



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Strømmålinger for ny forbindelse over Limfjorden i Lindholmlinien ved Aalborg

januar 1977

Burcharth, Hans F.; Larsen, Torben

Publication date:
1977

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Burcharth, H. F., & Larsen, T. (1977). *Strømmålinger for ny forbindelse over Limfjorden i Lindholmlinien ved Aalborg: januar 1977*. Aalborg Universitetscenter, Inst. for Vand, Jord og Miljøteknik, Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning.

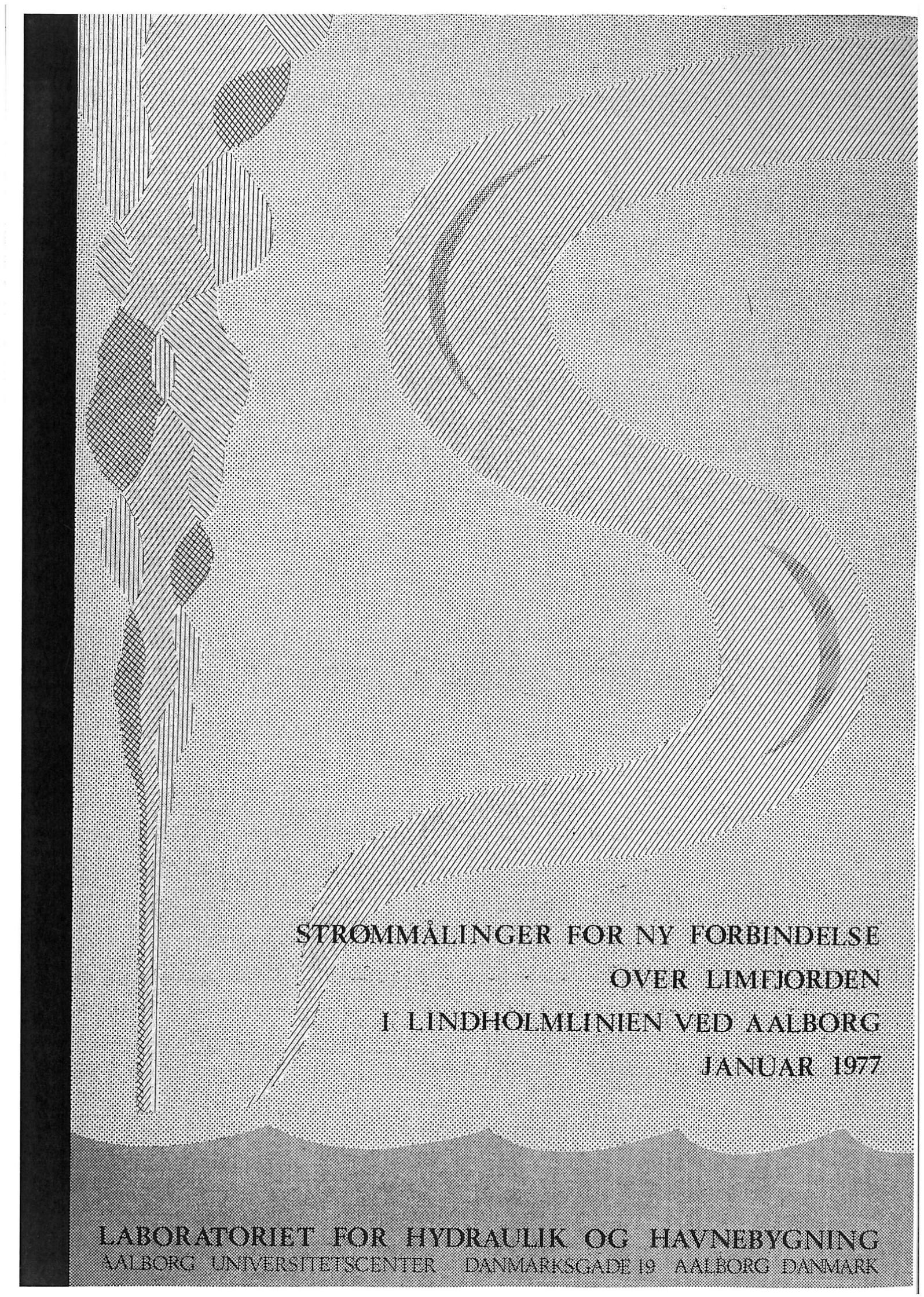
General rights

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.



STRØMMÅLINGER FOR NY FORBINDELSE
OVER LIMFIJORDEN
I LINDHOLMLINIEN VED AALBORG
JANUAR 1977

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING
AALBORG UNIVERSITETSCENTER DANMARKSGADE 19 AALBORG DANMARK

AALBORG UNIVERSITETSCENTER

INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK

Danmarksgade 17 9000 Aalborg Danmark telefon (08) 160533

LABORATORIET FOR HYDRAULIK OG HAVNEBYGNING

Ingeniørdocent H. F. Burcharth

RAPPORT OM STRØMMÅLINGER FOR NY FORBINDELSE
OVER LIMFJORDEN I LINDHOLMLINIEN VED AALBORG
JANUAR 1977

INDHOLDSFORTEGNELSE:

1. Indledning	side	1.1
2. Undersøgelsens formål	side	2.1
3. Konklusion	side	3.1
4. Tidligere udførte strømmålinger ved Aalborg	side	4.1
5. Målingernes praktiske udførelse	side	5.1
6. Måleresultater	side	6.1
7. Kommentarer til måleresultater og sammenfatning	side	7.1
8. Litteraturliste	side	8.1

BILAGSFORTEGNELSE:

Målinger den 9.11.1976	bilag nr. 1
Målinger den 19.11.1976	bilag nr. 2
Målinger den 26.11.1976	bilag nr. 3
Målinger den 3.12.1976 kl. 13.10	bilag nr. 4
Målinger den 3.12.1976 kl. 14.00	bilag nr. 5
Målinger den 16.12.1976	bilag nr. 6

1. Indledning

På foranledning af "Undersøgelsesgruppen af 1. maj 1975", repræsenteret ved Rambøll og Hannemann A/S, Nørresundby har laboratoriet i november og december 1976 udført en række strømmålinger i området mellem Egholm og jernbanebroen i Limfjorden ved Ålborg med henblik på at fremskaffe et grundlag for vurderingen af besejlingsforholdene ved en kommende ny forbindelse over Limfjorden i Lindholmmlinien.

Ved undersøgelsens planlægning har medvirket civilingeniør J.C. Schmidt, Rambøll og Hannemann A/S, ingeniørdacent H.F. Burcharth og civilingeniør Torben Larsen. Herværende rapport er udarbejdet af Torben Larsen.

2. Undersøgelsens formål

Undersøgelsens formål har været at give et vurderingsgrundlag for strømforholdenes betydning for placering og udformning af gennemsejlingsåbningen for en eventuel kommende ny broforbindelse over Limfjorden. Det har således primært været de besejlingsmæssige forhold, som man har ønsket nærmere belyst, medens strømforholdenes betydning for f.eks. bunderosion omkring bropiller, isgang m.v. ikke skønnes at give anledning til problemer af større art, end hvad kendes fra de nuværende broer.

Desuden har det været ønsket at få en vurdering af eventuelle konsekvenser af en tunnelloøsning, som ved højestliggende alternativ vil medføre, at tunnelen danner en tærskel med overkant i kote -10,4 m, hvor bundkoten for fjordbunden over en strækning på ca. 150 m ligger lavere med et minimum i kote -12,5 m.

3. Konklusion

På grundlag af de ved denne undersøgelse udførte målinger, samt oplysninger fra tidligere undersøgelser, kan man konkludere følgende:

1. Strømretningen vil stort set være vinkelret på den foreslåede linieføring for broen. Dette synes at gælde helt præcist for vestgående strøm, og for østgående strøm kan man øjensynligt iagttage, at strømmen kommer fra en retning, som ligger drejet omkring $10-15^{\circ}$ mod syd i forhold til en linie vinkelret på brolinien.
2. Strømhastigheden vil være ca. 30% mindre end hastigheden ved de to eksisterende broer. D.v.s. at for vestgående strøm vil strømmen under rolige vejrforhold maksimalt være ca. 0,4 m/sec (0,8 knob) og under ekstreme forhold nå op til ca. 1 m/sec (2 knob). For østgående strøm vil hastigheden under rolige forhold maksimalt være ca. 0,3 m/sec (0,6 knob) og under ekstreme forhold nå op til ca. 0,8 m/sec (1,6 knob). Som et enkeltstående tilfælde ved man, at strømhastighederne ved stormfloden den 11. november 1872 var ca. 1,6 m/sec i østgående retning.
3. Hyppigheden af strømretningen vil være således, at for et gennemsnitsår kan man forvente østgående strøm i 64% af tiden og vestgående strøm i 36% af tiden. [litt. 2].
4. Man har ikke ved denne undersøgelses målinger registreret det af lodserne og andre observerede strømskel, som må antages at skære brolinien under særlige forhold. Man må imidlertid skønne, at strømskellet forløber i retningen VNV - ØSØ og skærer brolinien ca. 450 m fra fjordens sydlige kystlinie. Strømskellet skønnes endvidere kun at optræde relativt sjældent med en hyppighed på mindre end 10%.
5. Tunnelløsningen vil indebære en reduktion af fjordens tværsnitsareal på ca. 5%. Dette vil næppe indvirke måleligt på strømforholdene. Endvidere har man ikke i denne undersøgelse eller tidligere kunnet konstatere lagdeling i denne del af fjorden, ud over nogle uvæsentlige og sjældne forhold ved overfladen.

6. Hvad angår de biologiske konsekvenser af en eventuel tunnel kan man ikke udtale sig med særlig vægt, da man ikke har ekspertise på det biologiske fagområde, men man må alligevel skønne, at virkningerne formentlig vil blive meget små og næppe til at registrere.

4. Tidligere udførte strømmålinger ved Aalborg

Ved vurdering af tidligere målinger i dette område kan man konkludere, at tidevandsstrømmen i langt den største del af tiden er dominerende. Man kan således groft sige, at vandføringen i fjorden ved Aalborg varierer efter en sinusfunktion med en periode på 12,5 time og med en amplitude på ca. 1100 m³/sec. Dette betyder, at man i brotværsnittet kan forvente en middelhastighed over hele tværsnittet på op til 0,3 m/sec og derved en maksimal hastighed i midten af strømløbet på 0,4 - 0,5 m/sec. Dette er som nævnt under forudsætning af rolige vejrforhold (litt. [1], [2] og [3]).

