Dette blev herefter 1:125. Vanddybden blev derved 6,5 cm i modellen. Da vanddybden kun varierer svagt i det relevante havneafsnit, valgtes af praktiske grunde at arbejde med konstant vanddybde i hele modellen. Valget af målestoksforhold indebærer, at kun en begrænset del af havnen blev opbygget i modellen. Årsagen hertil var det nævnte hensyn til måleusikkerheden, samt at man umiddelbart kan skønne, at den foreslåede havneudvidelses forøgelse af bølgedækningen i alle tilfælde vil reducere bølgerne i den eksisterende havn.

Ved udformningen af modellen blev der lagt vægt på, at reflektionsforholdene blev reproduceret bedst muligt.

Samtlige modelopstillinger blev undersøgt for bølgeperioderne 0,5, 0,7 og 0,8 sec med regelmæssige bølger. De tilsvarende prototypebølgeperioder er 5,6, 7,8 og 8,9 sec, hvilket på rimelig måde dækker intervallet af bølgeperioder genereret af vinde i intervallet 10-30 m/s.

5. Kommentarer til måleresultater

På bilagene nr. 1 til 9 er angivet måleresultaterne ved forsøgene. På hvert bilag er angivet resultater fra 3 forsøg med de valgte 3 bølgeperioder. Der er således udført ialt 27 forsøg samt enkelte supplerende og orienterende forsøg for at kontrollere, at de valgte opstillinger var relevante.

Bilag nr. 1 og nr. 4 angiver situationen ved 1. etape med bølger fra henholdsvis E og ENE til E. Middelbølgehøjdekoefficienten er omkring 0,3 ved containerlejet og med en indkommende bølge med signifikant højde på 2,2 m fås en bølgeperiode på 0,7 m. Den tilhørende "signifikante" bølgelængde er omkring 55 m. Man kan umiddelbart indse, at dette ikke vil give anledning til gener for skibsstørrelser på omkring 100 m's længde og derover. For skibe med en længde på omkring 50 m, svarende f.eks. til en coaster på omkring 500 BRT, er vurderingen vanskeligere. Man skønner, at såfremt et sådant skib er placeret ved kajens vestligste del ved færgeklappen, skulle der næppe være problemer. Men det må forventes, at den østligste del af kajen næppe vil kunne anvendes for skibe af denne størrelse i de begrænsede perioder på i størrelsesordenen 12-24 timer pr. år med E-ENE-lige vinde kraftigere end 15-20 m/s.

Bilag nr. 2 og nr. 5 angiver udbygningens 2. etape, idet dog forlængelsen af søndre mole ikke er kommet til udførelse. Ved sammenligning med de to tidligere nævnte bilag bemærker man, at fjernelsen af de absorberende skråninger i den tidligere yderhavn forøger bølgeuroen ved kajen foran containerfærgelejet svagt, men næppe mærkbart i praksis. Man bemærker imidlertid, at bølgehøjdekoefficienten langs de nye kajer ved søndre mole kan nå op på næsten 0,3, hvilket må betegnes som værende i overkanten for mindre skibe ved kraftige vinde fra lidt nord for E.

Bilag nr. 3 og nr. 6 angiver udbygningens 3. etape incl. forlængelsen af søndre mole som foreslået. Man bemærker at forlængelsen af søndre mole giver en reduktion af bølgehøjden ved containerlejet i størrelsesordenen 30%. Da denne forlængelse desuden indskrænker den kritiske bølgeretningssektor må man forvente, at virkningen af forlængelsen er gunstigere ud over den omtalte reduktion af bølgerne, idet hyppigheden af disse også reduceres. Det synes rimeligt at overveje en udskydelse af forlængelsen af søndre mole, indtil man har indhentet nøjere erfaringer med udnyttelsen af de nye havneafsnit, herunder hvilke skibsstørrelser som fortrinsvis anvender bassinet.

Bilag nr. 9 viser bølgeforholdene i den nordre del af havneudvidelsen udsat for bølger fra NE. Bølgerne fra denne retning kan nå op på en signifikant højde på 1,8 m ved en vindstyrke på 20 m/sec. Bølgehøjden ved kajen ud for Junckerhavnen bliver ca. 0,7 m målt 8-10 m fra kajfronten. Ved selve kajfronten var bølgerne flere steder mere end 2 gange denne værdi og slog over kajen. Disse bølger var i høj grad stående bølger. Endvidere må det bemærkes, at bølgeretningen er ugunstig for fremkaldelse af skibsbevægelse. Det skønnes umiddelbart urealistisk at benytte den kaj for f.eks. coastere ved kraftige vinde fra N til NE.

Bilag nr. 8 angiver virkningen af en stenkastning i ENE-lig retning som vist på bilaget, som dækning for kajen ud for Junckerhavnen. Bølgehøjdekoefficienten er nu reduceret til 0,3, hvilket kun kan betragtes som en mindre forbedring. Imidlertid medførte ændringen, at bølgeoverskyllet over kajen ikke forekom, samt at bølgerne umiddelbart ved kajfronten øjensynligt blev væsentligt reduceret. Endvidere medfører ændringen, at den kritiske sektor for bølgeretninger reduceres til højst en trediedel af hvad svarer til forholdene uden dækning mod nord.

