

Dansk Vandbygnings-
teknisk Selskab
1981

1912-2

BYGNINGSTEKNISK SELSKAB

GASLEDNINGER OG UDLØBSLEDNINGER I HAVET



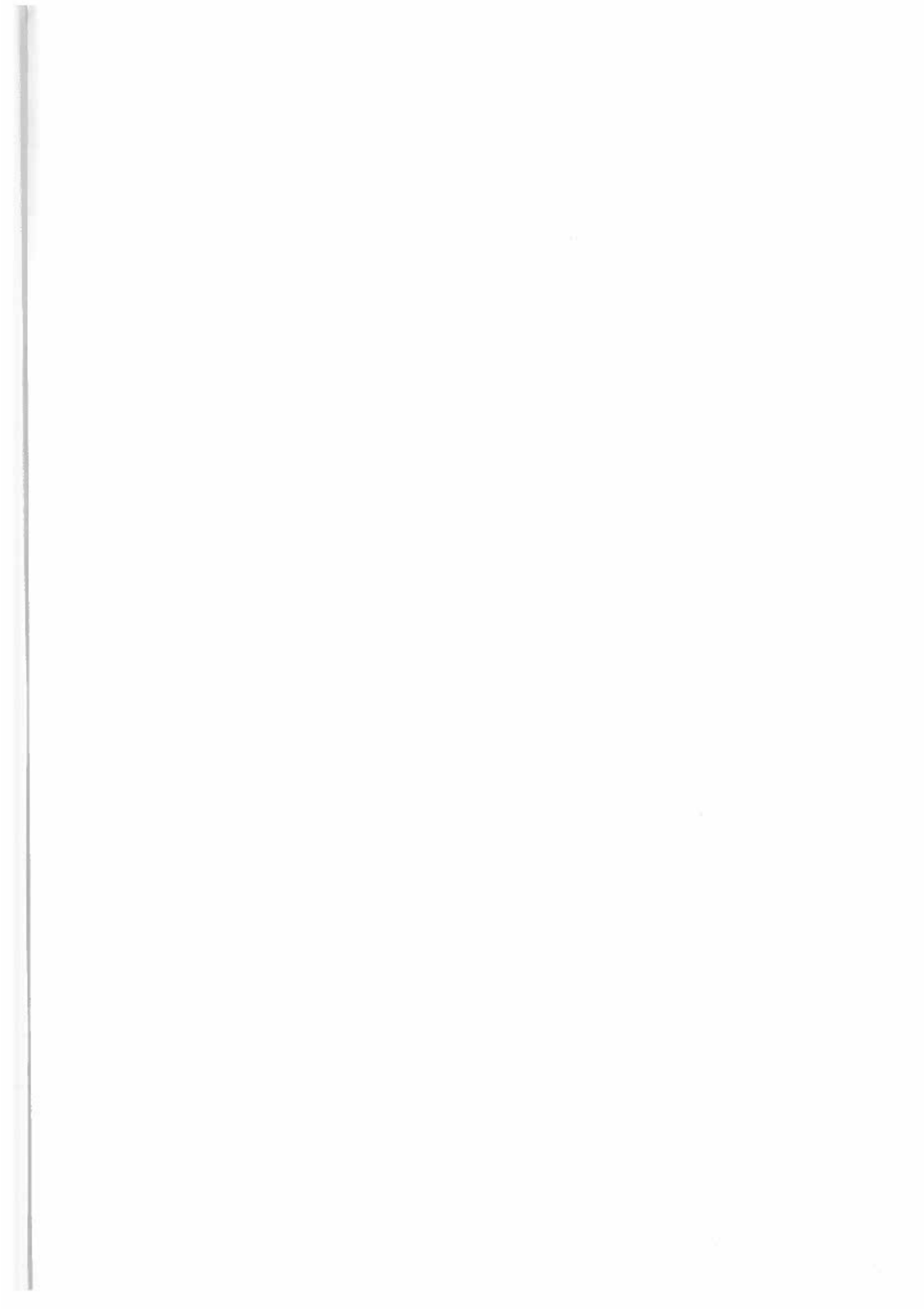
BIBLIOTEKET

Agern Allé 11 2970 Hørsholm
Tel: 4516 9200 Fax: 4516 0282

DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

GASLEDNINGER OG UDLØBSLEDNINGER I HAVET

SEMINAR PÅ DTH, 26. NOVEMBER 1981.



DANSK VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

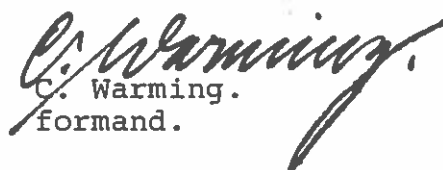
FORORD

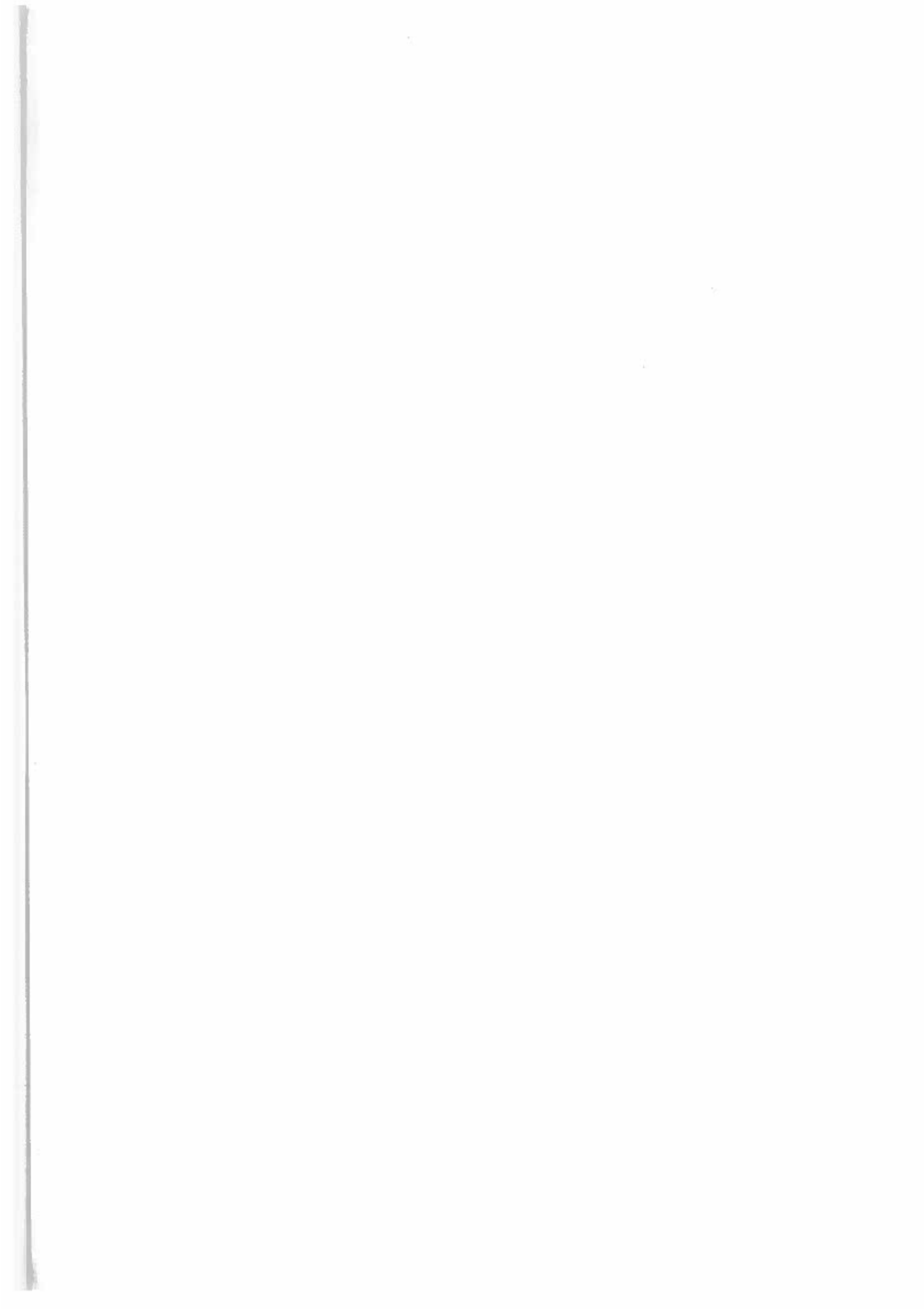
Dette kompendium består af en række enkelte bidrag til et af Dansk Vandbygningsteknisk Selskab afholdt seminar om emnet:

Dimensionering og udførelse af gasledninger og udløbsledninger i havet.

Selskabet ønsker herved at takke alle, der har bidraget til at belyse dette aktuelle emne og retter en særlig tak til Dansk Olie og Naturgas A/S for den velvilje, der har muliggjort inddragelse af de seneste resultater og erfaringer i behandlingen af det foreliggende emne.

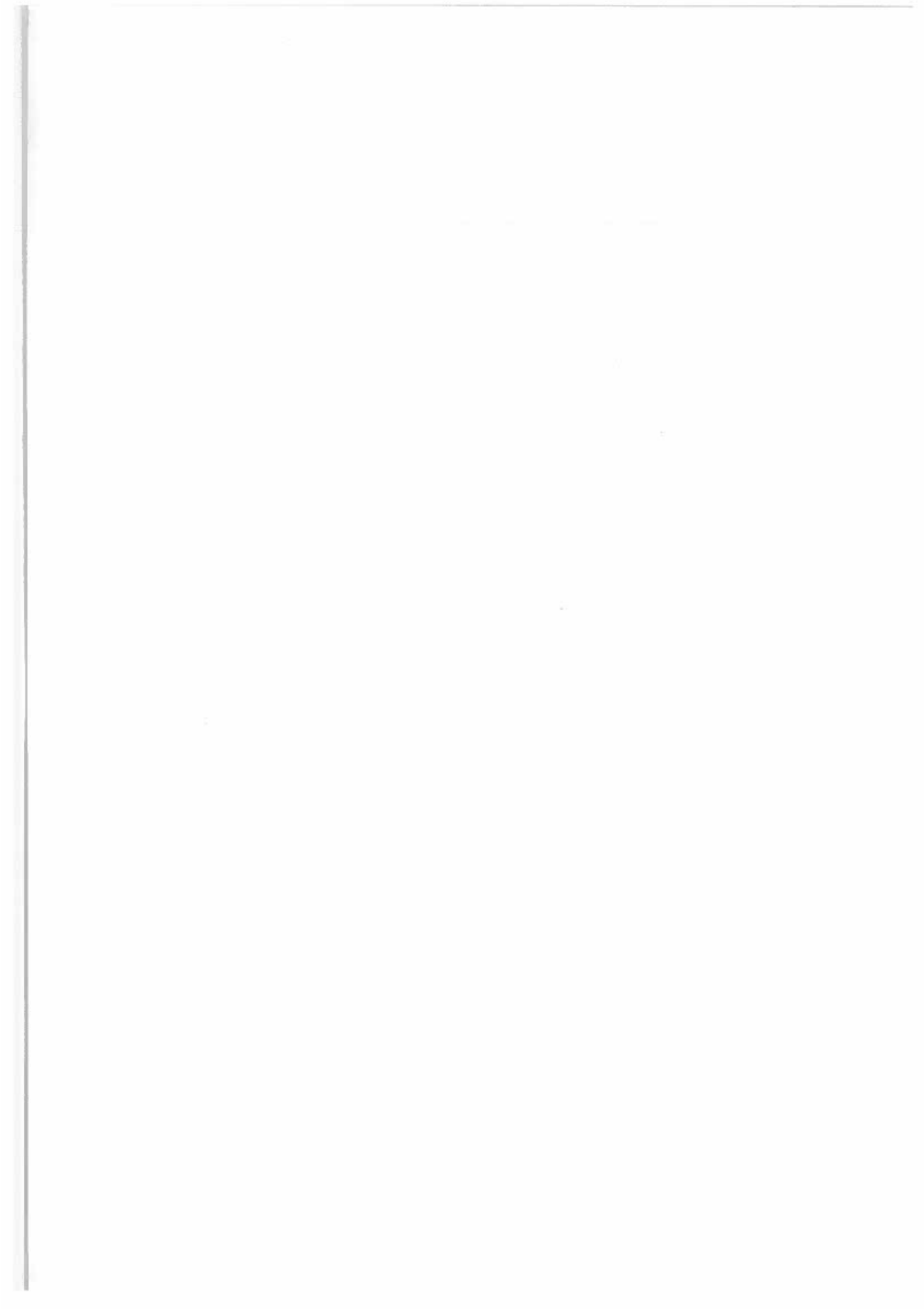
På selskabets vegne


C. Warming.
formand.



I N D H O L D S F O R T E G N E L S E

- A METODER TIL BESTEMMELSE AF BØLGER OG STRØM.
Civilingeniør Jan Dietrich, DHI.
- B JORDBUNDSUNDERSØGELSER.
Civilingeniør Jens Kammer Mortensen, R & H.
- X C PÅVIRKNINGER OG STABILITET.
Civilingeniør Helge Gravesen, R & H.
- X D SPECIELLE BELASTNINGER OG SIKKERHEDSMÆSSIGE ASPEKTER.
Akademiingeniør Jes Clauson-Kaas, Cowi.
- X E DIMENSIONERING AF UDLØBSLEDNINGER
Lektor Torben Larsen, AUC.
- X F PROJEKTERING AF UDLØBSLEDNINGER.
Akademiingeniør Fl. Monrad Johansen, Cowi.
- G ILANDFØRING AF GASLEDNINGER.
Civilingeniør J. Chr. V. Schmidt, R & H.
- X H KYSTPROBLEMER I RELATION TIL UDLØBSLEDNINGER.
Civilingeniør P. Roed Jakobsen, DHI.
- I ERFARINGER FRA EFTERFYLDNINGER I KYSTZONEN.
Civilingeniør J. Færch Knudsen, Cowi.
- X J ENTREPRENØRERFARINGER MED UDLØBSLEDNINGER.
Civilingeniørerne P. E. Jensen, S & L, og G. Gudiksen, H. H. & S.
- K SAGSBEHANDLING AF UDLØBSLEDNINGER.
Skibsinspektør O. J. Olesen, Farvandsdirektoratet.
- L VEJLEDNING OG BEKENDTGØRELSE OM RØRLEDNINGER
PÅ SØTERRITORIET.
Ministeriet for offentlige arbejder.