Ved vurderingen af forholdene under ekstreme forhold er materialet mere begrænset og en egentlig statistisk behandling er ikke mulig. Ved kraftige vestlige vinde kan den af vinden fremkaldte strøm blive af samme størrelsesorden som tidevandsstrømmen og man kan konstatere, at strømmen i sådanne tilfælde ikke vender, men holder sig østgående over en eller flere tidevandsperioder. I de par timer, hvor tidevandsstrøm og vindfremkaldt strøm i hver tidevandsperiode virker sammen, kan man konstatere maksimale hastigheder på 50% mere end ovenstående. I et enkelt tilfælde har man dog konstateret en fordobling af hastigheden, hvilket betyder at man i brolinien på dette tidspunkt må have haft hastigheder på 0,8-1,0 m/sec.

For kraftige østlige vinde får man tilsvarende en forøgelse af den vestgående strøm. Men dette er dog mindre udpræget end for vestlige vinde.

I litt. [7] er omtalt, at man ved stormfloden den 13. november 1872 havde en meget kraftig østgående strøm, som ved jernbanebroen var omkring 2,2 m/sec i overfladen, hvilket svarer til ca. 1,6 m/sec ved brolinien. Det forekommer rimeligt at en sådan værdi skulle optræde meget sjældent, f.eks. en gang hvert 50 år.

5. Målingernes praktiske udførelse

Målingerne er primært udført ved anvendelse af flydere eller nærmere betegnet strømkors. Disse strømkors har øverst en lille opdriftsdel som flyder i overfladen og herunder hænger i en nylonline selve strømkorset, som har en stor overflade, d.v.s. ca. 1 m^2 . Herved opnås med god tilnærmelse, at strømkorset følger strømmen i den dybde, som det ved hjælp af nylonlinen er placeret i. Ved denne undersøgelse har man generelt anbragt strømkorsene i 2,5 m vanddybde.

Metoden har herefter været, at man har udkastet en række strømkors i det område af fjorden, som har været af interesse. Ved at bestemme strømkorsenes position til forskellige tidspunkter, har man mulighed for at optegne strømkorsenes banekurver og derefter beregne strømha-stighederne.

Ved opmålingerne har man anvendt laboratoriets opmålingsbåd "Vandforsk" og ved positionsbestemmelsen har man anvendt en optisk afstandsmåler med 80 cm basislængde til tilbageskæring til 3 kendte punkter på land. Af praktiske grunde viste det sig nødvendigt med 3 personer i båden.

6. Måleresultater

Undersøgelsens vigtigste måleresultater er angivet på bilag 1 til 6 incl.

Den 9. november 1976 kl. 09.45-10.40 ses på bilag nr. 1, at strømmen var relativt svagt vestgående med en hastighed på 0,1-0,2 m/sec. Hastighedsvektorerne ses at stå vinkelret på brolinien.

Den 19. november 1976 kl. 10.00-11.00 ses på bilag nr. 2, at strømmen har været jævnt østgående med en hastighed på 0,2-0,35 m/sec. Man kan primært hæfte sig ved, at hastighedsvektorerne kommer lidt mere fra syd end svarende til vinkelret på brolinien. Man kan endvidere observere, at der i strømløse bag Egholm står en hvirvel. Det ses også, at strømkorset, som var nordligst placeret, skærer ind over de sydligere placerede kors. Dette skyldes, at strømkorset fra Nørredyb var placeret i 1 m's dybde og de øvrige i 2,5 m's dybde og da saltholdigheden og dermed masseætheden af vandet fra Ry å og Nørredyb er mindre end hvad der forekommer i fjorden, opstår der herved en svag lagdeling. Denne lagdeling er iøvrigt helt uvæsentlig, da det er relativt små vandmængder, som kommer fra Ry å.

Den 26. november 1976 kl. 11.00 til 12.00 ses på bilag nr. 3, at strømmen var jævnt vestgående med en hastighed på 0,2-0,3 m/sec. Hastighedsvektorerne står stort set vinkelret på brolinien.

Den 3. december 1976 kl. 13.20 til 14.00 ses på bilag 4, at strømmen var jævnt østgående med største hastigheder i nordsiden af løbet på op til 0,45 m/sec. Hastighedsvektorerne ved det planlagte gennemsejlingsfag er drejet svagt ($5-10^{\circ}$) mod uret i forhold til en linie vinkelret på brolinien.

Den 3. december 1976 kl. 14.00 til 14.40 ses på bilag 5, at strømmen var stort set uændret fra den førnævnte måling. De krydsende banekurver i dette tilfælde skyldes formentlig blot de turbulente fluktuationer i hastighedsfeltet.

Den 16. december 1976 ses på bilag 6, at strømmen var jævnt vestgående med hastigheder på 0,3-0,4 m/sec. Hastighedsvektorerne står igen stort set vinkelret på brolinien.