Bilag nr. 9 angiver forholdene, såfremt man forlænger den planlagte nordre ydermole ca. 135 m mod nord. Herved reduceres bølgehøjdekoefficienten langs kajen ud for Junckerhavnen til 0,16 i gennemsnit, hvilket svarer til en bølgehøjde ved kajen på ca. 0,3 m, hvilket for de fleste skibe vil være acceptabelt.

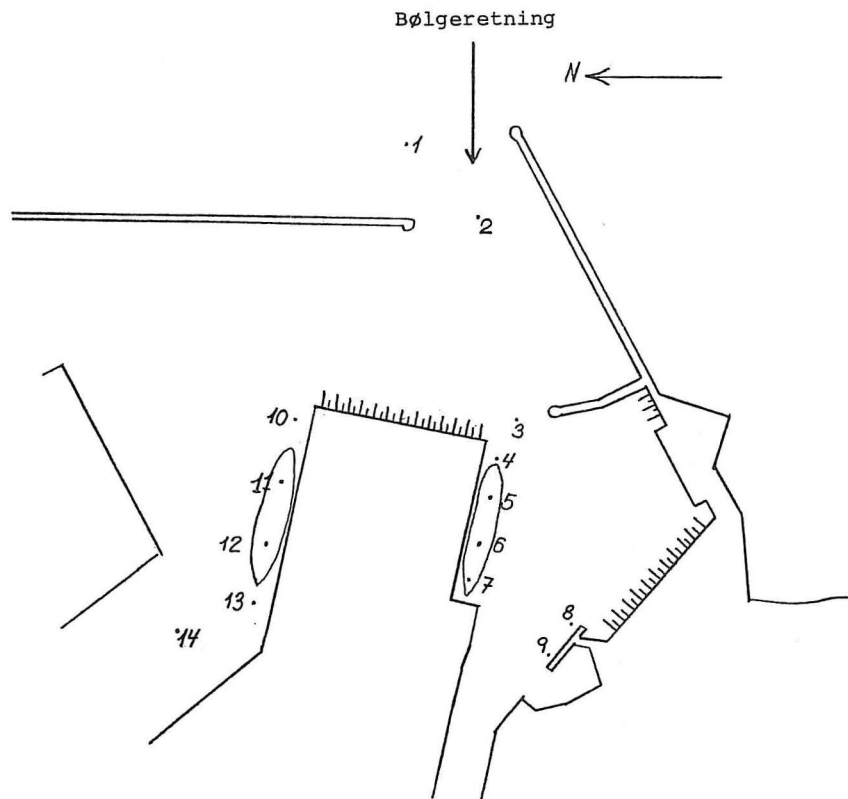
På baggrund af de sidstnævnte tre bilag vil det være muligt med god nøjagtighed også at skønne andre mulige planløsninger for de dækkende værker i den nordlige del af 1. etape af udvidelsen. Man skal her pege på, at den på bilag nr. 8 og nr. 9 omtalte stenkastning, udgående fra yderste del af Junckerhavnen nordre mole ved havneudbygningens 2. etape, vil kunne omdannes til kaj forsåvidt angår bølgeuroen.

Med hensyn til bølgeuroen i Junckerhavnen kan man umiddelbart konstatere, at havneudvidelsens både 1. og i særdeleshed 2. etape vil reducere bølgeuroforholdene. Den reflekterende kaj ud for Junckerhavnen søndre molehoved vil naturligvis medføre forøget bølgeuro i Junckerhavnen ved bølger fra omkring NE. Men denne forøgelse opvejes i langt højere grad af den kraftige formindskelse, som opnås på grund af dækningen af sektoren fra SE til NE. Havneudvidelsen skulle således betinge en bedre udnyttelse af Junckerhavnen.

Bølger fra E 1. etape

Bølgehøjdekoefficienter:

Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,00	0,60	0,24	0,81
3	0,65	0,34	0,42	0,47
4	0,35	0,46	0,39	0,40
5	0,32	0,27	0,39	0,33
6	0,23	0,10	0,36	0,23
7	0,23	0,10	0,22	0,18
8	0,26	0,12	0,17	0,18
9	0,19	0,36	0,56	0,37
10	0,06	0,19	0,17	0,14
11	0,03	0,10	0,08	0,07
12	0,03	0,07	0,06	0,05
13	0,03	0,07	0,06	0,05
14	0,03	0,07	0,06	0,05

