Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Introduktion af laboratoriet

Burcharth, Hans F.; Larsen, Torben

Publication date:
1971

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

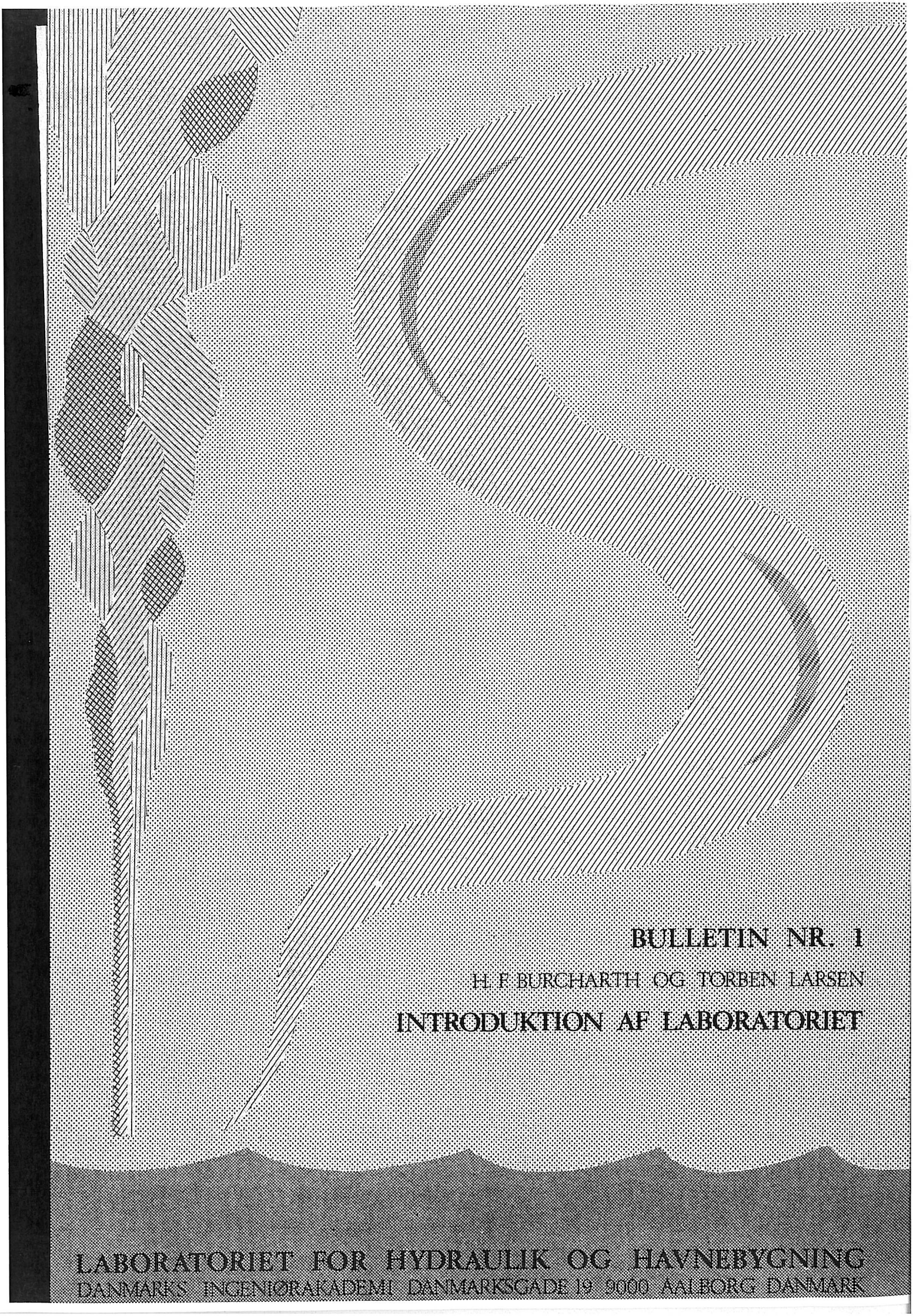
Citation for published version (APA):
Burcharth, H. F., & Larsen, T. (1971). *Introduktion af laboratoriet*. Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning. Bulletin Nr. 1

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.

Downloaded from vbn.aau.dk on: April 23, 2024



BULLETIN NR. 1

H. F. BURCHARTH OG TORBEN LARSEN

INTRODUKTION AF LABORATORIET

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

DK: 061.6:626

DANMARKS INGENIØRAKADEMI

Danmarksgade 19 9000 Aalborg Danmark telefon (08) 160533

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

BULLETIN NR. 1

INTRODUKTION AF LABORATORIET

DECEMBER 1971

INDHOLDSFORTEGNELSE:

1. Bulletinseriens formål side 1

2. Introduktion af laboratoriet side 2

3. Laboratoriets indretning side 3

3.1 10 x 1,5 m hydraulisk rende side 3

3.2 Bølgebassin og bølgegenerator side 10

3.3 Rørbænk side 13

3.4 Laboratoriets instrumentering side 13

3.5 EDB programmer til behandling af måleresultater side 16

4. Økonomisk oversigt over etableringsudgifter side 17

1. Bulletinseriens formål

Formålet med bulletinserien er at give interesserede en information om de pædagogiske, konsultative og forskningsmæssige aktiviteter inden for vandbygningsområdet på Ingeniørakademiet i Aalborg.

I modsætning til mange andre bulletin- og rapportserier vil vor serie således også indeholde ikke-forskningspræget stof. Nogle vil nok betragte dette som spild af papir, men vi mener dog, at mange laboratorier og institutioner, der som vi giver undervisning i vandbygningdfagene, også kan have interesse i informationsudveksling om bl.a. undervisningsøvelser og lignende.

2. Introduktion af laboratoriet

Da laboratoriet er nyetableret og derfor ukendt for mange, skal der her gives nogle få historiske data.

Danmarks Ingeniørakademis bygningsafdeling i Aalborg blev etableret i sommeren 1966. Først i januar 1969 blev faget Vandbygning (hydraulik, havnebygning, kulturteknisk vandbygning) startet, idet de studerende efter den dagældende studieplan først skulle have vandbygningsundervisning efter 2½ års studium. I efteråret 1969 forelå de nødvendige økonomiske og personalemæssige bevillinger til laboratoriet, hvorefter projektering og opbygning blev iværksat. Laboratoriet blev taget i brug i sommeren 1971.

Da Danmarks Ingeniørakademi primært er en uddannelsesinstitution med meget begrænsede økonomiske midler, var det kun muligt at etablere et mindre laboratorium i uegnede lokaler, jfr. den følgende omtale. Fra og med 1974 skal Danmarks Ingeniørakademi i Aalborg dog indgå i det til den tid oprettede "Aalborg Universitetscenter" og vi håber da at få mulighed for at etablere et mere brugbart laboratorium.