Man har endvidere i dagene 3. december 1976 til 16. december 1976 undersøgt, om der var en variation i strømhastighedens størrelse og retning ved forskellige vanddybder. Man udlagde således strømkors i henholdsvis 2,5 m, 4 m og 7 m's dybde i samme vertikal og resultatet var i beg-

ge tilfælde, at man inden for målenøjagtigheden ved positionsbestemmelsen ikke kunne adskille de tre strømkors. Da man endvidere ved de samme lejligheder målte saltholdighedsprofilet og kun konstaterede en saltholdighedsvariation på 0,1 o/oo mellem overflade og bund (saltholdigheden var 25,8 o/oo den 3.12.76 og 25,0 o/oo den 16.12.76), kunne man med sikkerhed fastslå, at en lagdeling ikke forelå.

7. Kommentarer til måleresultater og sammenfatning

Ved en vurdering af strømforholdenes betydning for placering af gennemsejlingsfaget har både strømmens hastighed og retning betydning.

Hvad angår vurderingen af strømhastigheden giver denne undersøgelse kun et begrænset materiale, medens de tidligere undersøgelser, hvor man har anvendt selvregistrerende strømmålere, derimod skønnes at give et tilstrækkeligt grundlag for denne vurdering. Der henvises til afsnit 4 "Tidligere udførte målinger ved Aalborg".

Hvad angår hyppigheden af de optrædende strømhastigheder giver de tidligere målinger som nævnt næppe mulighed for en statistisk vurdering. Ved forundersøgelserne for Sallingsundbroen (litt. [6]) havde man kontinuerte strømmålinger over så lang periode, at en statistisk fordeling af strømhastighederne kunne udarbejdes og såfremt man transformerer disse resultater til fjorden ved Aalborg, har man formentlig et groft skøn over dette forhold. Resultatet af en sådan overførsel af hyppighedsfordelingen er, at den østgående strøm er større end 0,6 m/sec i 2% af tiden (20 timer pr. år) og større end 1,0 m/sec i 0,02% af tiden (0,2 timer pr. år). Disse tal bør dog kun betragtes som størrelsesordner.

Ved vurdering af strømretningen ved gennemsejlingsåbningen giver målingerne øjensynligt et rimeligt sikkert grundlag for vurdering af dette. Dette begrundes med, at strømbilledet i store træk er ens for hver af de tre målinger med henholdsvis vestgående og østgående strøm og desuden udviser et forløb, som man netop måtte forvente, når man tager dybdekurvernes forløb i betragtning. Man bemærker, at ved vestgående strøm står hastighedsvektorerne meget nær vinkelret på den foreslåede brolinie, medens man ved østgående strøm ser, at hastighedsvektorerne danner en lille vinkel med en linie vinkelret på brolinien på omkring $10-15^\circ$. Dette er en naturlig konsekvens af strømmens enerti, men det skal påpeges, at virkningen forstærkes ved større strømhastigheder og det kan næppe udelukkes, at man kan komme op på 20° ved ekstreme strømhastigheder (f.eks. 1 m/sec).

Man har fra flere sider observeret, at der forekommer et strømskel mellem strømmen i hovedløbet og strømmen fra Nørredyb. Man har ikke i denne undersøgelse registreret dette strømskel, men der kan ikke herske tvivl om, at det forekommer. Man må dog forvente, at dette strømskel må ligge nord for hovedløbet på grund af denne strøms store enerti, idet man går ud fra, at fænomenet optræder ved vestgående strøm i ho-

vedløbet og sydøstgående strøm ud ad Nørredyb. Det skønnes herefter, at strømskellet skærer brolinien ca. 450 m fra fjordens sydkyst.