METODER TIL BESTEMMELSE AF BØLGER OG STRØM

Jan Dietrich
Dansk Hydraulisk Institut

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INDLEDNING	1
2. NORDSØEN	2
2.1 Belastningstilfælde	4
2.2 Bølgeforhold	4
2.3 Strømforhold	16
3. STOREBÆLT	21
3.1 Bølgeforhold	22
3.2 Strømforhold	23
4. LILLEBÆLT og KALVEBODERNE	25

1. INDLEDNING

Dette indlæg vil behandle de metoder, der har været anvendt til bestemmelse af de dimensionsgivende bølge- og strømforhold langs gasrørledningen.

Beregningen af kraftpåvirkningerne på rørledningen fra bølgerne og strømmen behandles af Helge Gravesen i et senere indlæg.

Rørledningens forløb er vist på Fig. 1.

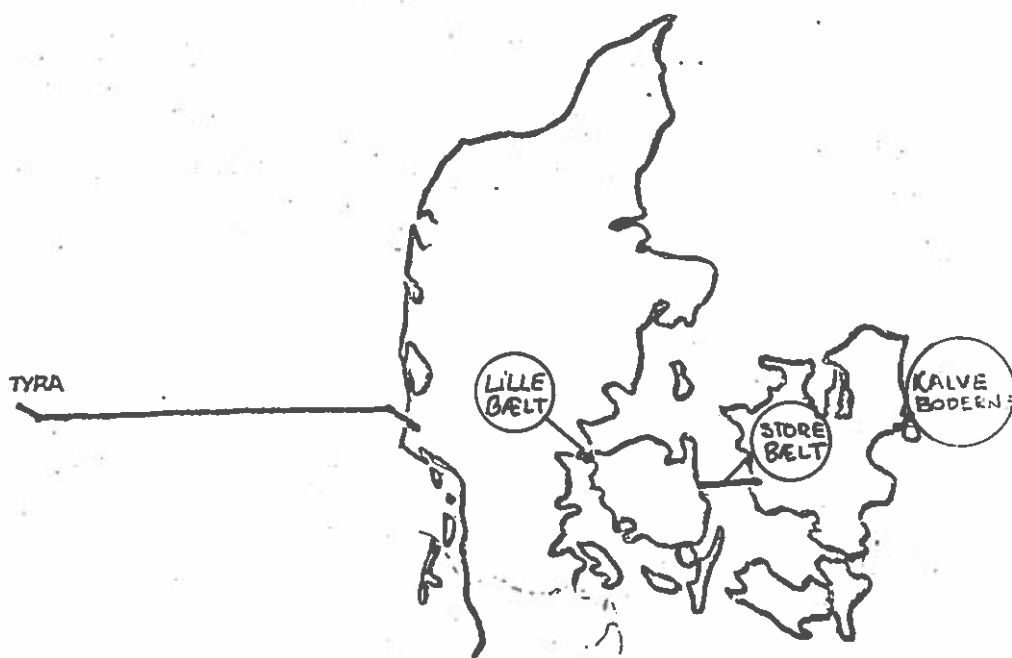


Fig. 1. Overordnet ledningsnet

Den er udsat for bølge- og strømpåvirkninger i Nordsøen samt ved krydsningerne af Lillebælt, Storebælt og Kalveboderne.

Ved sin passage af søterritoriet påvirkes rørledningen af bølgerne og strømmen i de midlertidige faser under udlægningen og medens den afprøves på havbunden. Vælger man ikke at nedgrave ledningen, vil ledningen desuden blive udsat for bølge- og strømpåvirkning i hele dens levetid.

Både de hydrografiske og de udførelsesmæssige forhold er forskellige i Nordsøen, Lillebælt, Storebælt og Kalveboerne. Derfor har der også været anvendt forskellige metoder til bestemmelse af bølge- og strømforholdene i Nordsøen og ved krydsningerne.

I dette indlæg lægges vægt på de metoder, der har været anvendt i forbindelse med dimensioneringen af ledningen i Nordsøen.

2. NORDSØEN

Fig. 2 viser det planlagte forløb af gasledningen i Nordsøen. Ledningen, der er 214 km lang, starter ved Tyra feltet og løber i land ved Kærgaard plantage. Figuren viser også, at dybdeforholdene varierer fra 40 m ved feltet ned til 52 m ca. 40 km øst for feltet, hvorefter dybden jævnt aftager mod land.

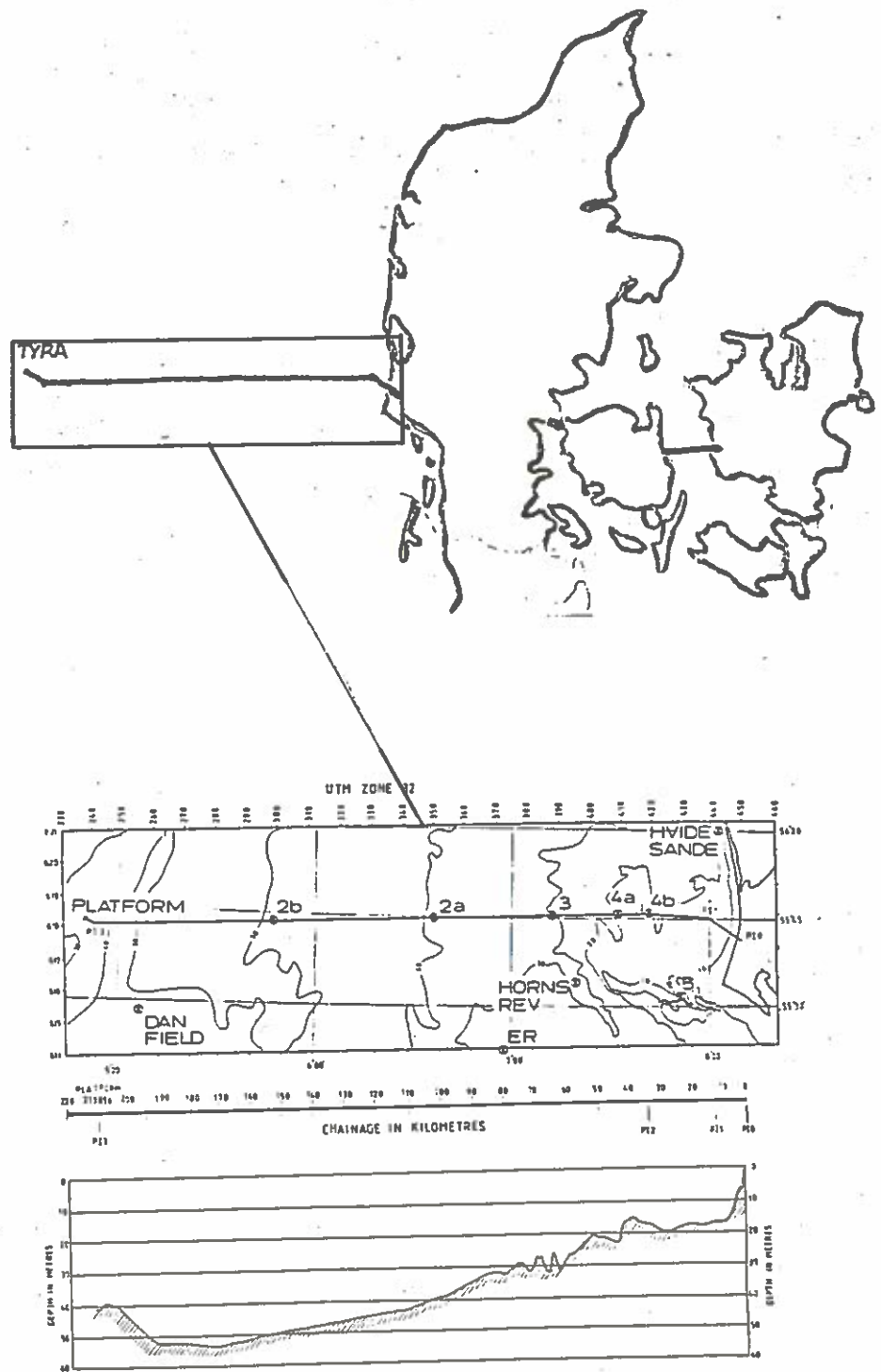


Fig. 2. Gasledningsrute, dybdeforhold langs ledningen samt bølge- og strømmålepositioner

2.1 Belastningstilfælde

Foruden at danne grundlag for vurderingen af påvirkningerne under lægningen af ledningen så skal undersøgelsen af bølge- og strømforholdene anvendes til bestemmelse af forholdene i følgende tre belastningstilfælde:

1. medens ledningen ligger luftfyldt på havbunden umiddelbart efter udlægningen.
Varighed ca. 4 måneder.
2. medens ledningen er vandfyldt inden en eventuel nedgravning.
Varighed ca. et år.
3. medens ledningen er nedgravet.
Varighed ca. 30 år.

2.2 Bølgeforhold

Eksisterende data og undersøgelsesprogram

Tabel 1 viser de indsamlede bølgedata.

YEAR	1975			1976			1977			1978			1979			1980			COMMENTS		
QUARTER	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
DAN FIELD																					GAPS LESS THAN 3 DAYS NOT MARKED
LIGHT VESSELS																					1962-63
HCRNS REVER																					
HVIDE SANDE																					

Tabel 1. Eksisterende bølgedata

Det fremgår, at korttidsbølgeforholdene er relativt godt bestemt nær ved land af 5 års målinger ved Hvide Sande og ved platformen af 2 års målinger ved Dan Feltet. Desuden

bidrager de visuelle observationer af bølgeforholdene foretaget på fyrskibene igennem en årrække også til bestemmelsen af forholdene.

Men det var klart ved skitseprojekterings start, at der manglede en nøjere beskrivelse af 100 års forholdene langs ledningen samt informationer om bølgeforholdene i områder med vanddybder på 20-40 m, hvor bundforholdene vil påvirke størrelsen og udbredelsen af de dimensionsgivende bølger.

Det blev derfor besluttet at supplere de eksisterende bølgedata med en beregning af de ekstreme bølgeforhold langs ledningen. Til dette formål anvendes en numerisk model, som med input af vindfelter over Nordsøen kan beregne bølgeforholdene i området.

For at verificere, at modellerne virker korrekt i det ønskede område af Nordsøen, blev der gennemført et måleprogram langs ledningen fra nov. 1979 til april 1980.

Det samlede undersøgelsesprogram bestod herefter af:

1. Analyse og udarbejdelse af statistikker over målingerne ved Hvide Sande, Dan Feltet og observationerne ved Horns Rev.
2. Måling af bølgeforholdene til brug for verificering af numerisk model.
3. Beregning af bølgeforholdene under udvalgte historiske situationer.

I det følgende vil måleprogrammet i Nordsøen og den numeriske model blive kommenteret lidt nøjere.

Bølgemålinger i Nordsøen

Bølgemålinger omfattede ikke blot måling af bølgehøjderne på overfladen, men også den bølgegenererede partikelhastighed nær ved havbunden.

Formålet med målinger var derfor ikke blot at verificere den numeriske model, men også at verificere transformationen af bølgehøjderne på overfladen til en dimensionsgivende hastighed ved bunden på tværs af gasledningen.

Målepositionerne er vist på Fig. 2, medens måleperioderne, forankringssystemet og målestativ er vist på Fig. 3 og 4.

Bølgemålingerne blev udført med waverider bøjle, som måler den lodrette acceleration i bølgebevægelsen og integrerer denne størrelse to gange før den lagres på kassette tape i bøjen. Bølgerne måles hvert sekund i 20 minutter hver 3. time.

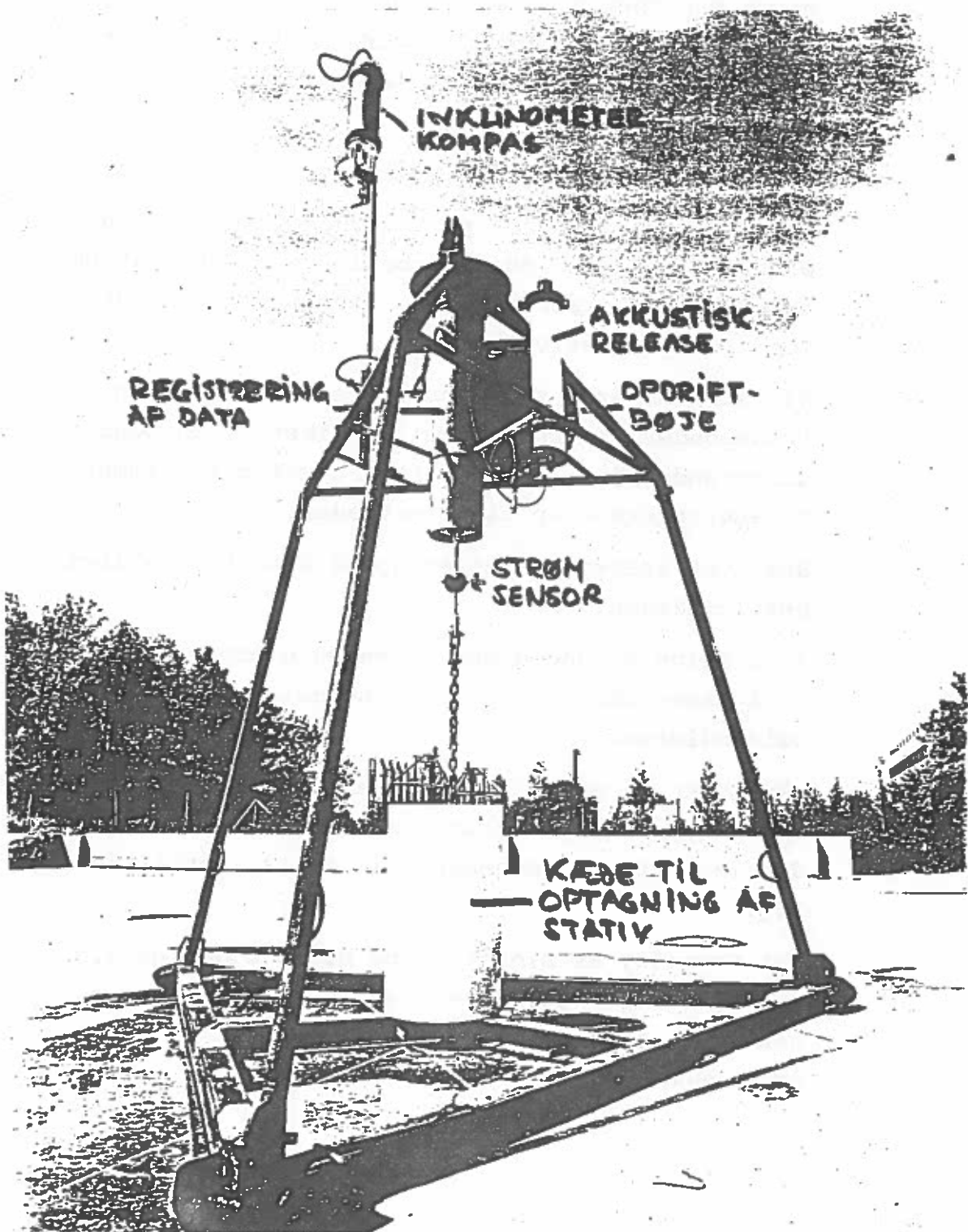


Fig. 4. Målestativ

Den bølgegenererede partikels bevægelse blev målt med en March McBirney strømmåler. Måleren registrerer strømshastigheden i to på hinanden vinkelrette retninger v.h.a. et electromagnetisk princip. Måleren måler hvert 2. sekund i 8 minutter hver 3.time.