Antallet af bygningsingeniørstuderende er i efteråret 1971 226, hvoraf 188 studerer til akademiingeniører (svarer til en bachelor degree) og 38 studerer med henblik på civilingeniøreksamen, idet de første 3½ år af deres studium foregår på Ingeniørakademiet i Aalborg og resten på DtH i Lyngby.

Personalet ved laboratoriet er for øjeblikket følgende:

ingeniørdocent H. F. Burcharth
civ.ing. Torben Larsen
civ.ing., lic.techn. Erling Navntoft
civ.ing. Michael Brorsen
akademiing. Kjeld Schaarup-Jensen
laborant Werner Nielsen
sekretær Alice Larsen

3. Laboratoriets indretning

Opgaven bestod i på 138 m^2 fordelt på 3 rum for et samlet beløb af 188.500 kr. og med 1 laborant til rådighed at etablere et laboratorium, som kunne anvendes til studenterøvelser og forskning inden for fagområderne hydraulik og havnebygning.

Som permanente hovedinstallationer valgtes en bred hydraulisk rende med vandret bund samt et bølgebassin med bølgegenerator.

Laboratoriets indretning samt hoveddimensionerne på ovennævnte installationer fremgår af tegning nr. 1.

I det følgende gives en detailleret beskrivelse af laboratoriets installationer og apparatur.

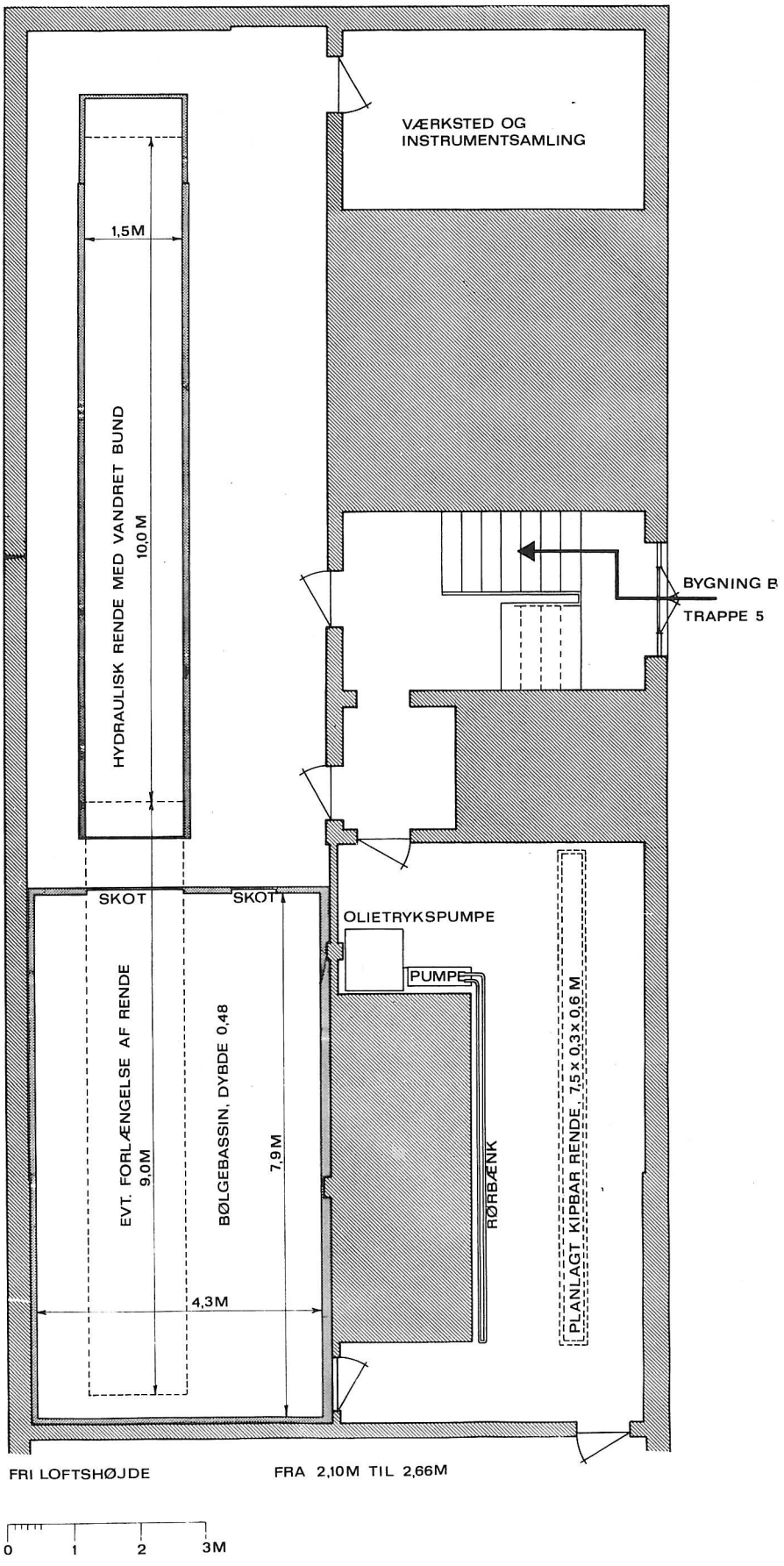
3.1 10 x 1,5 m hydraulisk rende

Der henvises til fig. 1 side 6 og tegning nr. 2 og 3 med tilhørende specifikationer af komponenter.

Rendens relativt store bredde skyldes ønsket om dels at kunne arbejde med todimensionale strømninger og dels at have mulighed for - efter indbygning af en bølgegenerator - at undersøge moletværsnit m.v.

Af hensyn til de trange pladsforhold måtte rendens totale længde begrænses til 11,22 m. Ved rendens konstruktion er der dog regnet med en senere forlængelse på 9 m, således at totallængden bliver ca 20 m.

På grund af rendens begrænsede længde er der lagt stor vægt på, at man allerede ved indløbet i renden har samme hastighedsprofil på tværs af strømmen (todimensional strømning). Dette er opnået dels ved at føre pumperørledningen ind midt i indløbskassen, således at vandet i indløbskassen fordeler sig omtrentlig symmetrisk om rendens vertikale meridianplan og dels ved at forsyne indløbskassen med stor hydraulisk modstand i form af tre herlocmåtter. Det bemærkes endvidere, at skydeventilen af hensyn til den symmetriske vandfordeling, er monteret med spindlen i vertikal position. Ved måling uden for rendevæggenes grænselag er det konstateret, at største afvigelse fra middelhastigheden i samme horisontallinie vinkelret på væggene kun er ca. 5% allerede i en afstand af 10 cm fra indløbskassen.



LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

Plan af laboratorium

SAG NR.

DATO 20.12.71

TEGN. BILAG 1

Renden er bygget med en tolerence på ± 0,5 mm. Deformationerne i rendens vægge og bund er mindre end 0,1 mm. Nedbøjningerne i måleskinnerne er mindre end 0,05 mm. For at undgå bølgeformede deformationer i glasvæggene på langs af renden, er glasset kun understøttet foroven og forneden. Hver glasvæg er leveret i to stykker, som er stødt og limet sammen midt for renden. Efter limningen er samlingen slebet, hvorved ujævnheder er undgået.

Ind- og udløbskasse samt rendebund er fremstillet af vandfast krydsfiner for at fastgørelse af indbygninger og ruhedselementer, etablering af trykudtag m.v. let kan foretages. Indløbskassen er forsynet med et bevægeligt stigbord til opstuvning af vandet. I rendebunden er indbygget permanente trykudtag placeret i rendebundens midterlinie.

Til rensning af vandet anvendes et transportabelt sandfilter med separat grovfilter og pumpe, fabrikat Pahlen, type 350, kapacitet 5 m^3/time.

Da pumpen anvendes ved diverse rørforsøg i den senere omtalte rørbænk, drives den af en tyristorstyret jævnstrømsmotor på 0,57 hk ved 3000 omdrejn./min.