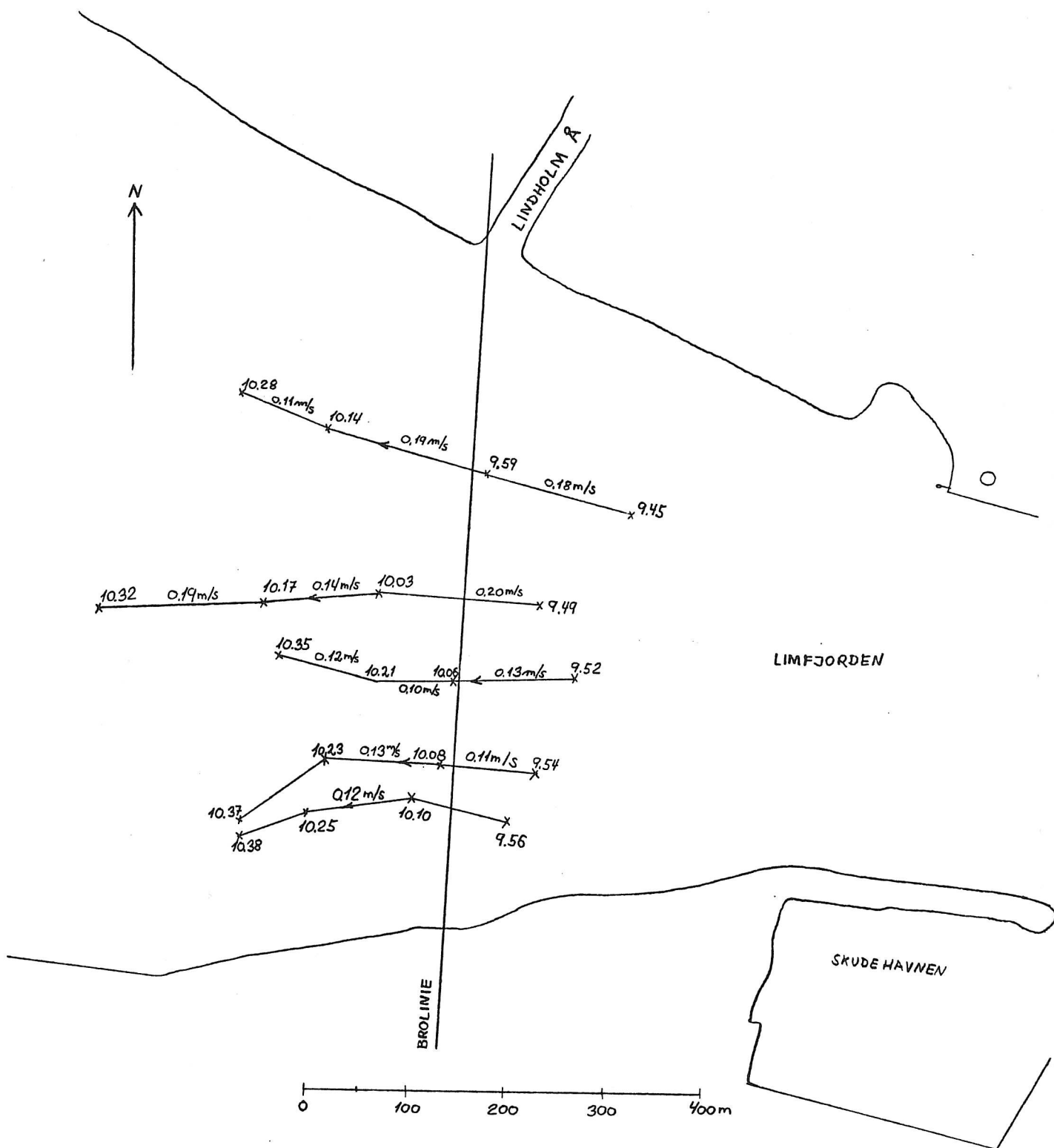
Forudsætningen for at strømskellet forekommer er, at der er en hældning på vandspejlet i fjorden fra øst mod vest, samtidig med at niveauet generelt sænkes. Dette skønnes at foregå relativt sjældent, formentlig i mindre end 10% af tiden og formentlig ikke under helt ekstreme forhold.

Vurdering af en tunnellovnings betydning for strømforholdene baserer sig både på de målinger af strømhastigheden i forskellige dybder, som er foretaget i denne undersøgelse og også på temperatur- og saltholdighedsmålinger, som tidligere har været udført (litt. [2] og [5]). For det første kan man konstatere, at den indsnævring af tværsnittet på ca. 5%, som en tunnel vil medføre, er så lille et indgreb, at man ikke kan forvente nogen mærkbar ændring i hverken strømhastigheder eller -retninger. Dernæst kan man konstatere, at da der ikke optræder nogen form for lagdeling i vandet i de dybder, hvor tunneloverkanten placeres, vil en tunnel ikke kunne fungere som en dykket barriere for det bundnære vand. En tunnel vil således ikke medføre ændringer i fjordområdets vandskifte og saltholdighed. Hvorvidt der iøvrigt skulle være biologiske virkninger, kan man ikke på fuldt kvalificeret måde udtale sig om, men det forekommer ringe sandsynligt, at der skulle blive problemer.

Man skal endvidere gøre opmærksom på, at det kun er helt lokalt, at fjordbunden omkring tunnelen ligger lavere end tunneloverkanten. Årsagen til, at der netop på dette sted optræder lidt større vanddybder end i hovedløbet iøvrigt, er formentlig, at løbet krummer ret kraftigt her og den deraf forøgede turbulens i vandet har udskåret bunden til denne dybde. Der er således ingen grund til at frygte, at en tunnel skulle medføre, at der opstod lommer med relativt stillestående vand.