Måleren er placeret i det på Fig. 3 og 4 viste stativ.

Når stativet placeres på havbunden, kontrolleres stativets orientering og hældning ombord v.h.a. et instrument, der er forbundet via kabel til et inklinometer og et kompas monteret på stativet.

Når strømmåleren skal serviceres aktiveres en akustisk transponder fra undersøgelsesskibet. Transponderen udløser undervandsbøjen, som herefter trækker instrumentet og en forankringskæde op til overfladen.

Stativet trækkes herefter op på dækket af skibet v.h.a. forankringskæden.

I tilfælde af uheld med ovennævnte procedure kan stativet også tages ombord v.h.a. en bundwirer, som er forbundet med bølgemåleren.

Eksempler på målte bølgehøjder og partikel hastigheder ved bunden fra position 3 og 4a (se Fig. 2) under to storme, der indtraf 17. december 1979 og 19. april 1980, er vist på Fig. 5.

Det fremgår, at signifikante bølgehøjder på 4,5 m på 20 m vanddybde ved station 4a og 5,0 m på 30 m vanddybde ved 3 kan genere hastigheder på henholdsvis 1,2 m/s og 0,9 m/s to meter over bunden.

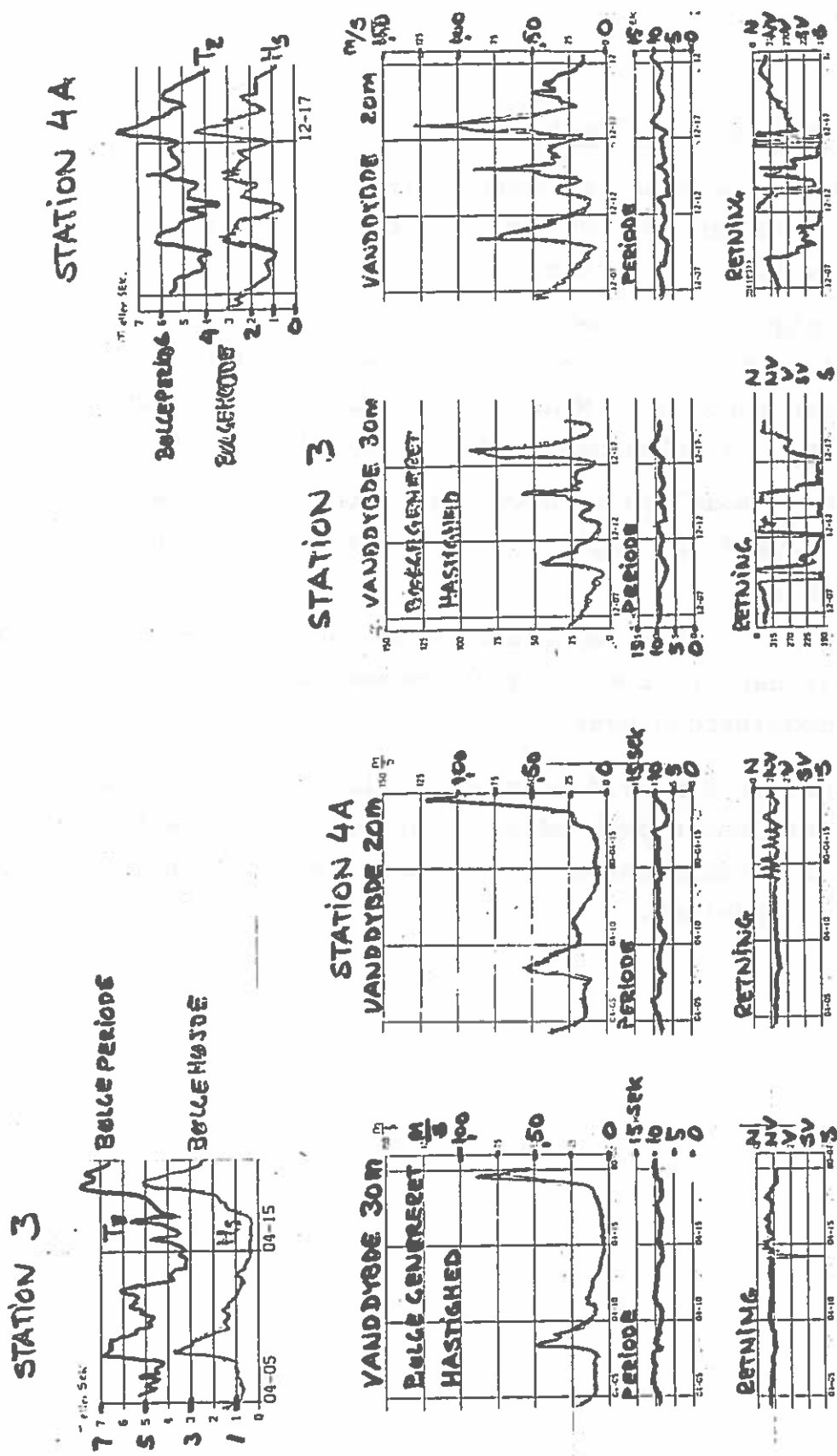


Fig. 5. Eksempler på målte bølgehøjder og partikel hastigheder 2 m over bunden på pos. 3 og 4a.

Bølgeberegningsmodel

DHI's numeriske bølgeberegningsmodel beskriver, hvordan bølgerne dannes, udbreder sig og ændrer sig som følge af vindens variation med tiden og stedet.

Bølge energi spektret bliver beregnet i 1 times tidstrin under stormen i 5 km netpunkter, som dækker det område, der har interesse. Modellen inkluderer også havbundens indvirkning på bølgenes højde og udbredelsesretning.

Bølgemodellen er blevet verificeret med data på Hvide Sande og data fra feltmålinger langs ledningen fra vinteren 1979/80.

Fig. 6 viser resultaterne af verificeringen. Det fremgår, at der er virkelig god overensstemmelse mellem målinger og modelberegninger.

Herefter blev de for den sv-lige del af Nordsøen 10 mest ekstreme storme udvalgt for perioden 1966 til 76 og de tilhørende bølgeforhold langs ledningen beregnet ved hjælp af modellen.

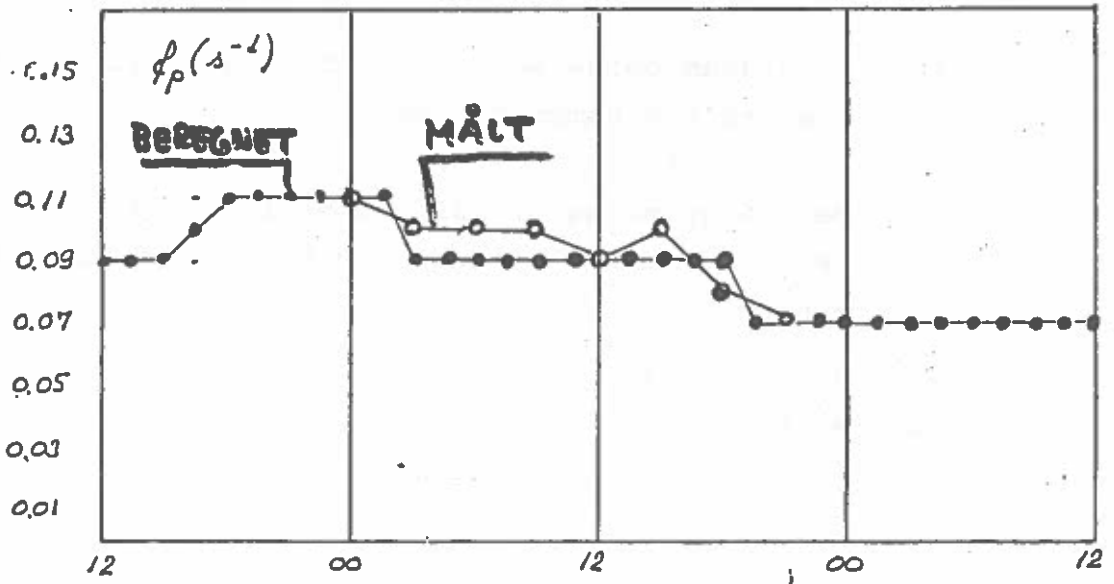
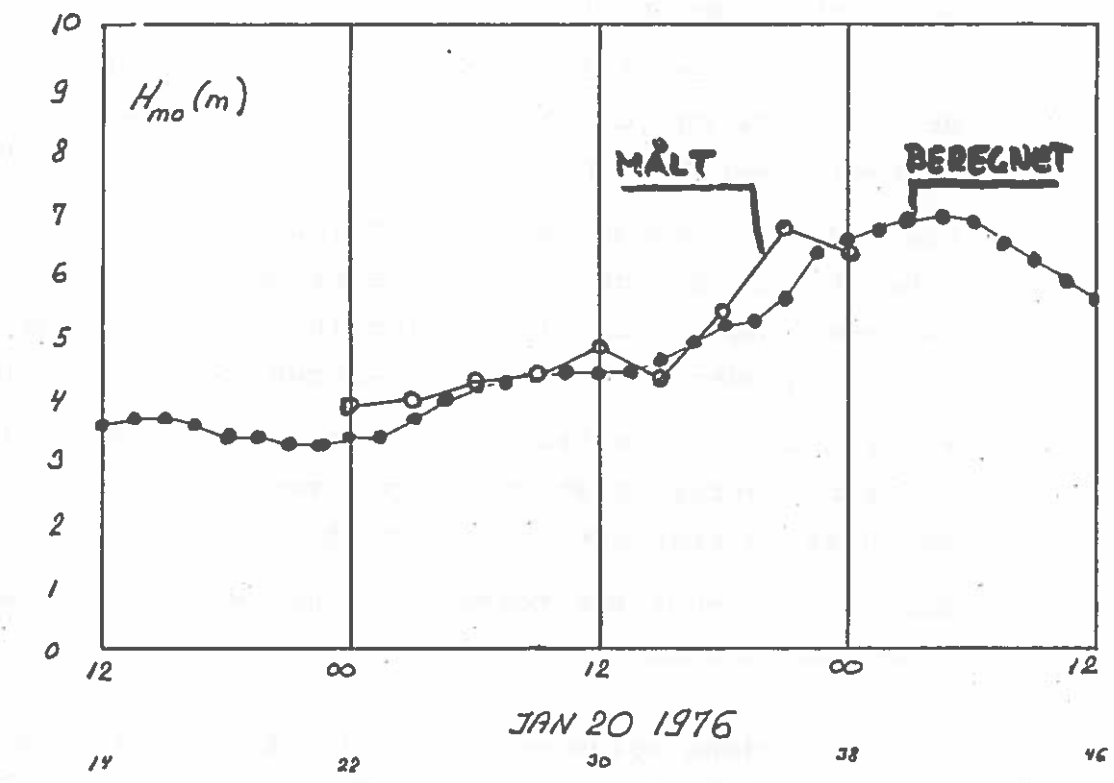


Fig. 6. Verifisering af bølgeberegningsmodel

Konklusioner på bølgeforholdene

Fig. 7 viser eksempler på foreløbige resultater af undersøgelserne af bølgeforholdene.

Både resultater af de statistiske analyser af de eksisterende bølgedata og resultater fra beregningerne er benyttet ved udarbejdelsen af kurverne.

Figuren viser sammenhørende værdier af den signifikante bølgehøjde H_S , zero crossing bølgeperioden T_Z og bølgeforplantningsretningen, som giver anledning til de maximale partikelhastigheder på tværs af ledningen.

På grundlag af resultaterne i Fig. 7 er de maximale bølgegenererede partikelhastigheder på tværs af ledningen blevet beregnet og resultatet er vist på Fig. 8.

Der blev anvendt tre forskellige metoder til at beregne partikelhastigheden:

- (1) 1. ordens bølgeteori anvendt på et Pierson-Moskowitz spectrum, der svarer til design H_S fra Fig. 7.
- (2) 1. ordens bølgeteori anvendt på aktuelt beregnede spektra fra numerisk model.
- (3) Den på grundlag af målingerne i vinteren 1979/80 opnåede relation mellem bølgehøjden H_S og partikelhastigheden ved bunden.

De tre forskellige beregningsmetoder gav praktisk talt samme resultat.