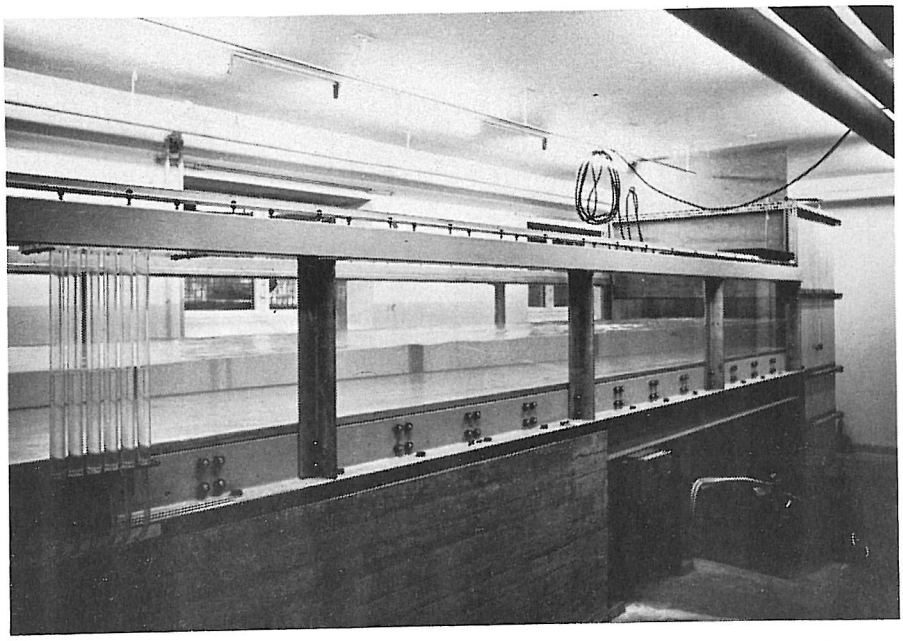


fig. 1
Hydraulisk rende

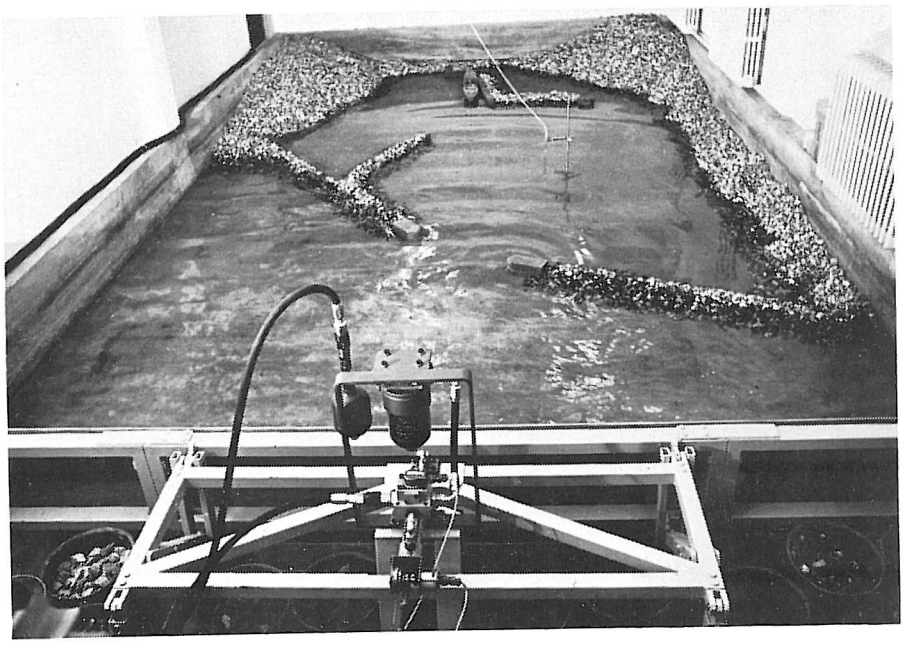


fig. 2
Bølgebassin

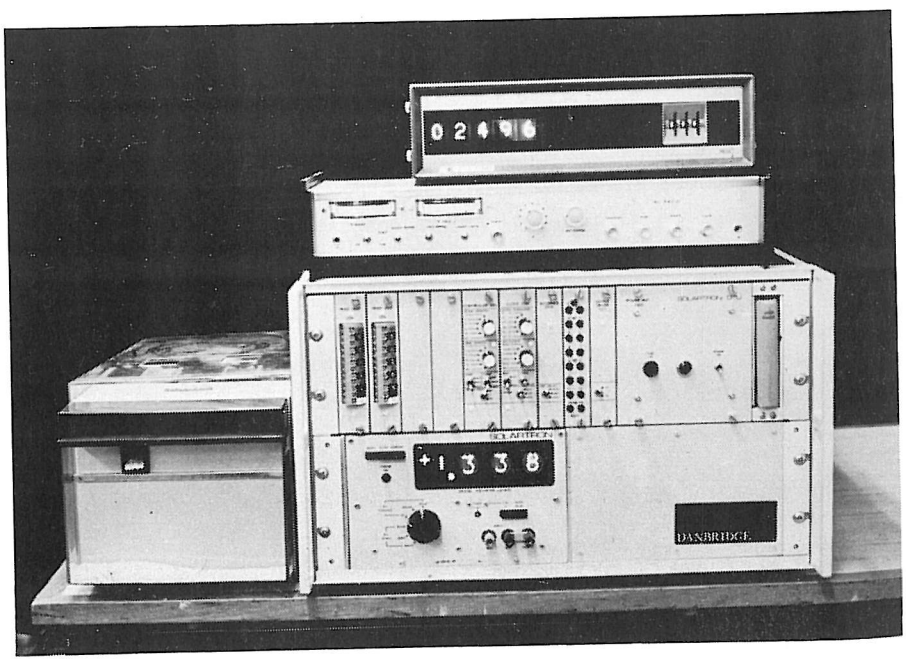
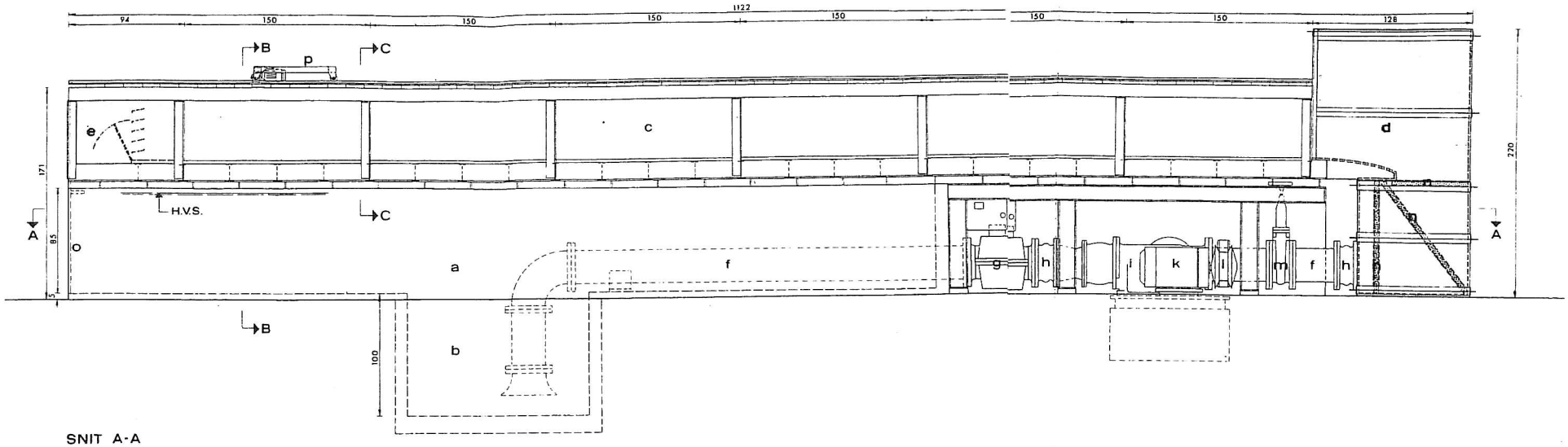
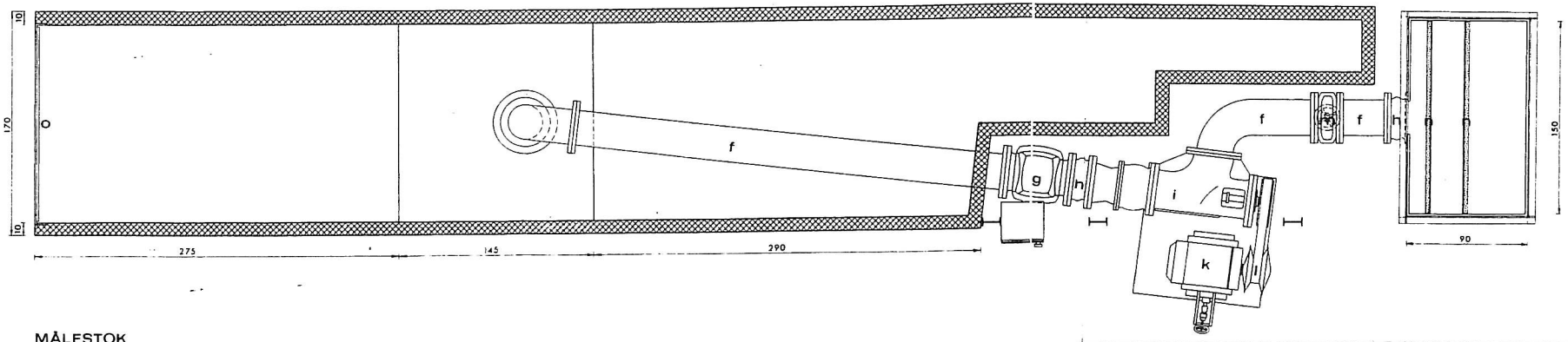


fig. 3
Dataloggeudstyr

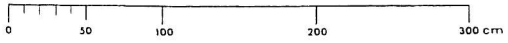
OPSTALT



SNIT A-A



MÅLESTOK



Ang. snit B-B og C-C se tegn. nr. 3

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

10 x 1.5 m hydraulisk rende	SAG NR.	TEGN. BILAG
Opstalt og plan	DATO 22.12.71	2

Specifikation af komponenter i 10 x 1,5 m rende

a Reservoir, totalvolumen (excl. pumpesump) 11,0 m^3, opbygget af 10 cm jernbetonvægge, indvendigt forsynet med asfaltmembran.

b Pumpesump.

c Rende med glasvægge og finerbund, jfr. specifikation på snit B-B og C-C, tegn. nr. 3.

d Indløbskasse, opbygget i 18 mm vandfast krydsfiner forstærket med KZ stålprofiler.

e Udløbssektion med sider af 18 mm vandfast krydsfiner.

f Stålrør med 250 mm indvendig diameter.

g Flow-meter, fabrikat Fischer & Porter, type ND 16-250, model 10D 1420. Converter MAG/I, model D 50 ED 1317U.

h S-FLEX gummikompensator.

i Horisontal propellerpumpe, fabrikat Myhrwold & Rasmussen, type ZAR 250. Max. ydeevne i viste opstilling, 210 l/sek.

k 25 hk horisontal kortslutningsmotor, 1450 o/min, viklet for 3 x 380 V, ventileret og kapslet, monteret på motorslæde.

l Remvariator, fabrikat Simplabelt, type 70, Variation 1:2.