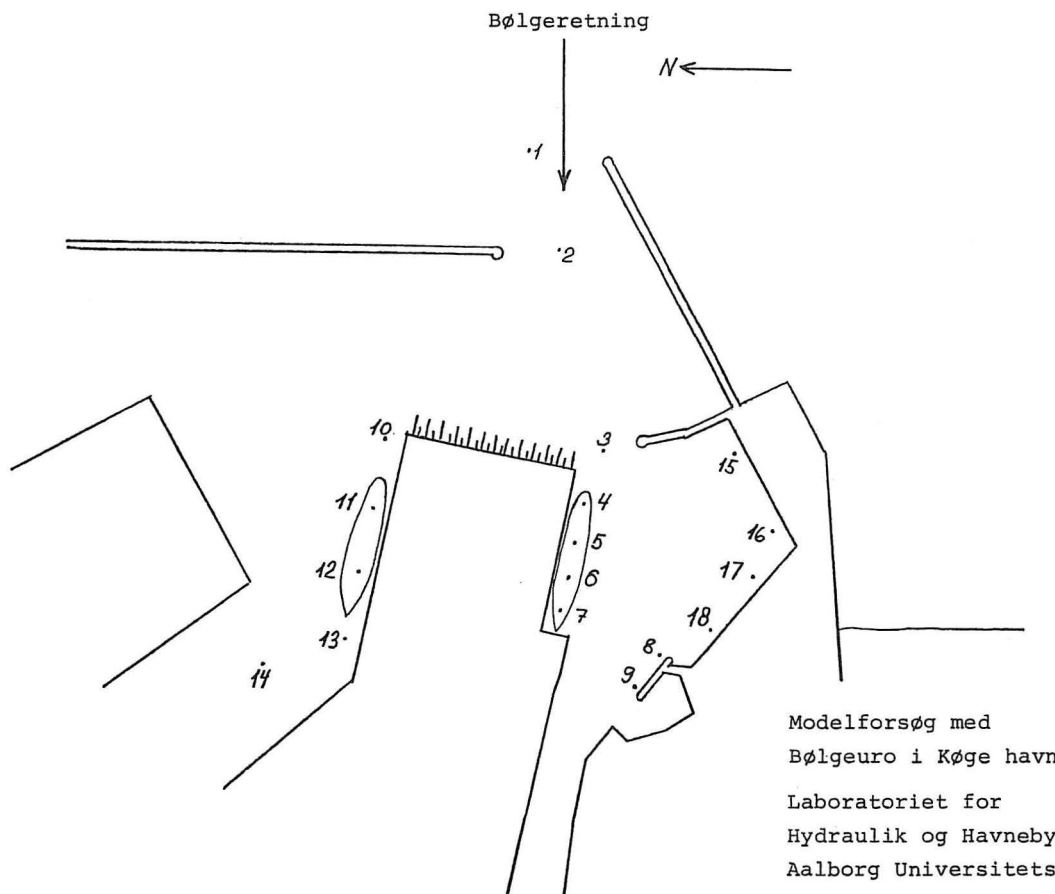


Modelforsøg med
Bølgeuro i Køge havn
Laboratoriet for
Hydraulik og Havnebygning
Aalborg Universitetscenter

Bølger fra E 2. etape uden forlængelse af søndre mole

Bølgehøjdekoefficienter:

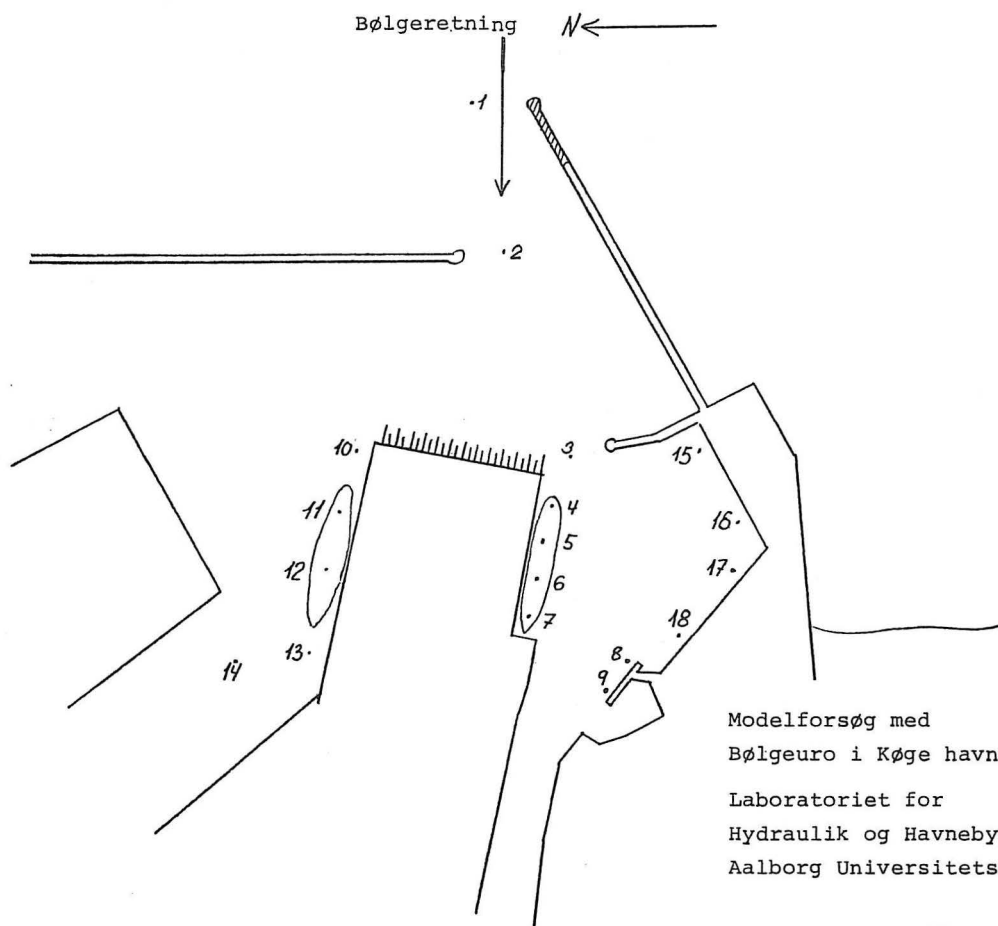
Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,88	0,63	0,92	0,81
3	0,70	0,34	0,42	0,49
4	0,12	0,34	0,33	0,26
5	0,46	0,24	0,42	0,37
6	0,24	0,10	0,45	0,26
7	0,30	0,05	0,30	0,22
8	0,46	0,15	0,50	0,37
9	0,18	0,29	0,50	0,32
10	0,06	0,15	0,21	0,14
11	0,03	0,10	0,09	0,07
12	0,03	0,07	0,09	0,06
13	0,03	0,12	0,06	0,07
14	0,03	0,05	0,06	0,05
15	0,12	0,12	0,21	0,15
16	0,03	0,12	0,21	0,12
17	0,18	0,05	0,06	0,10
18	0,18	0,05	0,36	0,20