8. Litteraturliste

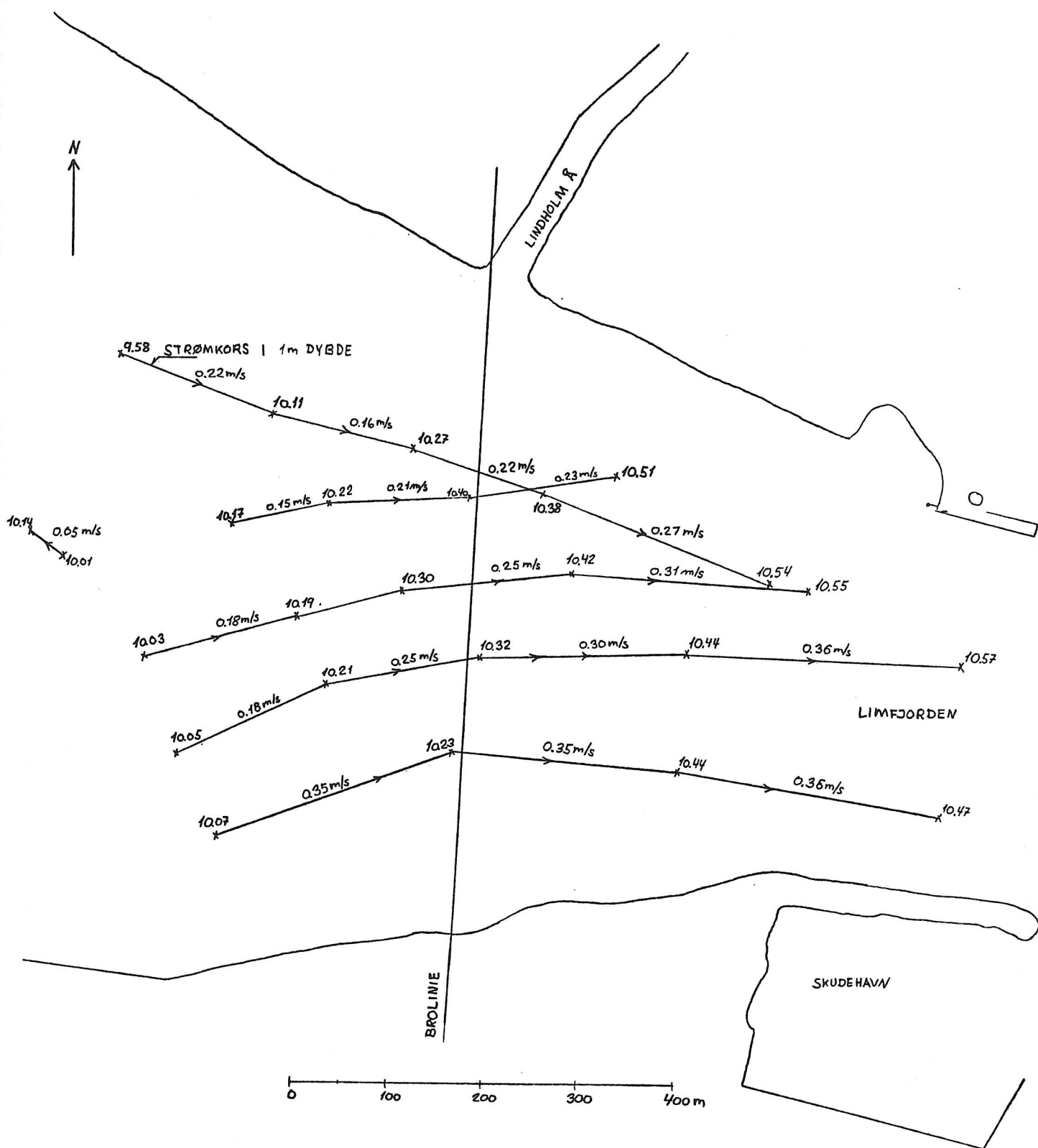
- [1] Christiani og Nielsen A/S (1968) "Strømmålinger for Limfjords-tunnel" (upubliseret).
- [2] Isotopcentralen (1970) "Recipientundersøgelse i Limfjorden".
- [3] Laboratoriet for Hydraulik og Havnebygning, Aalborg Universi-tetscenter (1975) "Strømmålinger ved jernbanebroen i Aalborg i perioden 4. januar 1974 til 1. marts 1974" (upubliseret).
- [4] Det Kongelige Danske Søkortarkiv (1972) "Målinger med Recording Curent Meter ved jernbanebroen i Aalborg i juni-oktober 1971" (upubliseret, beror hos Laboratoriet for Hydraulik og Havnebyg-ning, Aalborg Universitetscenter).
- [5] Limfjordskomiteen (1976) "Limfjordsundersøgelsen 1973-75". Delrapport 4 "Vandskifteundersøgelser".
- [6] Vandbygningsinstituttet (1970) "Sallingsund, strømmålinger 1968-69".
- [7] Bretting, A.E. (1956) "Foreløbig rapport om kajanlæg, Aalborg havn" (upubliceret, beror hos Aalborg havnevæsen).