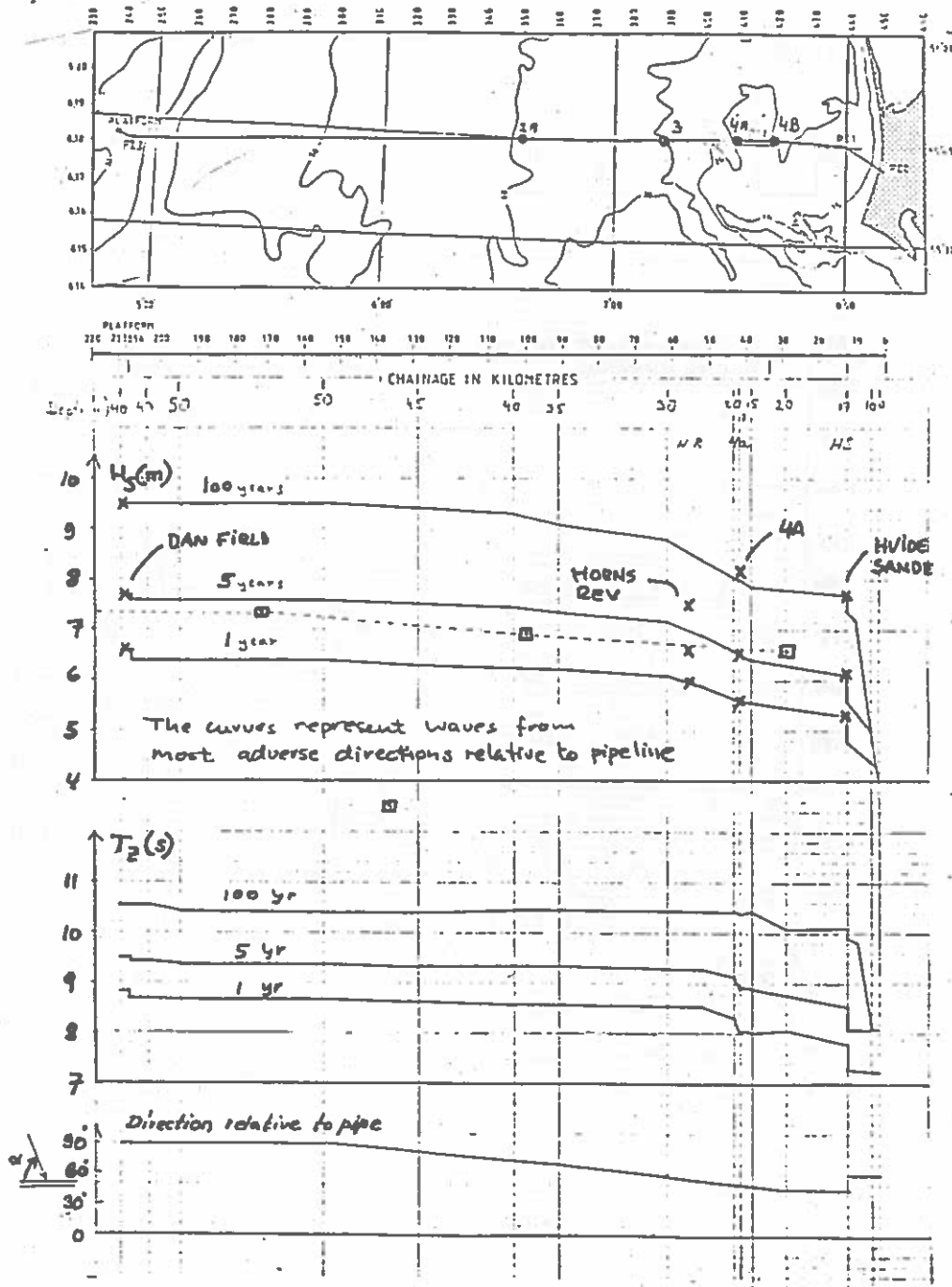
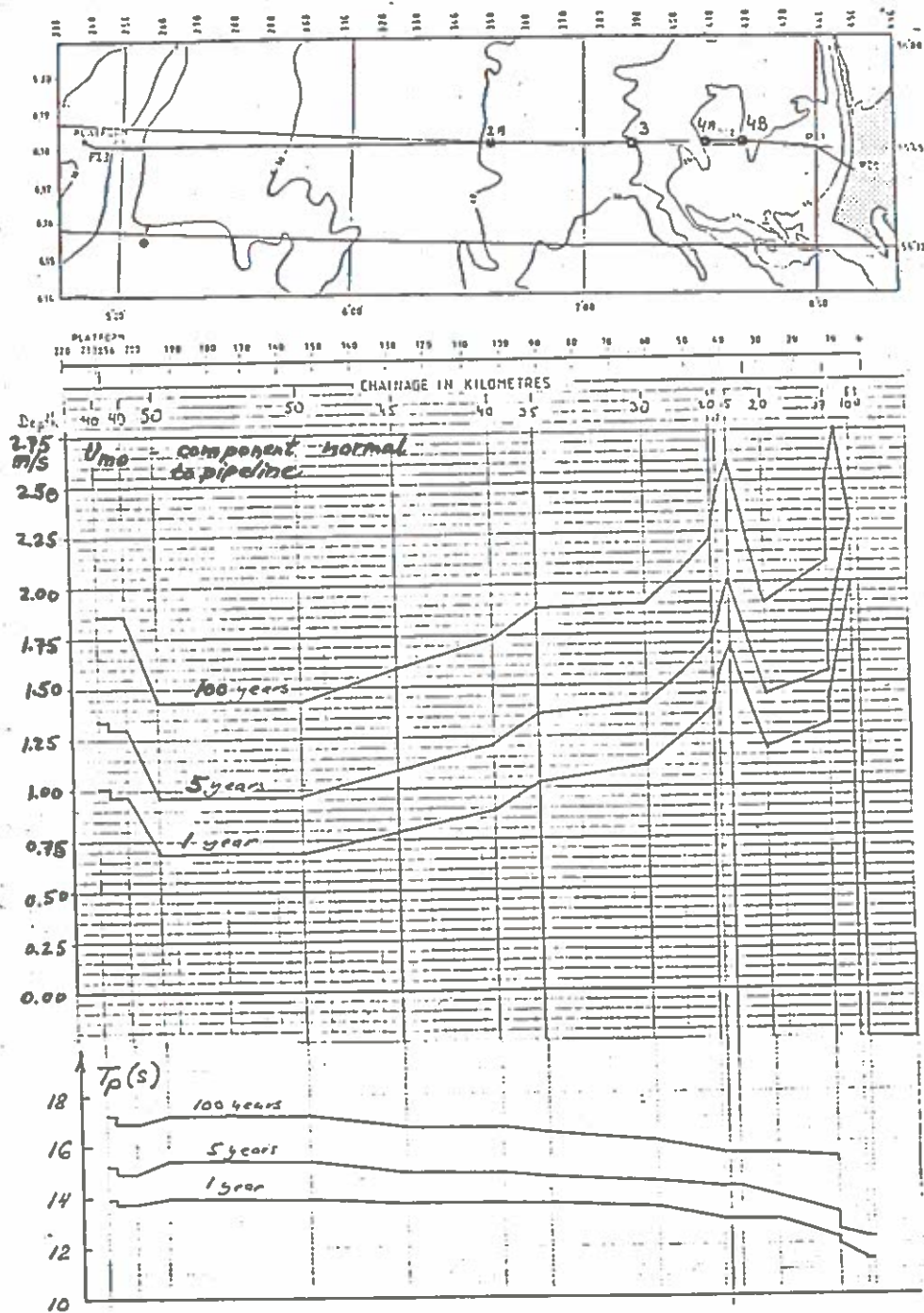


Fig. 7. Eksempler på foreløbige resultater af analysen af bølgeforholdene langs ledningen.



4. FIG 5 Extreme Orbital Velocities Perpendicular to Pipeline

Fig. 8. Eksempler på foreløbige resultater af beregningen af den bølgegenererede partikelhastigheder vinkelret på ledningen 2 m over bunden.

2.3 Strømforhold

Den tidevandsgenererede strøm er relativt godt beskrevet i eksisterende Tidevands Atlas for Nordsøen.

Derimod eksisterede der ved skitseprojekterings start kun meget sparsomme informationer om de strømforhold, som kan opstå under passage af storme.

De eneste pålidelige data stammer fra målinger udført ved Horns Rev fra 1912 til 1914.

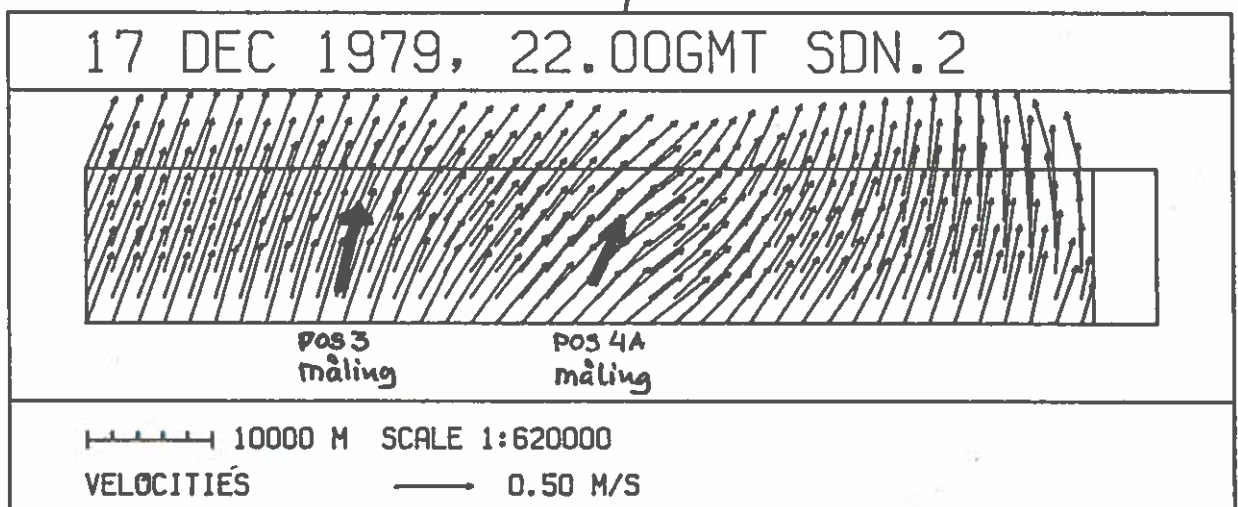
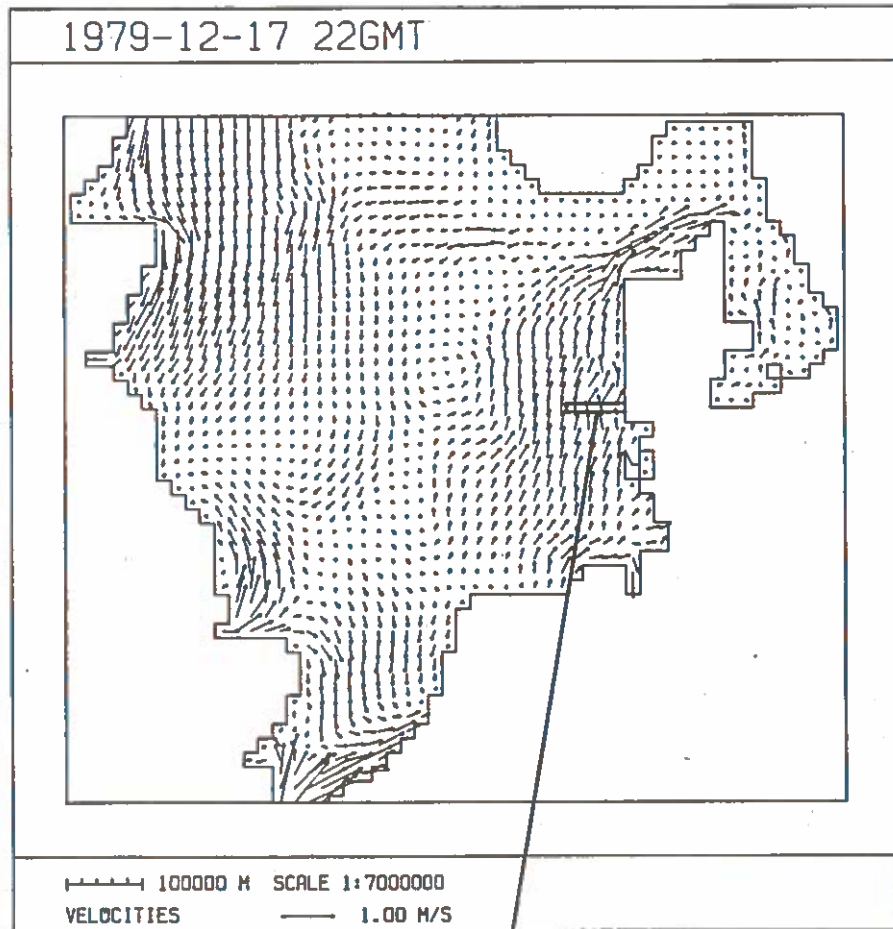
Det blev derfor besluttet at anvende DHI's nordsø strømbergningsmodel til at beregne strømforholdene under 10 ekstreme historiske stormsituationer.

Strømberegningsmodel

Nordsø strømmodellen beskriver strøm- og vandstandsforholdene overalt i modelområdet ved at foretage en integration i tid og sted af bevægelsesligningerne. Disse forudsætter næsten horizontal strømning, hydrostatisk trykfordeling og rektangulær hastighedsfordeling over dybden. Strømmodellen er blevet verificeret med data fra måleprogrammet i Nordsøen i vinteren 1979/80.

Fig. 9 viser, at der er god overensstemmelse mellem målinger og beregninger.

Fig. 10 og 11 viser resultater fra modellen fra en situation med kraftig storm og en situation, hvor strømforholdene udelukkende er bestemt af tidevandsstrømmene.