Bølger fra E 2. etape incl. forlængelse af søndre mole

Bølgehøjdekoefficienter:

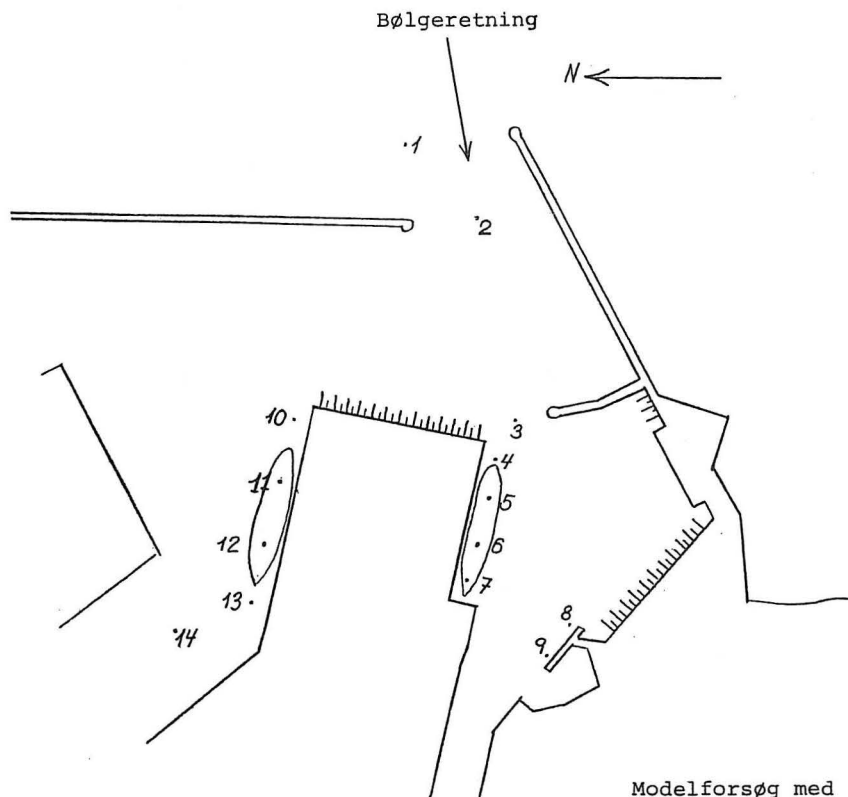
Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,33	0,35	0,28	0,32
3	0,53	0,35	0,31	0,40
4	0,24	0,26	0,17	0,22
5	0,30	0,17	0,24	0,24
6	0,18	0,17	0,24	0,20
7	0,09	0,17	0,24	0,17
8	0,33	0,17	0,28	0,26
9	0,18	0,29	0,31	0,26
10	0,06	0,09	0,10	0,08
11	0,03	0,06	0,03	0,04
12	0,03	0,03	0,03	0,03
13	0,03	0,03	0,03	0,03
14	0,06	0,03	0,03	0,04
15	0,09	0,09	0,14	0,11
16	0,06	0,14	0,10	0,10
17	0,18	0,12	0,03	0,11
18	0,21	0,14	0,28	0,21



Bølger fra ENE til E 1. etape

Bølgehøjdekoefficienter:

Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,75	0,78	0,81	0,78
3	0,48	0,84	0,58	0,63
4	0,56	0,68	0,38	0,54
5	0,34	0,53	0,29	0,39
6	0,37	0,31	0,32	0,33
7	0,37	0,12	0,38	0,29
8	0,45	0,31	0,29	0,35
9	0,19	0,44	0,35	0,33
10	0,04	0,09	0,17	0,10
11	0,04	0,06	0,12	0,07
12	0,04	0,03	0,12	0,06
13	0,04	0,06	0,06	0,05
14	0,04	0,03	0,06	0,04