BILAG NR 1

STRØMKORS I 2.5 M DYBDE

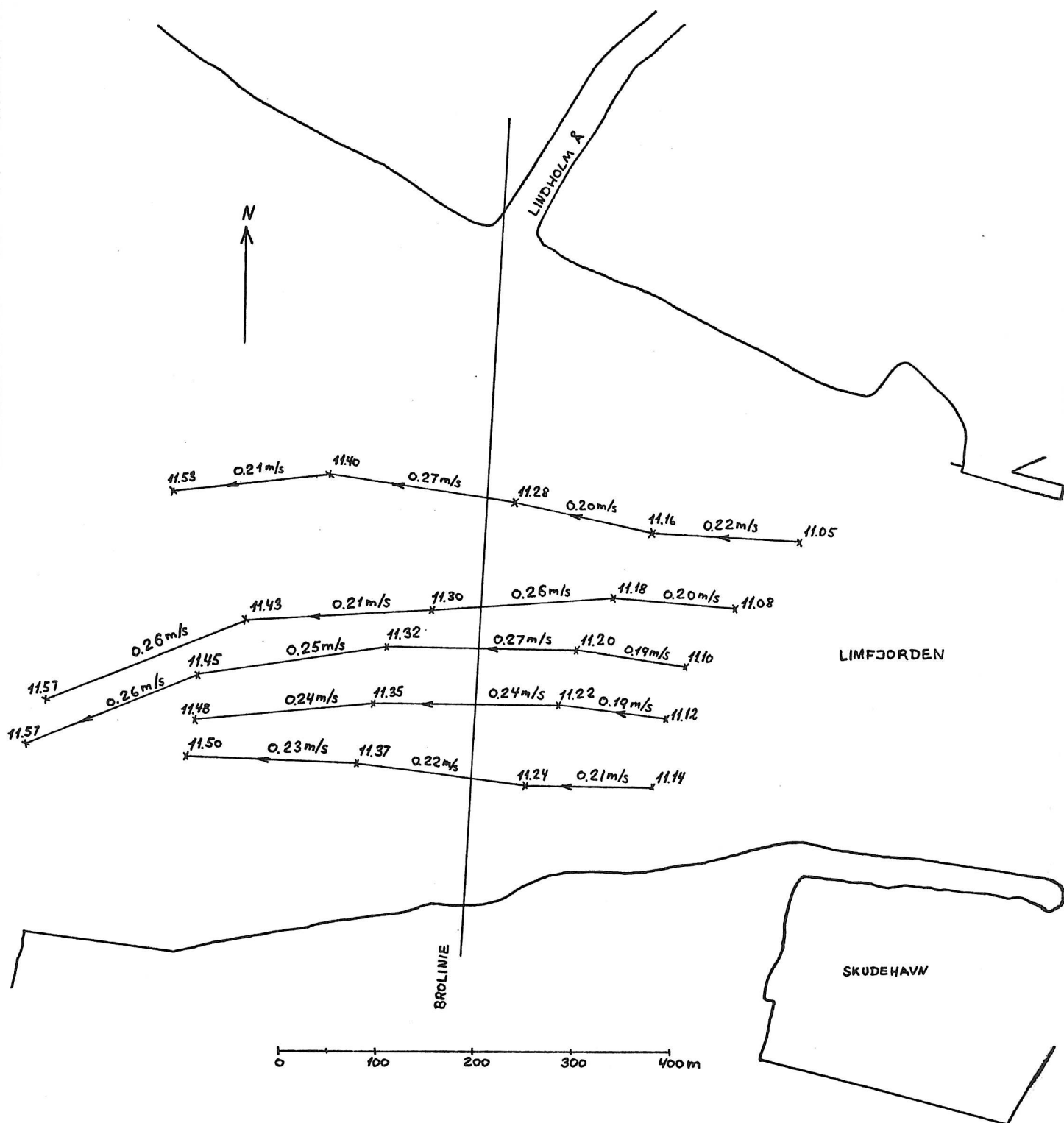
9. NOVEMBER 1976



BILAG NR 2

STRØMKORS I 2.5M DYBDE

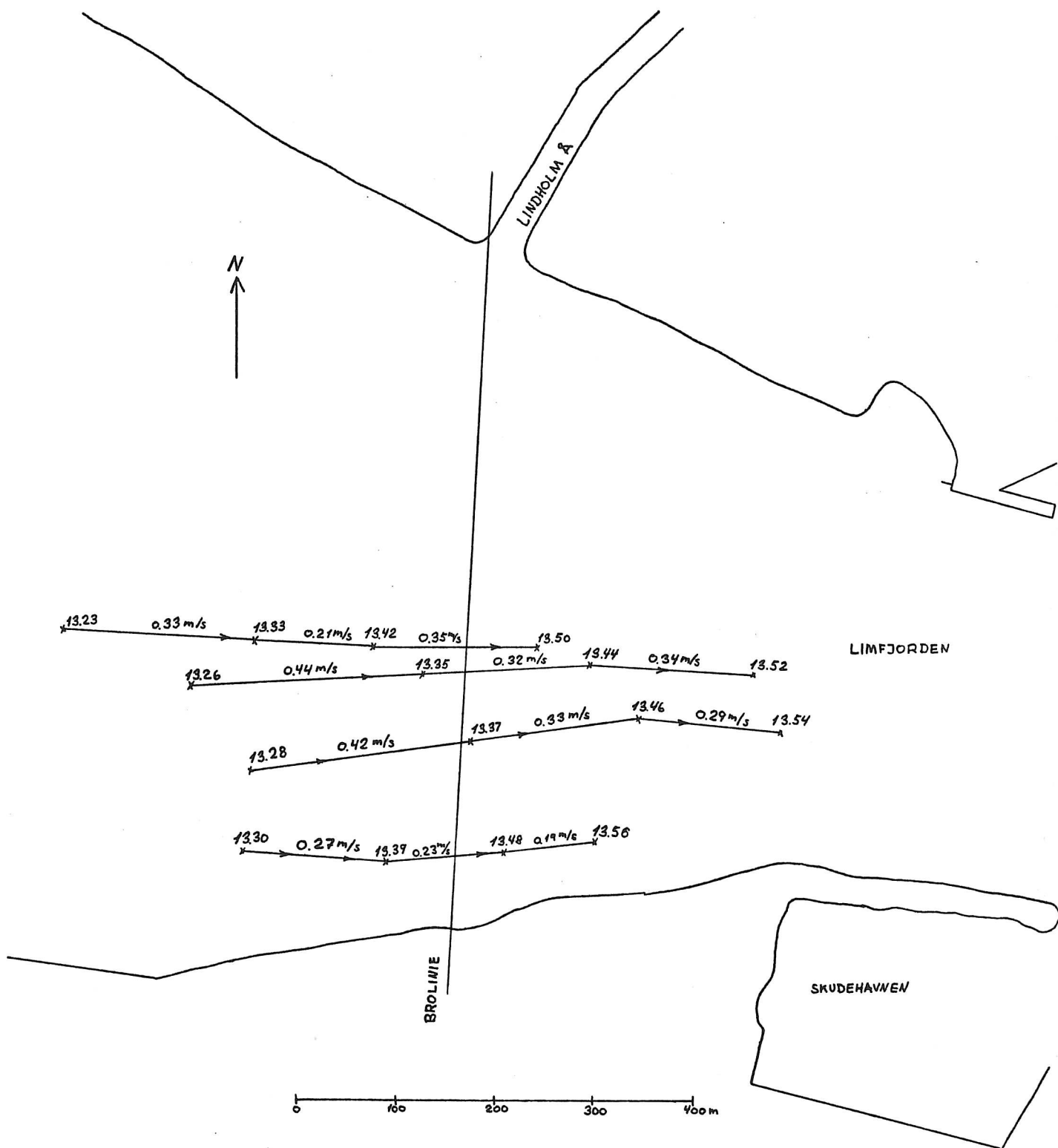
19. NOVEMBER 1976



BILAG NR 3

STRØMKORS I 2.5 m DYBDE