PLOTSET= 134 DATE: 09.10.80

Fig. 9. Verifisering af Strømberegningsmodel

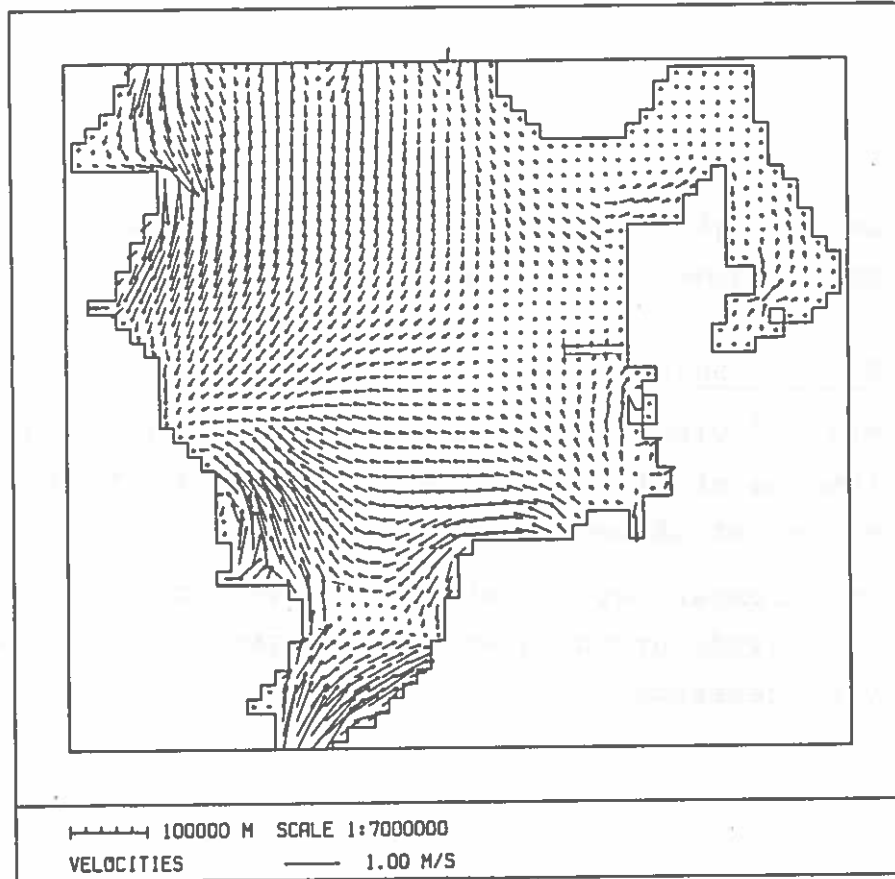


Fig. 10. Beregnede tidevandsstrømforhold 17.12.1980, 22GMT, uden hensyntagen til storm generet strøm.

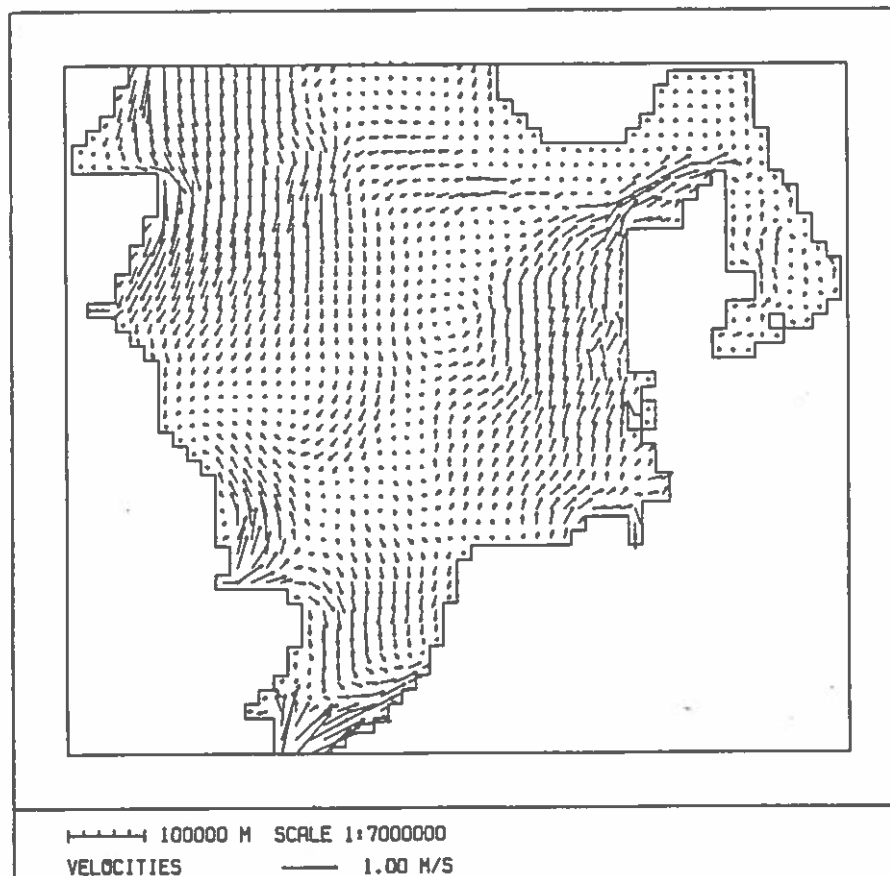


Fig. 11. Beregnede totale strømforhold, tidevandsstrøm og storm generet strøm 17.12.1980, 22 GMT

Det fremgår, at strømforholdene i Nordsøen bliver voldsomt ændret under passage af storme.

Konklusioner på strømforholdene

Fig. 12 viser eksempler på foreløbige resultater af analyserne af tidevandsstrømmene og de stormgenererede strømme vinkelret på ledningen.

Det fremgår, at den stormgenererede strøm er maximal omkring 30 m dybdekurven og er ca. 2-3 gange større end den tidevandsgenerede.

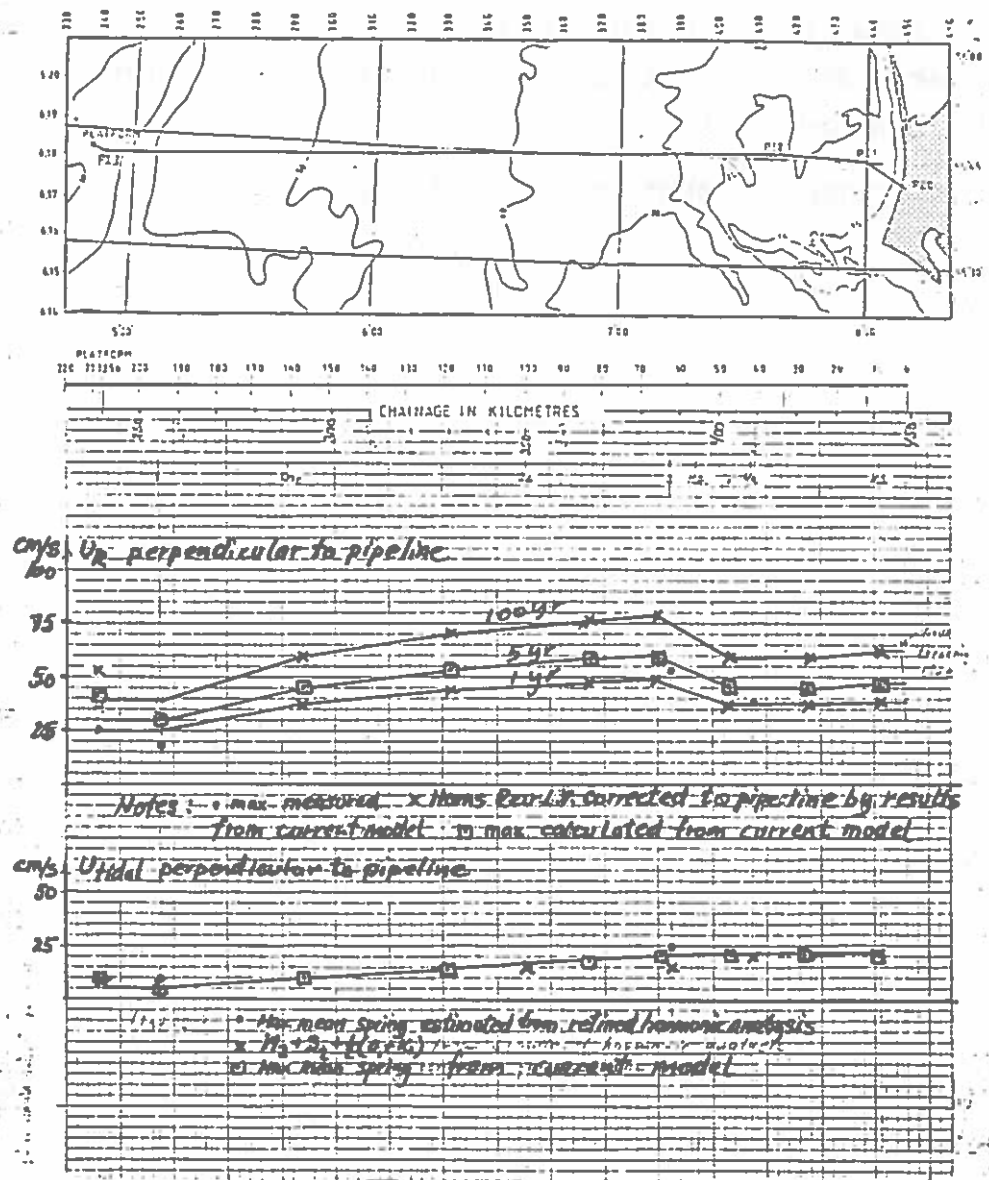


Fig. 12. Eksempler på foreløbige resultater af analyserne af strømforholdene langs gasledning.

3. STOREBÆLT

Gasledningen udlægges sandsynligvis efter de samme principper som i Nordsøen. Bølgeforholdene og strømforholdene skal derfor bestemmes for de samme tre belastningstilfælde, se afsnit 2.1.

Ledningsforløbet er vist på figur 13.

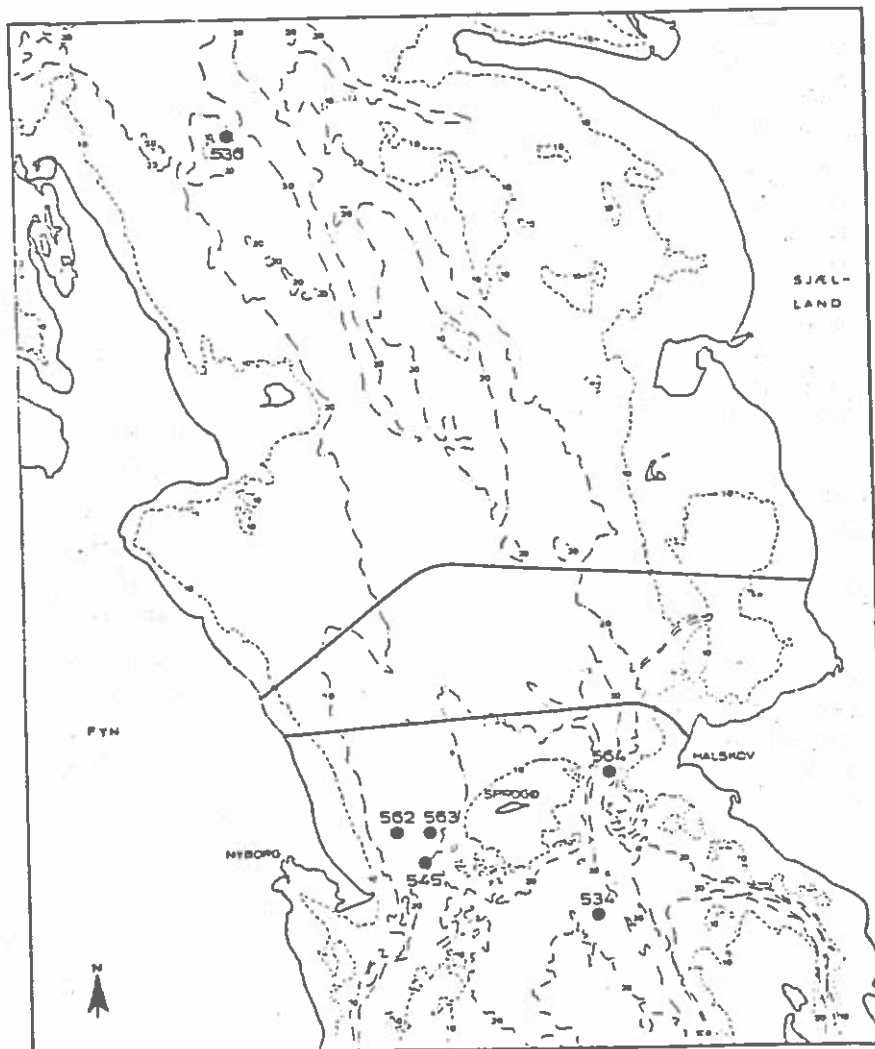
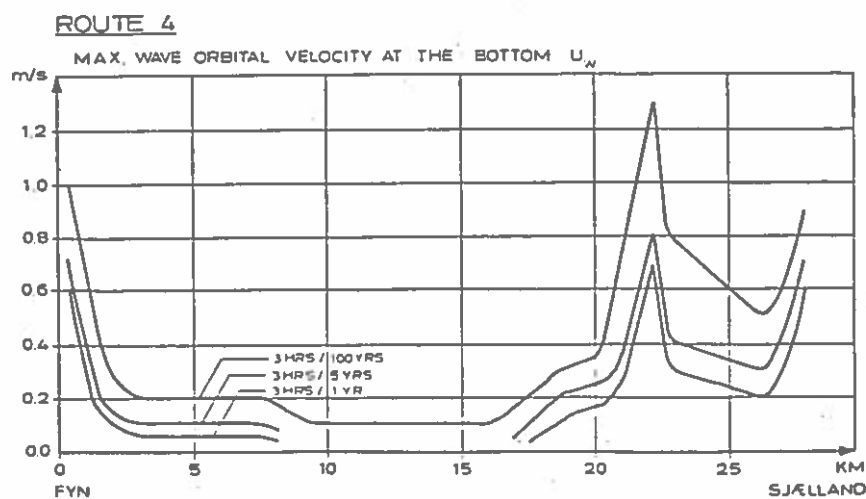
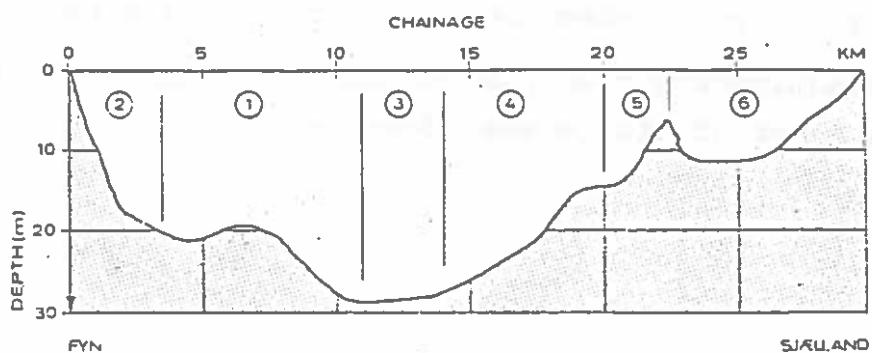


Fig. 13. Gasledningsrute og strømmålepositioner

3.1 Bølgeforhold

Bølgeforholdene er blevet beregnet på grundlag af simple relationer mellem vindstyrke og bølgehøjde. Herefter er denne bølgehøjde med den korresponderende periode blevet transformeret til en bundhastighed ved at anvende 1. ordens bølgeteori. Eksempler på foreløbige resultater er vist på Fig. 14.