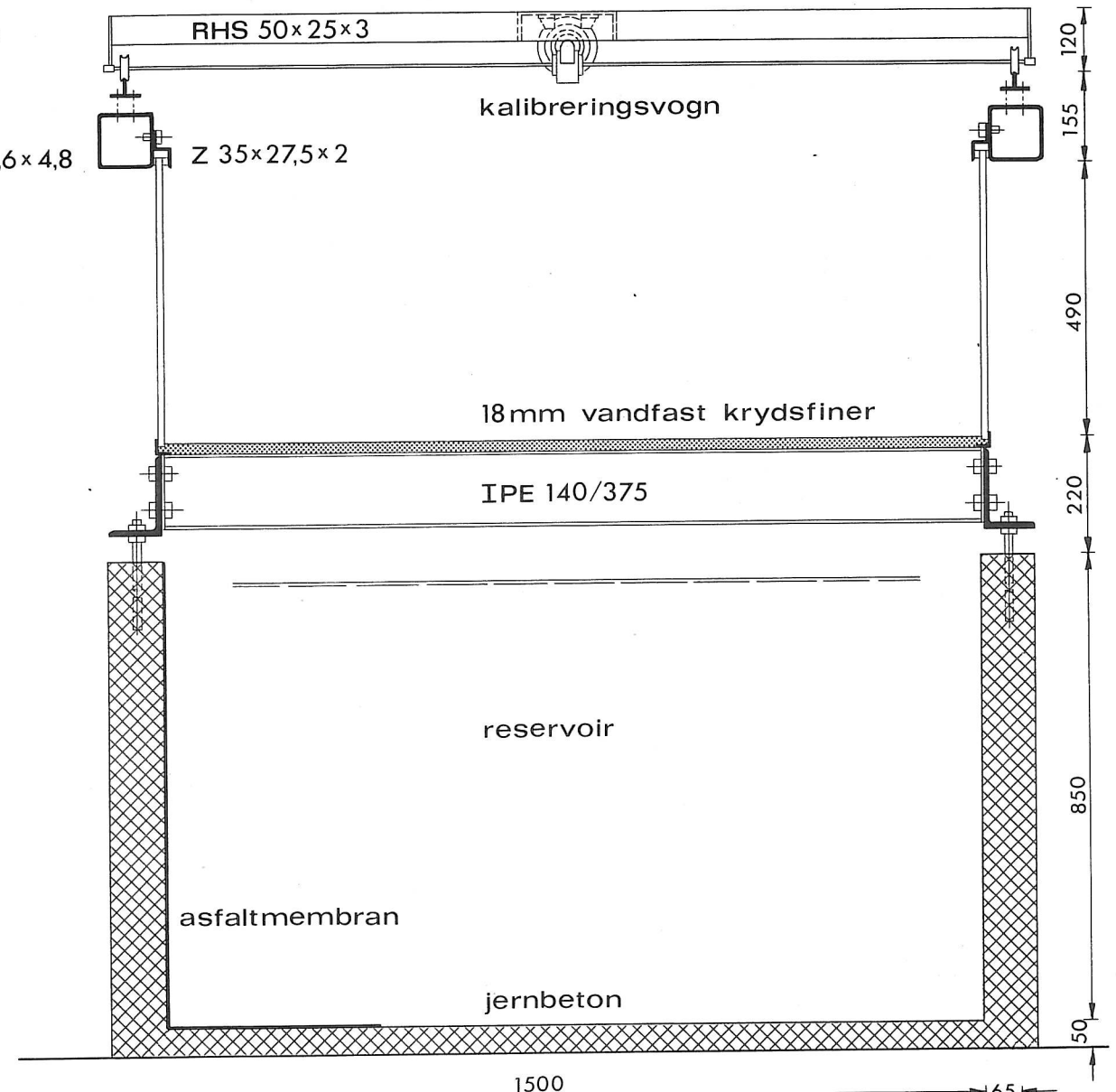
m Skydeventil, ø 250 mm.

n 40 mm Herloc monteret på stålrammer og forstærket med ståltrådsnet.

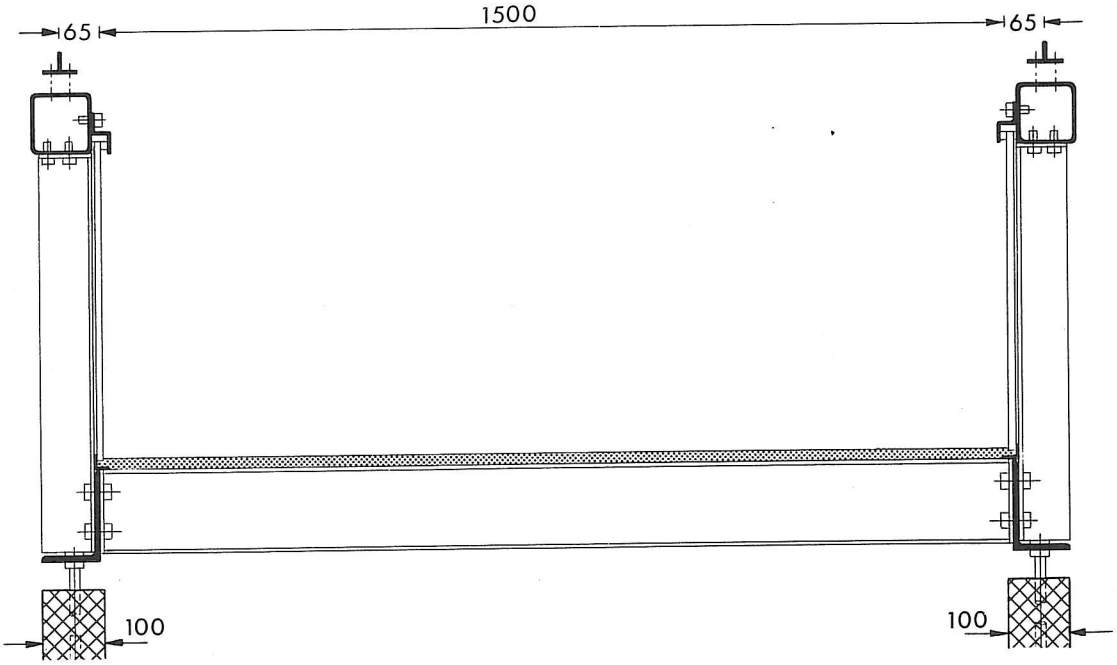
o Aftageligt skot, opbygget af 18 mm vandfast krydsfiner.

p Selvkørende vogn for kalibrering af prober til hastighedsmåling. Vognen drives af en 0,19 Hk jævnstrømsmotor, 5000 o/min, med påbygget snekkegear og styret ved thyristor, fabrikat Contrares Antriebstechnik AG, type DUOTRON - LG. Max vognhastighed er 1,7 m/sek.

Snit B-B



Snit C-C



Snit B-B og C-C refererer til tegn.nr. 2

Ubenævnte mål er i mm.