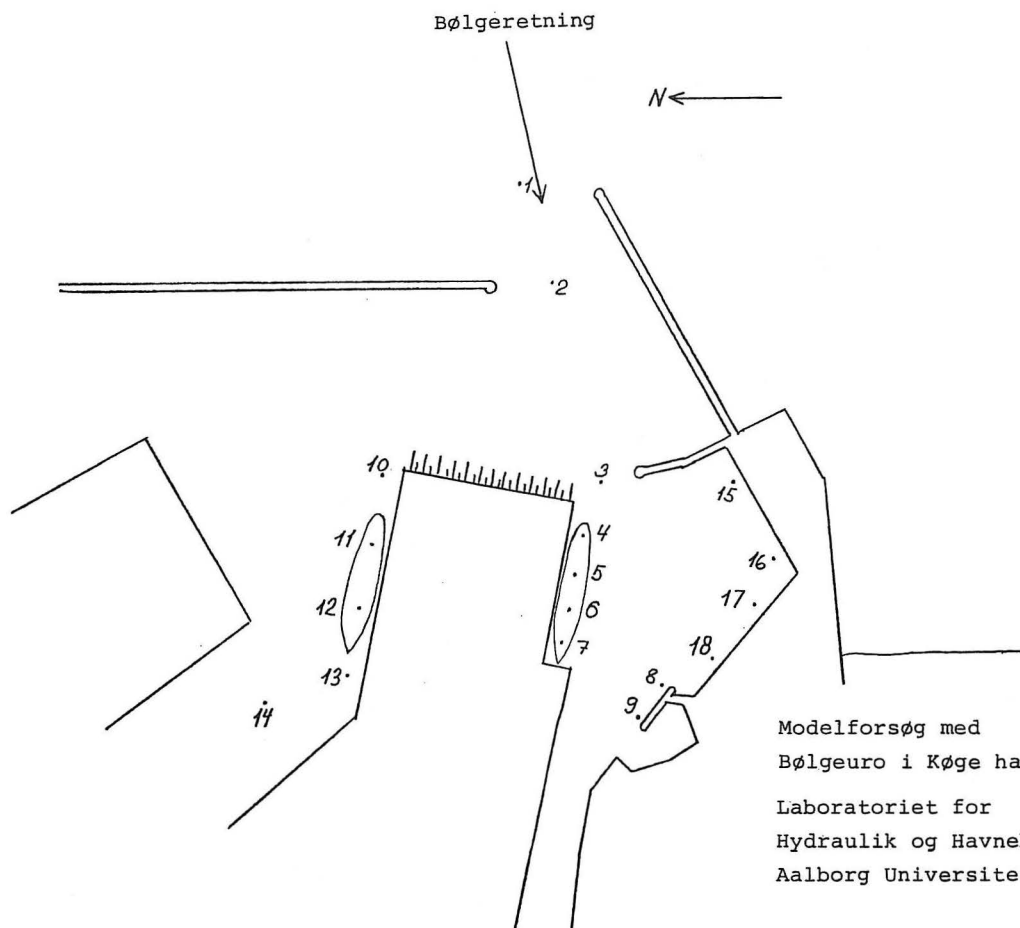


Modelforsøg med
Bølgeuro i Køge havn
Laboratoriet for
Hydraulik og Havnebygning
Aalborg Universitetscenter

Bølger fra ENE til E 2. etape uden forlængelse af søndre mole

Bølgehøjdekoefficienter:

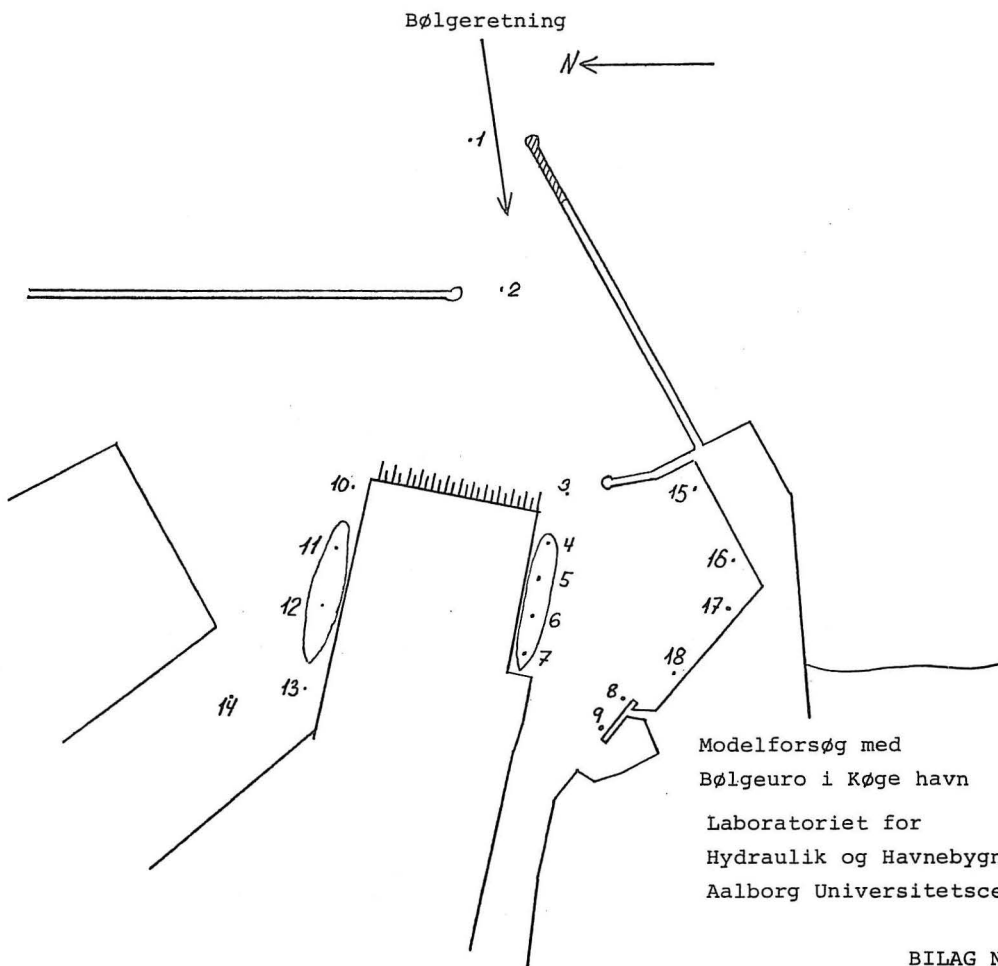
Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,70	0,73	0,81	0,75
3	0,73	0,76	0,46	0,65
4	0,70	0,64	0,52	0,62
5	0,42	0,40	0,38	0,40
6	0,31	0,40	0,29	0,33
7	0,59	0,24	0,52	0,45
8	0,35	0,46	0,38	0,40
9	0,35	0,55	0,35	0,42
10	0,03	0,09	0,17	0,10
11	0,03	0,06	0,12	0,07
12	0,03	0,06	0,09	0,06
13	0,03	0,06	0,06	0,05
14	0,03	0,03	0,03	0,04
15	0,21	0,30	0,26	0,26
16	0,21	0,52	0,12	0,28
17	0,24	0,37	0,23	0,28
18	0,07	0,24	0,20	0,17



Bølger fra ENE til E 2. etape incl. forlængelse af søndre mole

Bølgehøjdekoefficienter:

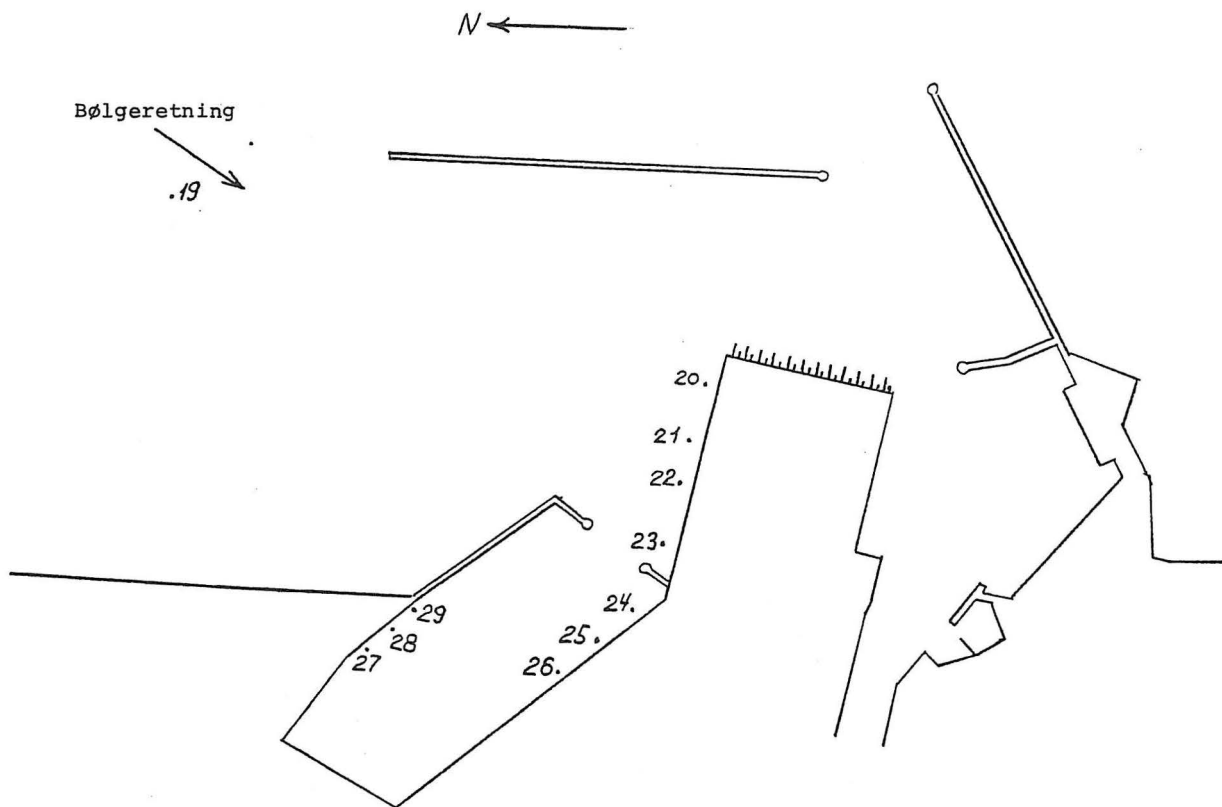
Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,57	0,56	0,57	0,57
3	0,61	0,53	0,34	0,49
4	0,54	0,43	0,34	0,44
5	0,20	0,23	0,37	0,27
6	0,13	0,30	0,17	0,20
7	0,27	0,20	0,30	0,26
8	0,44	0,27	0,44	0,38
9	0,13	0,43	0,34	0,30
10	0,10	0,13	0,10	0,11
11	0,06	0,10	0,07	0,08
12	0,03	0,07	0,07	0,06
13	0,03	0,07	0,03	0,04
14	0,07	0,07	0,03	0,06
15	0,13	0,27	0,24	0,16
16	0,13	0,33	0,07	0,18
17	0,37	0,23	0,24	0,28
18	0,10	0,30	0,20	0,20