NOTE: THE VELOCITY IS THE COMPONENT PERPENDICULAR TO THE PIPELINE.

Fig. 14. Eksempler på foreløbige resultater af beregningen af de bølgegenererede partikelhastigheder.

3.2 Strømforhold

Strømforholdene er vurderet på grundlag af analyser af strømdata indsamlet hovedsageligt i forbindelse med Bæltprojektet udført af Miljøstyrelsen eller i forbindelse med Storebælt broprojektet. Målepositionerne er vist på Fig. 13.

Resultaterne af data analysen er transformeret til den aktuelle gasledningsrute v.h.a. DHI's numeriske strømberegningsmodel.

Fig. 15 viser eksempler på resultater fra den numeriske model. Beregningerne viser, at strømmen i sjældne tilfælde når hastigheder af størrelsesordenen på 1 m/s.

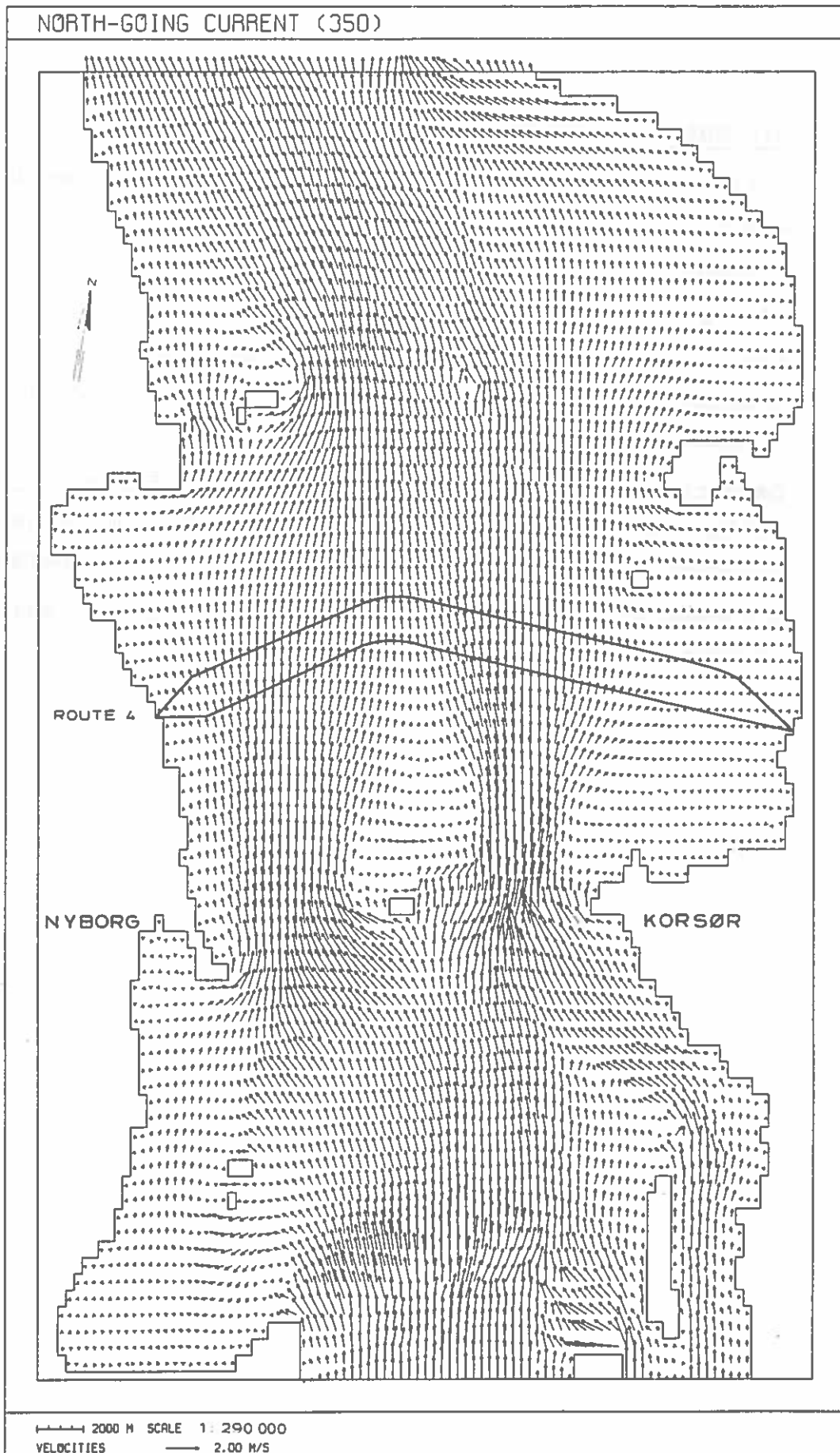


Fig. 14. Eksempler på resultater fra strømberegninger.

4. LILLEBÆLT OG KALVEBODERNE

I Lillebælt og i Kalveboderne vil gasledningen sandsynligvis blive trukket over i en på forhånd gravet rende.

Gasledningen vil derfor være meget beskyttet imod bølge- og strømpåvirkninger.

Det snævre farvand beskytter også ledningen mod store bølger, hvorimod strømhastighederne kan blive relativt høje på tværs af ledningen.

Bølgerne er blevet beregnet på grundlag af simple relationer mellem vindstyrke og bølgehøjde, hvorefter bølgerne er transformeret til en bundhastighed v.h.a. 1. ordens bølgeteori.

Strømmen er vurderet på grundlag af analyser af måledata fra området.

JORDBUNDSUNDERSØGELSER

J. Kammer Mortensen
Rambøll & Hannemann

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

I. INTRODUKTION

II. PROCEDURER

II.1 Positionering

II.2 Geofysisk profilering

Bathymetri

Sidesøgende sonar

Seismik (Pinger Boomer)

II.3 Prøveoptagning

Vibracorer

Faldprøveoptager

II.3 Insitu forsøg

CPT-forsøg

Pladebelastning

II.4 Laboratorieforsøg

III RESULTATEKSEMPLER

I. INTRODUKTION

Der vil i dette indlæg blive givet et indblik i de metoder, der er anvendt under jordbundsundersøgelserne til søs for Det danske Gastransmissionsnet.

Undersøgelserne udføres for D.O.N.G. A/S af Naturgasgruppen ved Marine Pipelines Project Office (Dansk Hydraulisk Institut, Rambøll & Hannemann og Global Engineering).

R&H har udført undersøgelser ved ilandføringslokaliteterne og DHI, med Geoteknisk Institut som partner, har stået for undersøgelserne til søs.

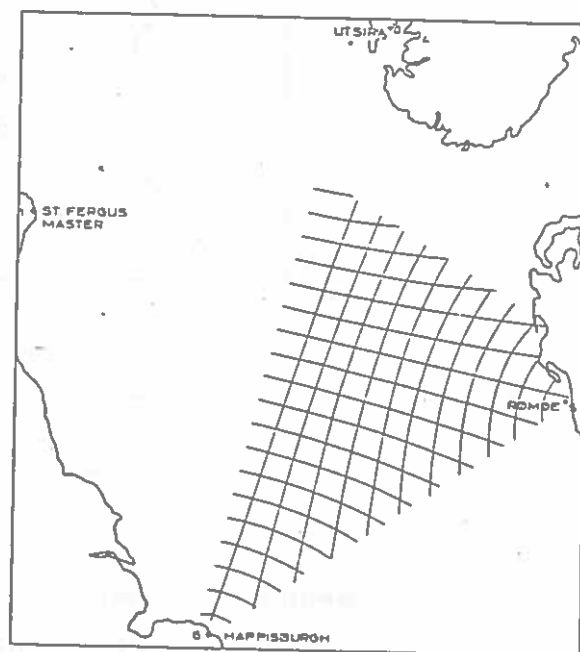
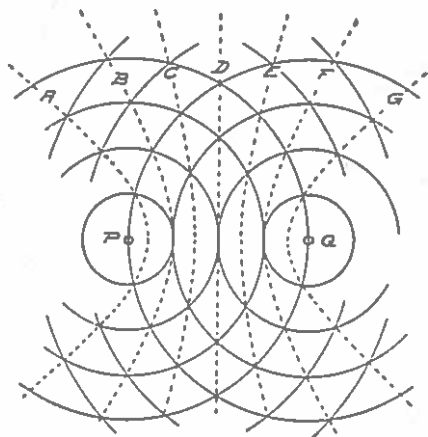
Den endelige rapport er et produkt af mange specialisters arbejde, og dette indlæg kan derfor kun overfladisk berøre disse specialer.

II. PROCEDURER

II.1 Positionering

Positioneringen af de resultater, der indsamles under enhver forundersøgelse er undersøgelsens Achilleshæl. Der skal være sikkerhed for, at der opnås en rimelig og kendt nøjagtighed.

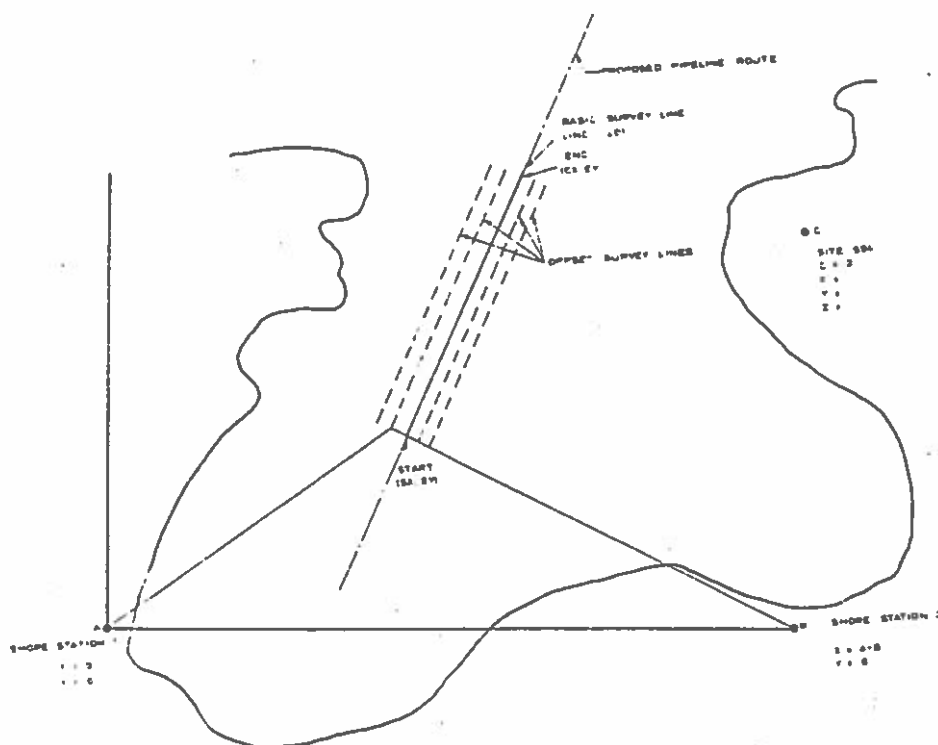
I Nordsøen anvendes Decca Pulse/8, der bygger på det princip, at modtageren er passiv, og at den ved hjælp af tidsforskydning på signaler fra en master-station direkte og via slavestationer bestemmer positionen. Der fremkommer hyperbolske stedlinier med en overbestemmelse, der giver mulighed for løbende kvalitetskontrol. Nøjagtigheden i Nordsøen er ca. 50 m.



Decca-Kongsberg Pulse/8 Auto Carta System

Hvor dette permanente system ikke kan benyttes (kystområder og indre farvande) bl.a. på grund af kystrefraktion, anvendes Motorola Mini Ranger med to flytbare landstationer. Dette system er aktivt, idet skibet udsender impulser og måler den tid, der medgår, før signalet returnerer, og dermed bestemmes afstandene.

Der fremkommer cirkulære stedlinier uden overbestemmelse. Nøjagtigheden er ca. 5 m.



Motorola Mini Ranger System

Begge systemer tilkobles minicomputer og x/y-plotter samt højre/venstre indikator.

Den rute, der skal profileres, indprogrammeres, og skibet finder ruten ved hjælp af x/y-plotteren og venstre/højre indikatoren, der fortæller roergænger, hvor skibet er og til hvilken side, der skal korrigeres.

Positioneringsdata udskrives løbende samt lagres på tape.