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

10 x 1,5 m hydraulisk rende Tværsnit	SAG NR. DATO 22.12.71	TEGN. BILAG 3

3.2 Bølgebassin og bølgegenerator

Bølgebassinet er støbt i jernbeton med lodrette sider og vandret bund, jfr. fig. 2 side 6.

Bassinets dimensioner er følgende:

længde 7,9 m

bredde 4,2 m

dybde 0,5 m

Bølgegeneratorens hovedspecifikationer er følgende:

frontpladens bredde	4,30 m
frontpladens højde	0,50 m
max. slaglængde for frontplade	0,21 m

bevægelsesform: ren frem- og tilbagegående translation og drejning om en akse ved bunden samt enhver kombination af disse.

Der henvises iøvrigt til tegning nr. 4 og fig. 2 side 6, idet det bemærkes, at der på det tidspunkt generatoren blev bygget, var leveringsvanskeligheder på stål, hvorfor stålprofilerne ikke alle er udtryk for en optimering i styrke- og deformationsmæssig henseende.

Generatoren er dimensioneret til at frembringe uregelmæssige bølger med en maximal højde på ca. 15 cm ved en vanddybde på 30 cm. Ved beregningen er forudsat, at de uregelmæssige bølger kan opfattes dannet af et diskret bølgespektrum med forskellige frekvenser samt at superpositionsprincippet er gældende. Endvidere er teorien vedrørende bølgegeneration fra Biesel og Suquet's artikel i "La Houille Blanche" marts-okt. 1951 anvendt.

Efter generatorens færdiggørelse har vi fra "Hydraulics Research Station" i Wallingford modtaget et teoretisk udarbejdet dimensioneringsgrundlag for regelmæssige og uregelmæssige bølgegeneratorer, som vi skønner mere værdifuldt end vore beregninger. Da denne rapport imidlertid pr. 1. januar 1971 endnu ikke var offentliggjort, henviser vi interesserede direkte til D. M. Thompson, Hydraulics Research Station, Wallingford, Berks, England.

Den mekaniske del af bølgemaskinen er konstrueret af tidligere studerende nu akademiingeniører Lars P. Toft Hansen og Ole Sørensen som eksamensprojekt ved DIAM i Aalborg. Projektleder var civ.ing. S. Hvid Nielsen, DIAM, som ligeledes har stået for opbygningen og afprøvningen af generatorens driftssystem.

Driftssystemet for bølgegeneratoren er et elektrohydraulisk servosystem med positionstilbagekobling. Arbejdstrykket i hydrauliksystemet er 140 kp/cm^2.

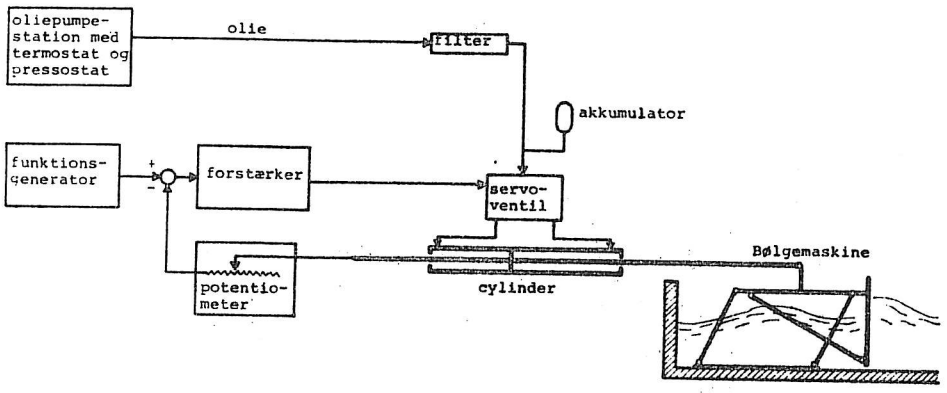


fig. 4 Driftssystem for bølgegenerator

De indgående komponenter er følgende:

Funktionsgenerator: 10 kanals sinusgenerator med sumforstærker til dannelse af "vilkårligt" bølgespektrum. Fabrikat "Hydrel bølgegenerator" civ.ing. Jørgen Christensen, Søvangsalle 6, Hareskovby.

Forstærker : Specielt fremstillet af civ.ing. Jørgen Christensen.

Potentiometer : "Helipot" 3351 linaritet ± 0,5%.

Pumpestation : "Vickers" med 10 HK el-motor. PL-10-10-15-BB-10-C-32, A/S Nordisk Vickers, Østmarken 6, 2860 Søborg. Pumpestationen er forsynet med "Danfoss" pressostat og termostat, som automatisk afbryder motoren ved evt. ledningsbrud eller for høj olietemperatur.

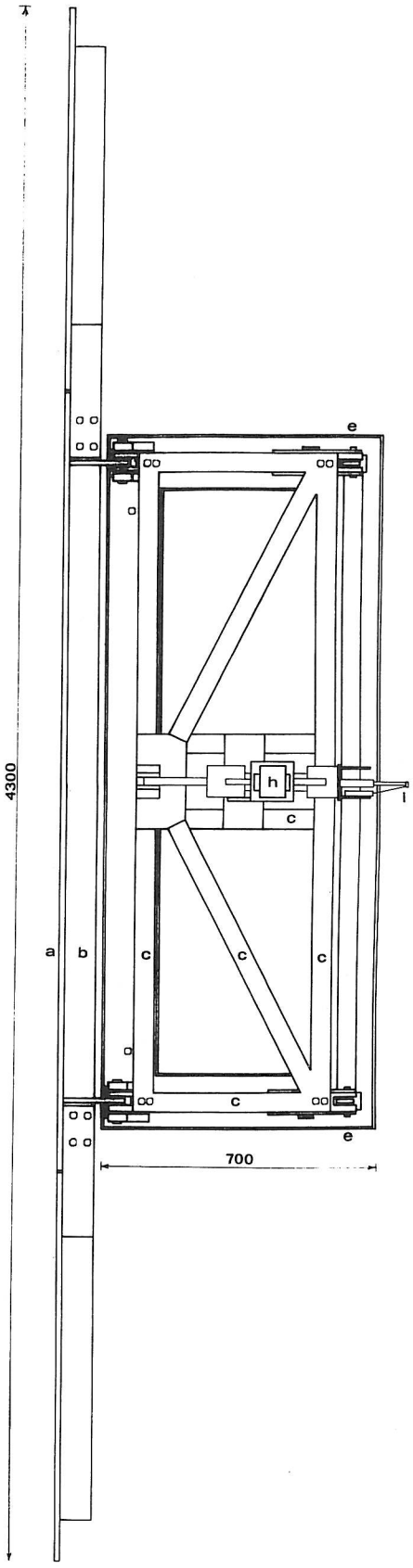
Akkumulator : Bosch 0-531-502-502.