Bølger fra NE 1. etape uden dækning mod N

Bølgehøjdekoefficienter:

Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
19	1,00	1,00	1,00	
20	0,30	0,37	0,38	0,35
21	0,35	0,33	0,65	0,44
22	0,26	0,57	0,49	0,44
23	0,30	0,49	0,34	0,38
24	0,09	0,29	0,42	0,27
25	0,09	0,24	0,57	0,30
26	0,09	0,04	0,38	0,17
27	0,22	0,12	0,15	0,16
28	0,22	0,16	0,19	0,19
29	0,04	0,20	0,11	0,12

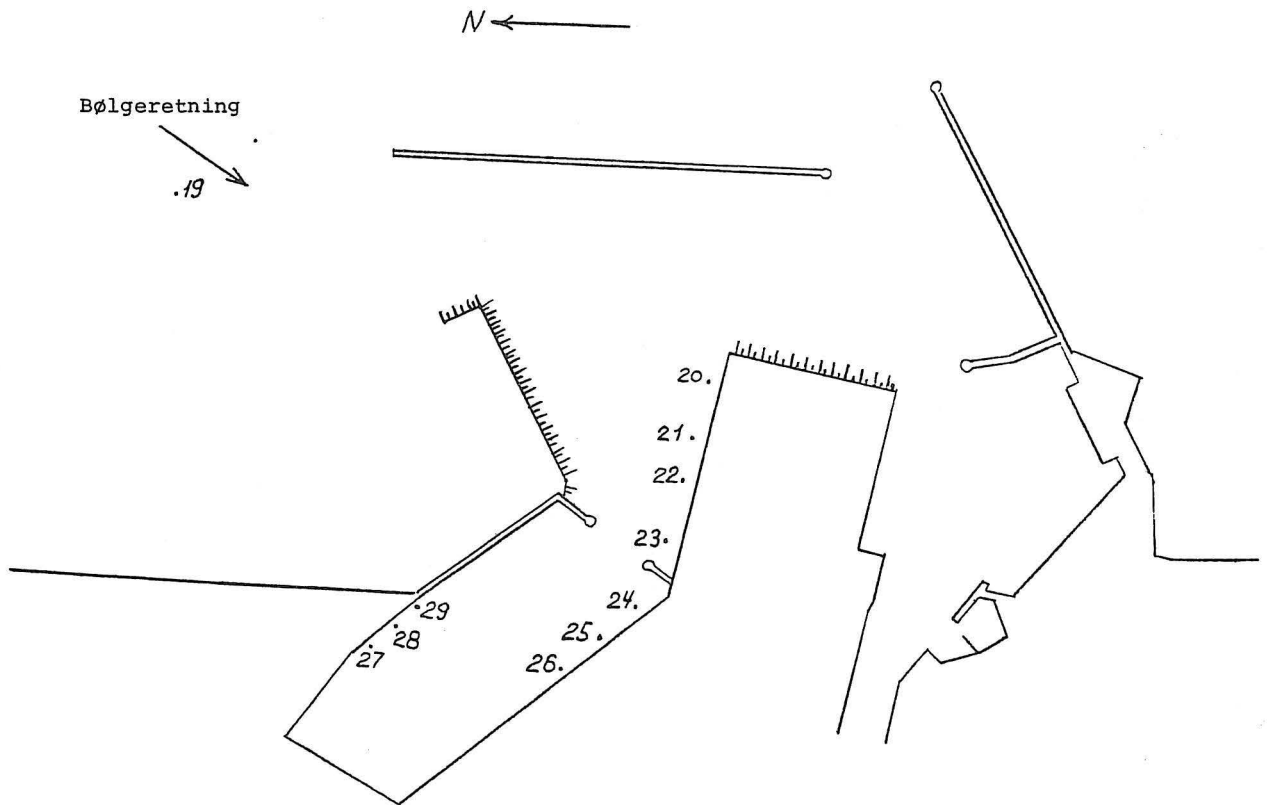


Modelforsøg med
Bølgeuro i Køge havn
Laboratoriet for
Hydraulik og Havnebygning
Aalborg Universitetscenter