II.2 Geofysisk profilering

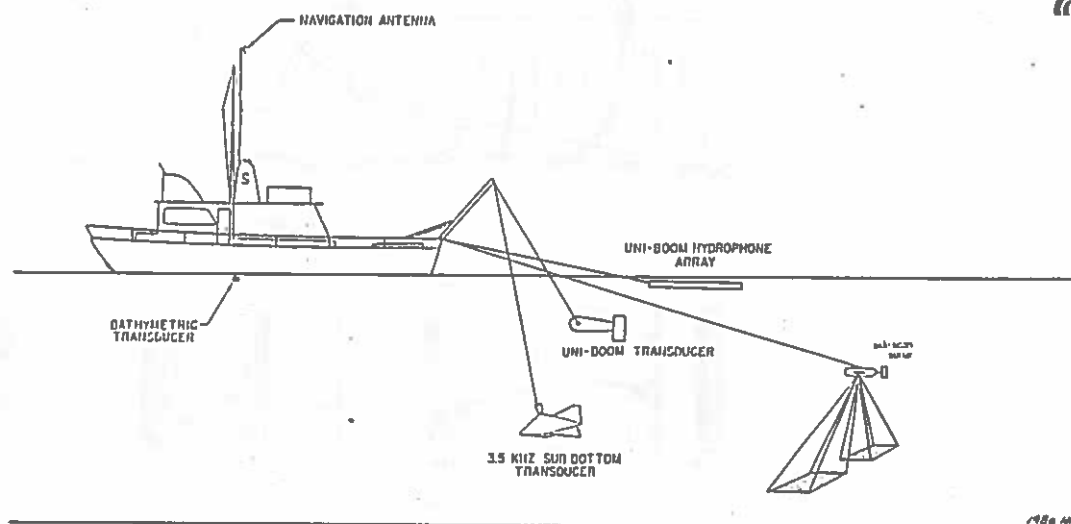
Bathymetri

Dybdeforholdene registreres ved hjælp af et 200 kHz ekkolod med elektronisk nøjagtighed o. 1 m.

Transduceren er monteret på skibets skrog.

Måleresultaterne udskrives kontinuert og lagres på tape hvert tiende sekund.

Resultaterne korrigeres for vandstandsvariationer ved hjælp af vandspejlsobservationer i nærliggende havne samt en tidevandsmodel for det pågældende farvand.



SURVEY VESSEL — INSTRUMENT ARRAY

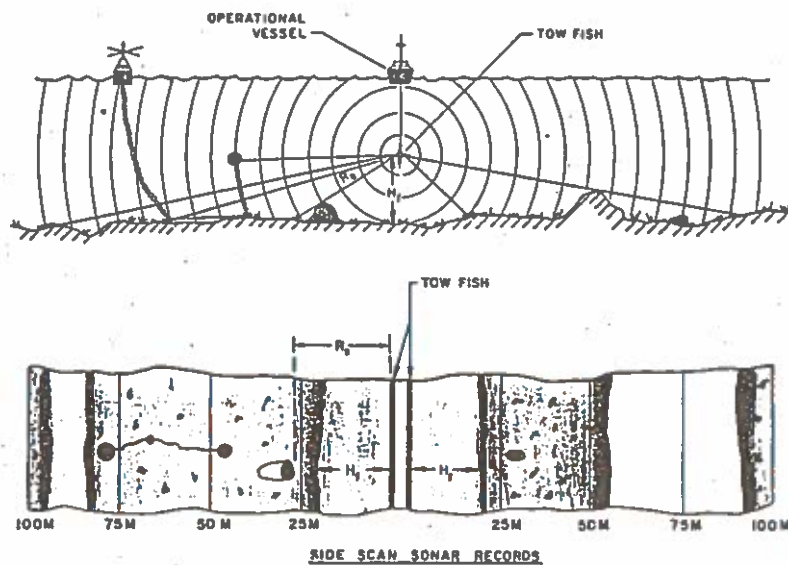
Sidesøgende sonar

Havbundens natur og eventuelle forhindringer konstateres ved hjælp af sidesøgende sonar.

Fra en "fisk", der slæbes efter skibet udsendes akustiske signaler (100 kHz) i 60° stråler til hver side. Disse signaler reflekteres fra havbunden samt genstande på denne, modtages i fisken og transmitteres til en to-kanals registreringsenhed på skibet.

Der dækkes et ca. 200 meters bredt felt.

Resultatet bliver et skyggebillede af havbunden med mulighed for at bedømme jordart, sten/grus, sandbølger, vrage etc.



Typical Side Scan Sonar Record Illustrating How Acoustic Pulses from the Side Scan Tow Fish are Converted into Side Scan Recordings.

Refleksionsseismik

Den seismiske profilering udføres med to sæt seismisk udstyr parallelt, nemlig Pinger og Boomer.

Herved opnås mulighed for uafhængig optimering af systemerne samt at opfylde krav til såvel opløsnings- som nedtrængningsevne.

Pingersystemet har større opløsningsevne og mindre nedtrængningsevne end boomerens. Dette opnås med forskellige registreringshastigheder, frekvenser og udsendt energi.

Nedtrængningsdybden i fast sand er for Pingeren ca. 3-5 m og for Boomerens ca. 10 m.

Pingerens transducer er anbragt i en hydrodynamisk stabiliseret fisk, og modtager og recorder findes i skibets kontrolrum. Boomerens lyd giver og hydrofon slæbes ligeledes efter fartøjet. Signalet passerer bl.a. et swellfilter, der filtrerer de forstyrrelser fra, som bølgebevægelser introducerer.

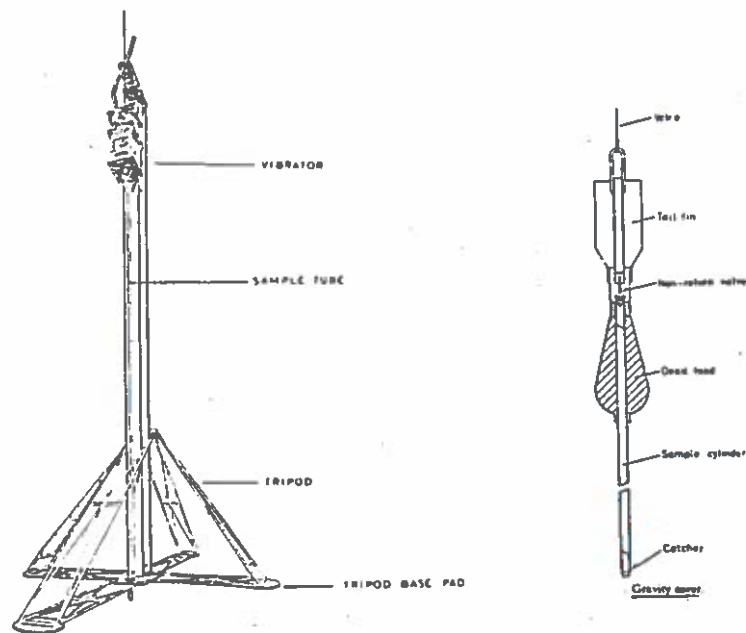
Resultaterne udskrives på papirstrimmel sammen med positionsdata samt lagres på tape.

II.3 Prøveoptagning

På lokaliteter udvalgt efter den geofysiske profilering optages prøver af de øvre lag til maksimalt 6 meters dybde under havbunden.

Vibracorer

Vibracoreren er en enhed, der nedsænkes på havbunden fra et med 3 - 4 ankre fastholdt skib. Den er ved hjælp af en vibrator i stand til at nedføre et ca. 6 m langt stålør i havbunden. I stålørret er indlagt en PVC foring, hvori prøven opsamles. Prøven fastholdes i røret ved hjælp af en kernefanger i skoen. Vibration og tryk i prøverøret styres fra skibet, og vanddybde, nedtrængning og nedtrængningshastighed registreres om bord. Prøverne udtages i PVC røret og forsegles for senere laboratorieundersøgelser. Prøverne er naturligvis ikke intakte, men ofte af en glimrende kvalitet.



VIBRACORE SAMPLER

Faldprøveoptager

Til nøjere kortlægning af de allerøverste jordlag (~ 1.5 m) anvendes den mere enkle faldprøveoptager, der kan benyttes uden opankring af skibet.

Den består af en tung prøveoptager med styrefinner og et ca. 1.5 m prøverør. Prøveoptageren udløses i en vis højde over havbunden, afhængig af bundforholdene, og prøverøret trænger ned i havbunden. Prøverøret forsegles for transport til laboratoriet.

Udover ovennævnte er udtaget prøver ved hydraulisk nedpresning af tyndvæggede stålør med den såkaldte Stingray, der omtales i det følgende.

II.3 Insitu forsøg

I et særligt kritisk område - den inderste halvdel af Nord-søledningen - blev udført insitu styrkemålinger samt prøveudtagning for sikker kalibrering af resultaterne.

Det anvendte udstyr, "Stingray", er i stand til at bore, tage prøver, udføre CPT- og pladebelastningsforsøg.

Stingray'en nedsættes på havbunden fra et opankret, specialbygget fartøj, fjernbetjenes fra overfladen, og udstyr nedføres og optages ved hjælp af et wire-system.

CPT-forsøg (Cone Penetration Test)

En konus med 10 cm², 60° spids nedpresses i havbunden. Kraften på konus og en friktionsmanchet måles ved hjælp af indbyggede strain gauges og registreres kontinuert på en skriver på skibet.

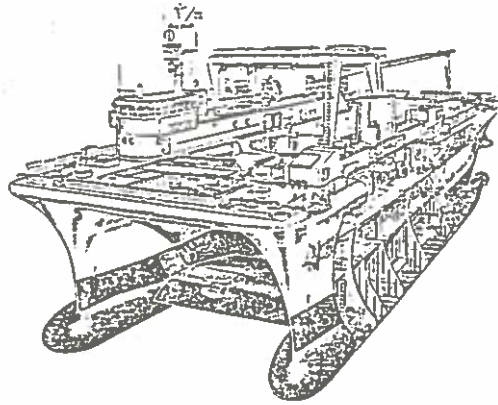
Styrkeparametre som friktionsvinkel for sand og udrænet forskydningsstyrke for ler kan herefter (tilbage-)beregnes i princippet ud fra spidsbæreevnen af en pæl.

Pladebelastnings-forsøg

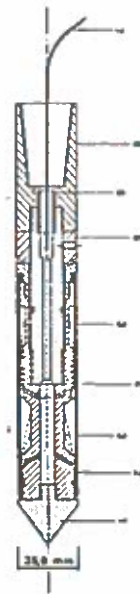
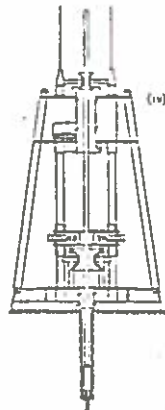
Da CPT-forsøg i de allerøverste lag er vanskelige at tolke, og da styrkeparametrene netop her er vigtige for projektet, suppleredes med pladebelastningsforsøg.

En ø 20 cm plade presses ned i havbunden, og sammenhængen mellem kraft og deformation måles. Herefter kan jordens

styrkeparametre beregnes ud fra bæreevneformler for et fundament.



Stingray Operation



- 1 Conical point (10cm²)
- 2 Lead coil
- 3 Strain gages
- 4 Friction sleeve
- 5 Adjustment ring
- 6 Waterproof bushing
- 7 Cable
- 8 Connection with rods

II.4 Laboratorieforsøg.

Samtlige optagne prøver er behandlet på Geoteknisk Instituts laboratorier. Den geologiske beskrivelse og klassificering blev støttet af et antal foraminife-analyser.

Da forholdene til søs og i særdeleshed i Nordsøen endnu ikke er belyst i samme grad som på landjorden i Danmark, er klassifikation af jordarterne særdeles vigtig. Ud over "normale" klassifikationsforsøg, som vandindholdsbestemmelse, sigteanalyser og plasticitetgrænse-bestemmelser har også konsoliderings- og triaksialforsøg stor betydning i fastlæggelsen af jordarternes generelle egenskaber og historie, selvom de herved bestemte parametre ikke alle indgår direkte i projekteringen.

Af styrkebestemmelser kan nævnes systematisk laboratorievinge-målinger og et bredt spektrum af avancerede triaksialforsøg.

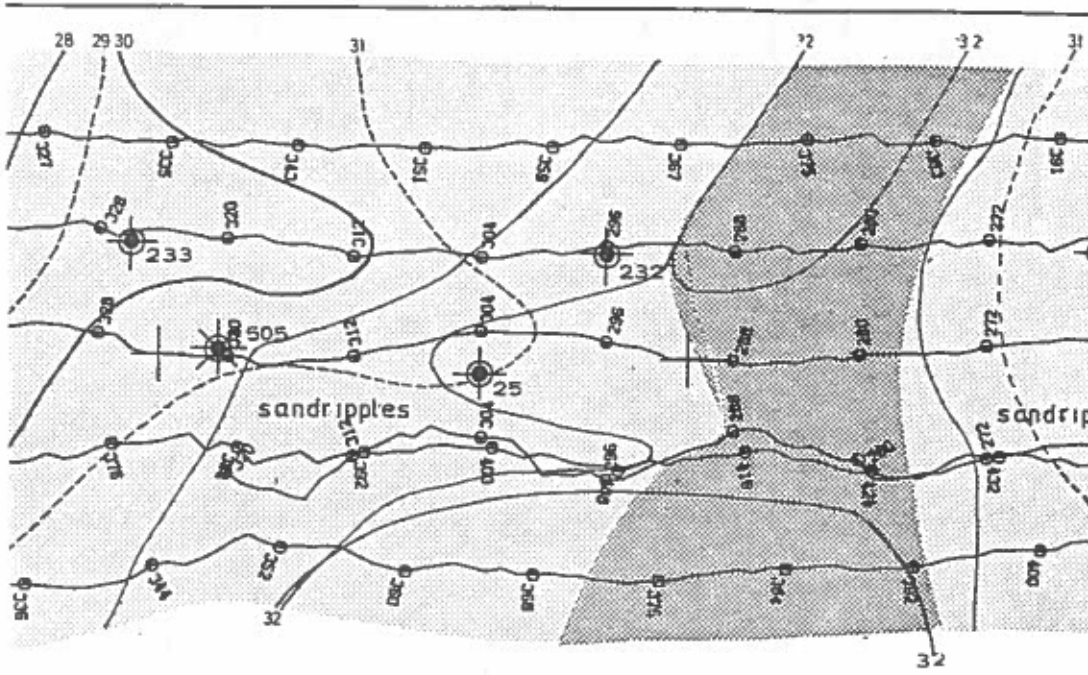
Specielt gælder for dette projekt, at der er tale om et meget lavt spændingsniveau, og da friktionsvinklen bl.a. er spændingsafhængig, har laboratorieprogrammet været tilpasset dette specielle behov.