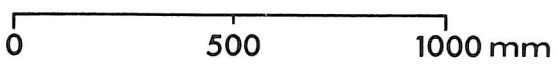
Filter : "Fairey" 820A-2R-B-125, Monsun hydraulik, Albertslund.

Servoventil : "Moog" M0220 OHM/20 OMA, Granzow A/S, Ejby Industrivej, 2600 Glostrup.

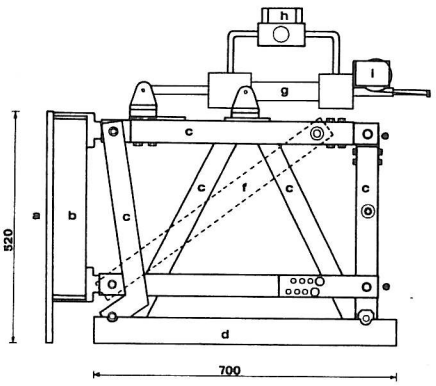
Cylinder : Cylinder med gennemgående stempelstang Ø 30/20 mm, fremstillet på DIAM-Aalborg.

Plan





Tværsnit



Betegnelser

- a forplade, 18 mm vandfast krydsfiner
- b flapramme, RHS 76,2·50,8·3,2 mm stålprofil
- c forramme, overramme, bagramme samt cylinderbuk, RHS 50·50·4 mm stålprofil
- d bundramme, U 170 mm stålprofil
- e lejer, alle lejer er "Nylonit"-lejer, d.v.s. nylonlejer tilsat molybdændisulfid
- f skråstang, placeringen af denne bestemmer flappens bevægelsesform
- g hydraulikcylinder
- h servoventil
- i positionstilbagekobling

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
DANMARKS INGENIØRAKADEMI DANMARKSGADE 19 9000 AALBORG DANMARK

Bølgemaskine
Plan og tværsnit

SAG NR.
DATO 20.12.71

TEGN. 4 BILAG

3.3 Rørbænk

Med henblik på udførelse af studenterforsøg inden for området stationær rørhydraulik, har laboratoriet fremstillet en simpel rørbænk. Ved hjælp af denne er det muligt at bestemme rør- og enkelttab i forskellige dele af rørsystemer.

Rørbænken er opbygget som et lukket rørsystem forsynet med en centrifugalpumpe. Vandføringen varieres dels ved hjælp af thyristorstyring på pumpemotoren, dels ved hjælp af en ventil.

En nøjere beskrivelse af studenterøvelsen gives i bulletin nr. 2, som forventes at udkomme medio februar 1972.

I rørbænken er følgende komponenter anvendt:

Pumpe : Centrifugalpumpe med thyristorstyret motor (0,57 hk ved 3000 omdrejn./min.), maksimal ydelse i de anvendte opstillinger er 1,6 l/sec. Pumpen anvendes også i forbindelse med sandfilter ved den hydrauliske rende.

Vandføringsmåler: X7/10 CBM, 1½" Vandmåler, forhandler S. C. Sørensen A/S, Aalborg.

Manometer : To vandstandsglas og målestok.

Som prøverør til måling af rørmodstand anvendes 10-20 mm galvaniseret stålrør, kobberrør og plastrør, længde ca 5 m. Hvert rør er forsynet med trykudtag.

3.4 Laboratoriets instrumentering

Datalogger

På laboratoriets første instrumenteringsplan indgik til analog behandling af målesignaler forskellige instrumenter bl.a. RMS-voltmeter, båndoptager med variabel båndfremføringshastighed f.eks. "Lyrec TR 61", korrelator, frekvensanalysator m.v. Imidlertid oprettede Aalborg Datacenter en terminalforbindelse til Regnecentralens RC 4000 computer, og vi begyndte herefter at undersøge muligheden for at erstatte den planlagte analoge behandling af målesignalerne med en digital behandling. Disse overvejelser resulterede i indkøbet af vor nuværende datalogger.

Ved indkøbet af datalogger var vi i kontakt med følgende forhandlere:

Danbridge	Brigadevej 47, 2300 Kbh. S,	tlf. AS 1575
Hewlet Packard	Torvet 9, 8600 Silkeborg	tlf. 06 827840
A/S Datalog F.P.	St. Kongensgade 63, 1264 Kbh. K	tlf. 01 124803
Regnecentralen	Hovedvejen 9, 2600 Glostrup	tlf. 01 965366
Paratron	Saxhøjvej 19, 2500 Valby	tlf. 01 744466
Claus Kettel	Krogshøjvej 30 C, 2800 Bagsværd	tlf. 01 984411

Følgende systemer blev overvejet:

1. Datalogger med scanner, digitalvoltmeter og papirstrimmelhuller.
2. Datalogger med scanner, digitalvoltmeter og digital båndmaskine.
3. Datalogger med scanner, digitalvoltmeter, elektronisk bordkalkulator og papirstrimmelhuller (samt evt. skrivemaskineterminal).
4. Minicomputer (med 4K eller 8K ferritlager) som styrer scanner, digitalvoltmeter og skrivemaskineterminal.

Det første system er prisbilligt, men papirstrimmelhulleren begrænser registreringshastigheden.

Ved det andet system, hvor papirstrimmelhulleren er erstattet med en digital båndmaskine øges registreringshastigheden meget væsentligt. Prisen er dog noget større for dette system.

Ved det tredie system medfører papirstrimmelhulleren ikke samme begrænsning i samplingshastigheden som ved det første system, idet bordkalkulatoren kan reducere datamængden. Større beregninger må dog udføres på computer. Systemet er dyrere end det førstnævnte.

Det fjerde og dyreste system har meget stor samplingshastighed, og er i stand til at udføre alle beregninger og aflevere resultaterne straks ved afslutning af hvert forsøg.

Grundet meget begrænsede økonomiske midler valgte vi det første system, selv om dette systems samplingshastighed er relativ lille.

Det billigste dataloganlæg, som herefter tilfredsstillede vore specifikationer, var af fabrikatet "Solartron", der forhandles af Danbridge.

Dataloggeren er opbygget af følgende elementer, jfr. fig. 3 side 6:

10 kanal scanner.

Digitalvoltmeter LM 1450, cifre 1999, følsomhed 10 uV.

Manual entry, med mulighed for indtastning af 14 forskellige tegn på hulstrimmel.

Digital Clock.

Diverse interface, drive units, power unit m.v.

Facit 4070 Puncher, 75 karakterer pr. sec.