Bølger fra NE 1. etape med dækning mod N

Bølgehøjdekoefficienter:

Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
19	1,00	1,00	1,00	
20	0,27	0,30	0,23	0,27
21	0,18	0,55	0,34	0,36
22	0,14	0,38	0,34	0,29
23	0,18	0,21	0,30	0,23
24	0,05	0,21	0,19	0,15
25	0,05	0,13	0,30	0,16
26	0,05	0,04	0,30	0,13
27	0,23	0,09	0,11	0,14
28	0,14	0,13	0,15	0,14
29	0,05	0,13	0,08	0,11

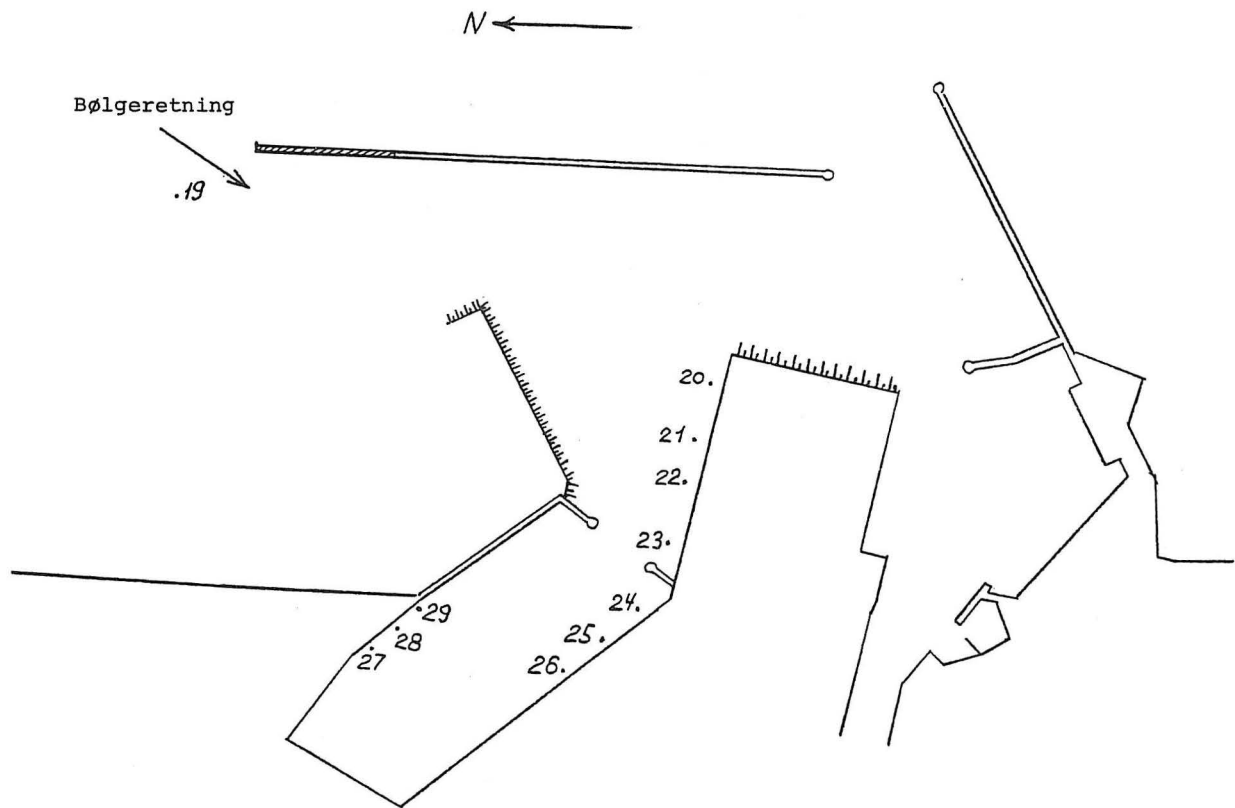


Modelforsøg med
Bølgeuro i Køge havn
Laboratoriet for
Hydraulik og Havnebygning
Aalborg Universitetscenter

Bølger fra NE 1. etape med dækning mod N samt forlængelse af nordre ydermole

Bølgehøjdekoefficienter:

Punkt	T = 5,6 sec	T = 7,8 sec	T = 8,9 sec	middel
19	1,00	1,00	1,00	
20	0,23	0,26	0,13	0,21
21	0,14	0,22	0,16	0,17
22	0,09	0,30	0,10	0,16
23	0,05	0,11	0,10	0,09
24	0,05	0,04	0,10	0,06
25	0,05	0,04	0,13	0,07
26	0,05	0,04	0,13	0,07
27	0,05	0,04	0,03	0,04
28	0,05	0,04	0,06	0,05
29	0,05	0,04	0,03	0,04



Modelforsøg med
 Bølgeuro i Køge havn
 Laboratoriet for
 Hydraulik og Havnebygning
 Aalborg Universitetscenter