26. NOVEMBER 1976



BILAG NR 4

STRØMKORS I 2.5 m DYBDE

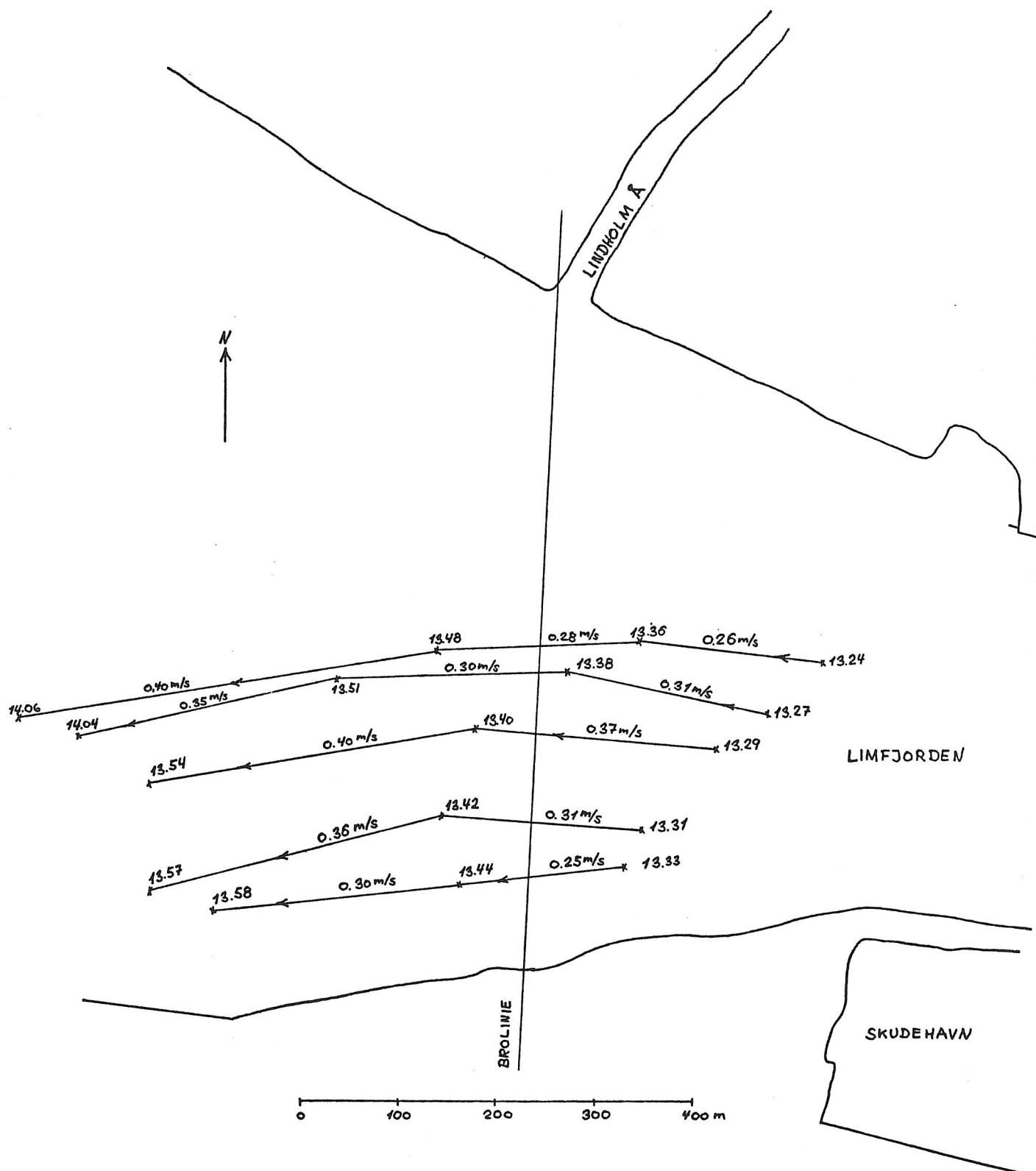
3. DECEMBER 1976



BILAG NR 5

STRØMKORS I 2.5 m DYBDE

3. DECEMBER 1976



BILAG NR 6

STRØMKORS I 2.5 M DYBDE

16. DECEMBER 1976