Med dette udstyr er det i øjeblikket muligt at få registreret 10 målinger pr. sec med 3 cifre på hulstrimmel. Ved en "pakning" af data på hulstrimmel skulle hastigheden kunne øges til 20 registreringer pr. sec. Dette skønnes at være den øvre grænse for registreringshastigheden med det forholdsvis langsomme digitalvoltmeter og den ligeledes langsomme puncher. Indsættes f.eks. et hurtigt DVM med mulighed for 1000 samples/sec og erstattes puncher af digital båndmaskine, minicomputer el.lign. vil systemet kunne klare ca 300 registreringer pr. sec.

Micropropeller

Til måling af vandhastighed, turbulens m.v. har laboratoriet indkøbt to komplette micropropeludstyr. Hver af disse udstyr består af en 5-bladet propel med 5 mm diameter samt et elektrisk måleinstrument, hvor middelværdi og RMS-værdi kan aflæses. Der findes desuden udgang for tilslutning af elektronisk tæller samt analoge udgange, som i vort tilfælde forbindes til datalogger. Måleområdet er ca 8-150 cm/sec.

De to udstyr er fremstillet af civ.ing. Jørgen Christensen, Søvangsalle 6, Hareskovby, og benævnes "PAC-III".

Den elektroniske tæller, som benyttes, er af fabrikat "Elesta" CM 50 CO 2 med 5 dekader og tidsbasis, som muliggør, at tælleren ved benyttelse af tidsbasis kan holdes åben i 100 sec. Forhandler Sophus Berendsen, Amaliegade 10, 1256 København K, tlf. 01 148500.

Hot-film

Til turbulensmålinger i vand er indkøbt 1 stk DISA hot-filmudstyr af typen:

55D05 Battery-operated constant-temperature anemometer, med film-probe af typen "Quartz-coated wedge-shaped"

Out-put fra instrumentet føres til datalogger. Linearisering og videre behandling foretages digitalt.

Med henblik på korrelationsmålinger har vi yderligere et tilsvarende udstyr på ønskelisten.

Bølgemålere

Princippet i laboratoriets to bølgemålere er, at den elektriske ledningsevne mellem to lodrette metalpinde ændres, når pindene på grund af bølgerne er mere eller mindre neddyppet i vandet.

Out-put fra bølgemålerne føres til datalogger og evt. til u-V skriver..

Målerne er konstrueret af civ.ing. Jørgen Christensen.

Diverse instrumenter

u-V skriver: 6 kanaler "San-El" Visigraph-P PR 101, papirbredde 92 mm.
Forhandler: Dancon, Plantagevej 23, 2680 Solrød Strand, tlf. 03 141515.

Oscilloscop: Telequipment D 54 dobbelstrålet.
Forhandler: Tektronix A/S, Rønnegade 1, 2100 København Ø, tlf. 01 294774.

3.5 EDB programmer til behandling af måleresultater

Med henblik på den videre behandling af måleresultater forventes, at vi omkring 1. februar 1972 har følgende programmer placeret på Aalborg Datacenters elektronregnemaskines baggrundslager:

1. Indlæseprogram for meget lange datastrimler.
   Dette program opretter et dataområde på baggrundslageret, indlæser data, overfører data til området, samt kontrollerer og foretager en optælling.

   Programmet er udarbejdet af akademiingeniør Kaj A. Jørgensen.

2. Regressionsanalyse.
   Programmet anvendes ved kalibrering af måleinstrumenterne, idet det finder de bedste koefficienter a_0, a_1, a_2 ..... a_p i polynomiet $u = a_0 + a_1 v + a_2 v^2 + \ldots\ldots\ldots\ldots a_p v^p$ ud fra n målinger af sammenhørende værdier af u og v (n > p). Programmet er udført som kursusarbejde i Datalogi af stud.ing. Per Sørensen og Jørgen Hagerup.

3. Linearisering, gennemsnit og standardafvigelse.
   Programmet omregner de indlæste data (elektriske spændinger) til vandhastigheder, overfladeelevationer o.s.v. Omregningen sker ved hjælp af det under pkt. 2 nævnte polynomium. Samtidig foretages en beregning af gennemsnit og standardafvigelse.

4. Autokorrelationsfunktion.

5. Energispektrum.
   På grundlag af autokorrelationsfunktionen beregnes energispektret.

6. Stedkorrelationsfunktion.

7. Krydskorrelationsfunktion.

8. Krydsspektrum.
   På grundlag af krydskorrelationsfunktionen beregnes krydsspektret.

De fire sidstnævnte programmer er udarbejdet af civ.ing. Stig Ammentorp.

Af yderligere planlagte programmer kan nævnes:

9. Bølgehøjdefordeling.
   Program til beregning af bølgehøjdefordelingen i uregelmæssige bølger enten på grundlag af en overfladebølgemåling eller en trykcellemåling ved bunden.

4. Økonomisk oversigt over etableringsudgifter.

Udgifterne fordeler sig som følger (incl. moms):

1. Hydraulisk rende		
pumpe	kr. 22.750,-	
flowmåler	" 18.850,-	
målevogn	" 2.100,-	
glas	" 4.200,-	
filter med pumpe	" 4.500,-	
stål, beton, vandfast krydsfiner, asfaltmembran, timelønnet medhjælp m.v.	" 15.300,-	kr. 67.700,-
2. Bølgebassin med bølgegenerator		
funktionsgenerator	kr. 9.200,-	
forstærker	" 1.900,-	
servoventil	" 5.300,-	
pumpestation	" 7.100,-	
filter, akkumulator	" 2.100,-	
stål, lejer, kabler, el-installatør m.v.	" 5.750,-	kr. 31.350,-
3. Måleinstrumenter		
datalogger	kr. 48.100,-	
micropropeludstyr, 2 sæt	" 11.160,-	
elektronisk tæller	" 4.700,-	
u-v skriver	" 7.890,-	
oscilloskop	" 3.440,-	
bølgemålere, 2 stk.	" 1.500,-	
DISA hot-film udstyr	" 3.100,-	
diverse hjælpeinstrumenter, kabler, stik m.v.	" 3.560,-	kr. 83.450,-
4. Diverse		
værktøj samt diverse materialer	kr. 6.000,-	kr. 6.000,-
Udgifter til etablering af laboratorium ialt		kr. 188.500,-

Ved vurdering af ovennævnte beløb skal bemærkes, at der i flere tilfælde er opnået toldfritagelse og rabat fra leverandør, samt at der i perioden er sket en ændring af moms-satsen. Endvidere er den arbejdsløn, som svarer til, at vor særdeles dygtige og alsidige laborant Werner Nielsen har benyttet ca. 2 år til opbygningen af laboratoriet, ikke medregnet i oversigten.