III RESULTATEKSEMPLER

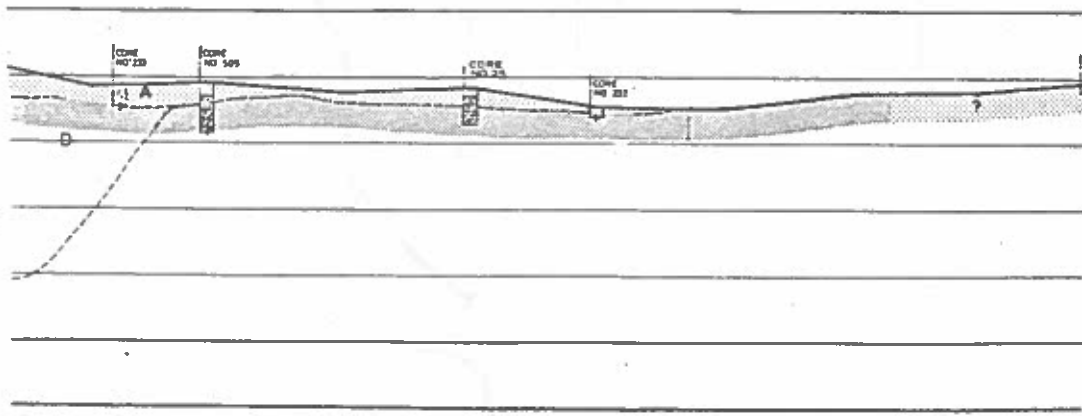
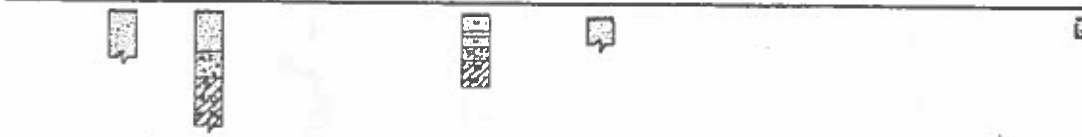
Resultaterne illustreres af nedenstående figurer, der viser henholdsvis et boreprofil, udsnit af liniesektion og udsnit af oversigtsprofil - alt fra Nordsøen.

København, 17/11, 1980

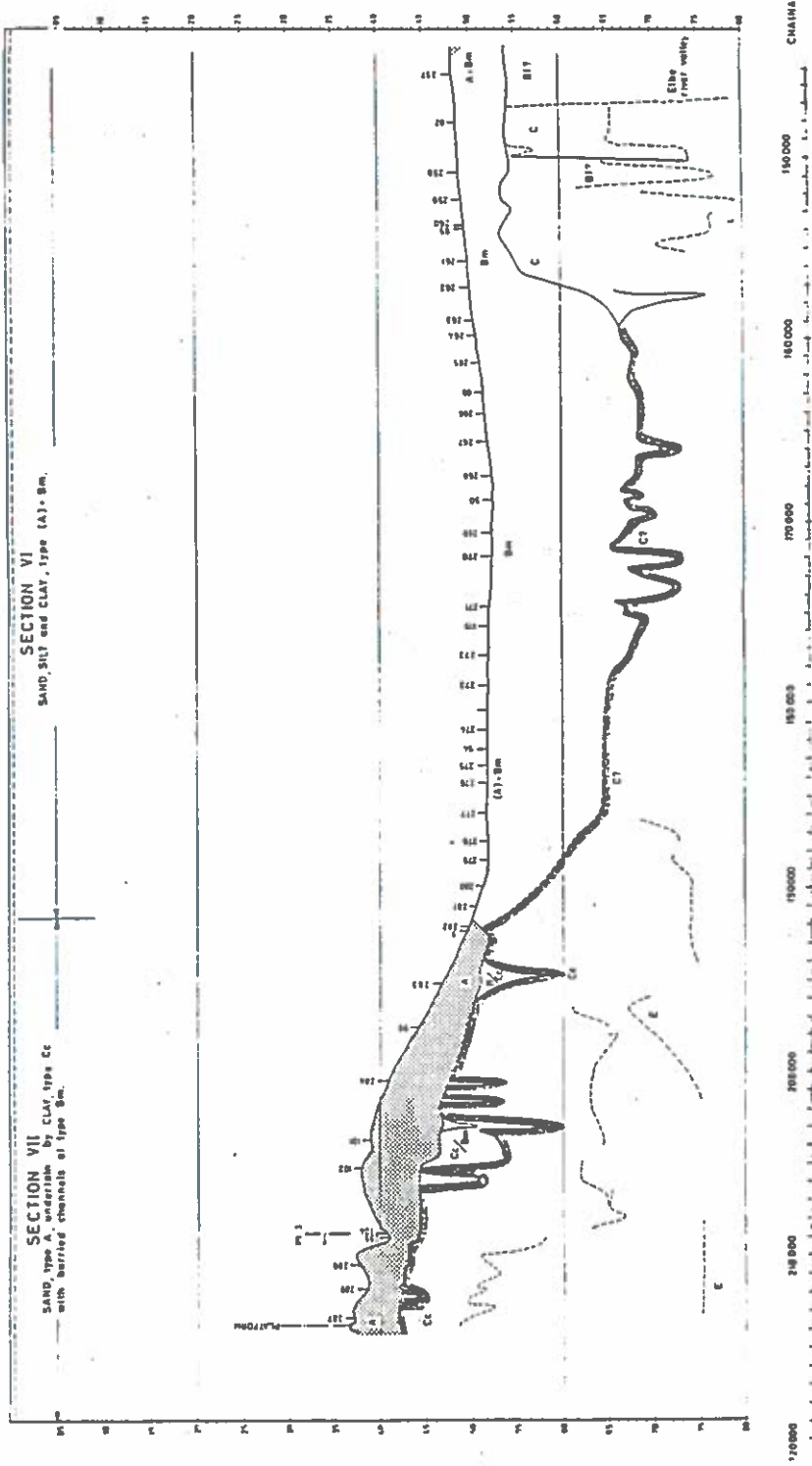
J. Kammer Mortensen



PLAN



PROFIL



SCALE: HORIZONTAL 1:200 000
VERTICAL 1:400

LEGEND:

- SEABED WITH POSITION OF SOIL SAMPLING
- SEISMIC REFLECTORS
- A SAND, MARINE, POSTGLACIAL
- B₁ LAYERED CLAYS, SILTS AND SANDS, SHALLOW MARINE POSTGLACIAL
- B₂ PEAT AND OTHER ORGANIC LIMNIC POSTGLACIAL
- C₁ FLUVIDGLACIAL SANDS OR COVER SANDS (WEICHEL)
- UPPER BOUNDARY OF TYPE C₁ CLAY
- C₂ FLUVIDGLACIAL CLAY (WEICHEL)
- UPPER BOUNDARY OF TYPE D CLAY
- D MORaine CLAY (SAALE)
- E QUATERNARY MARINE SANDS (EEM OR OLDER)

Drawn	Revised	Checked	Approved	Date
				80-11-06
Danish Geotechnical Institute Ing. Mogens Perregaard, Tel. no. 47230 DK-2800 Lyngby, Denmark, Phone no. 45788444				
SOIL CONDITIONS SUMMARY PROFILE				
Job No. K80013 PIPELINE NORTH SEA				
Scale 1:200 000 / 1:400 Enclosure No. 103				

PÅVIRKNINGER OG STABILITET

**Helge Gravesen
Rambøll & Hannemann**

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary data collection techniques. The primary data was gathered through direct observation and interviews, while secondary data was obtained from existing reports and databases.

The third section details the statistical analysis performed on the collected data. This involves the use of descriptive statistics to summarize the data and inferential statistics to test hypotheses. The results of these analyses are presented in a clear and concise manner, highlighting the key findings of the study.

Finally, the document concludes with a discussion of the implications of the findings. It suggests that the results have significant implications for the field of study and provides recommendations for further research. The author also acknowledges the limitations of the study and offers suggestions for how these can be addressed in future work.

PIPELINE DESIGN

Pipeline design involves usually the aspects shown in the table below.

1.	<u>Gas Flow Capability</u> Capacity Pressures Temperatures Linepack Volume Pipeline Operation during Upset Condition
2	<u>Prevention of Internal Corrosion during Operation</u> Line Pipe Metallurgy Hardness Control Injection of Corrosion Inhibitors
3	<u>Pipeline Wall Thickness Design</u> Hoop Stress Buckle Propagation Laystresses during Installation Trenching and Burial Stresses Residual Strain
4	<u>Line Pipe Characteristics</u>
5	<u>External Corrosion Protection</u> Corrosion Coating Cathodic Protection
6	<u>Concrete Weight Coating</u> Concrete Coating Characteristics Field Joint Coating Mechanical Protection of Subsea Valve Assemblies
7	<u>Pipeline Stability</u> Horizontal Stability Vertical Stability Required Pipeline Density and Concrete Coating Thickness
8	<u>Pipeline Spanning</u> Permissible Spanning Lengths
9	<u>Subsea Valve Design</u>
10	<u>Platform Tie-in and Expansion Offset Requirements</u>

In the following is given a discussion on

1. Pipeline wall thickness design
2. Horizontal stability
3. Vertical stability
4. Natural backfill, scour, changes in sea bed
5. Pipeline spanning

1. PIPELINE WALL THICKNESS DESIGN

The pipeline wall thickness and grade are selected such as to provide resistance to stresses incurred during operation and installation of the pipeline.

1.1 Hoop Stress

The primary design requirement of the pipeline wall thickness is that when operating at the design maximum internal pressure, hoop stresses produced in the pipe wall do not exceed the acceptable level for the class location through which the pipe passes. The class locations as defined in the ASME Guide for Gas Transmission and Distribution Systems stipulate offshore pipelines as class 1 location.

The formula for evaluating the pipeline wall thickness, according to the ASME Guide for Gas Transmission and Distribution Piping System with the Danish supplement is: -

$$P = \frac{2 St}{D} (F) X (E) X (T)$$

P = Pressure difference across pipewall
= (139-1) bars = 138×10^5 Pa

S = Specified minimum yield strength = SMYS
chosen to 413.7 MPa

D = Nominal outside diameter
= 0.762 m

t = Nominal pipe wall thickness (m)

F = Design factor
= 0.72 for class one locations

E = Longitudinal joint factor
= 1.0 for API-5LX specified pipe

T = Temperature derating factor
= 1.0 for gas temperatures less than 120°C

The Danish Supplement to the ASME Guide requires a correction factor for any negative tolerance on the pipe wall thickness.

By considering a negative wall tolerance of 5% the nominal wall thickness is established at

$$t = 18.7 \text{ mm}$$

1.2 Buckle Propagation

If the external water pressure on a pipe is sufficiently high then a buckle, formed perhaps by excessive bending during laying, may propagate at high speed along the pipeline so that a long length of pipe is collapsed and permanently damaged. A simple formula is presented in the DnV rules for calculating the buckle propagation pressure. This has been utilized to check the susceptibility of the pipeline as sized, to buckle propagation.

From the DnV Rules section B2.2.2

$$P_{pr} = 1.15 \pi \sigma_y \left[\frac{t}{D - t} \right]^2$$

where P_{pr} is the propagating buckle pressure and σ_y is the SMYS.

Substituting the relevant values of σ_y , t , and D in the equation gives

$$P_{pr} = 10.4 \text{ Bar}$$

The maximum external pressure along the pipe route in the North Sea occurs in 53 m of water, where the external hydrostatic pressure is 5.3 Bar.

Consequently there is no risk for occurrence of a propagating buckle, and therefore no need for the use of buckle arrestors on the pipeline.

1.3 Laystresses during Installation

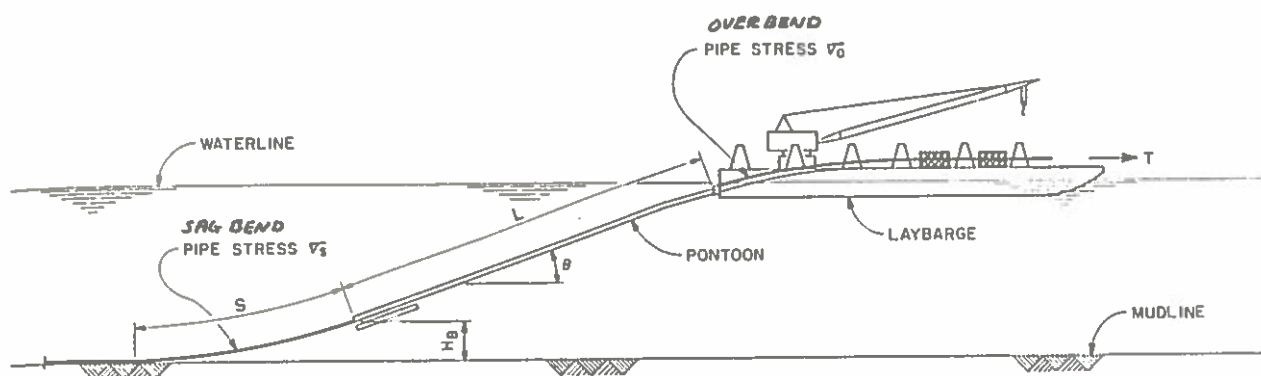
During the laying of marine pipelines, there are basically two possibilities for causing damage to the pipe steel section:

- Excessive yielding of the pipe wall primarily due to high curvature.
- Buckling instability due to combined axial forces, external pressure and bending.

Limiting criteria for both the above noted conditions are given in the DnV rules. These criteria, based on an evaluation of stresses rather than a direct consideration of residual strain, have been used as the basis for the laystress study.

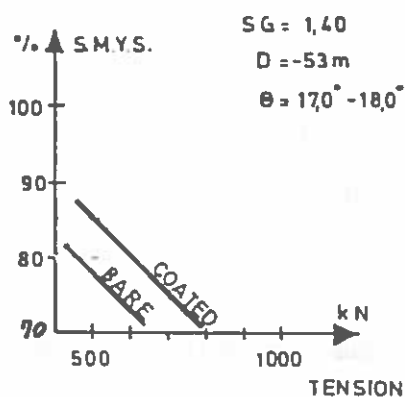
The analysis of forces and displacements imposed on the pipeline during laying is a large deflection problem, and hence non-linear.

Therefore a specialised finite element computer programme was utilized to investigate the stresses induced in the pipe during laying. The analysis considered only the static forces and displacements of the pipe.



1. Fig. 1. Laybarge with hinged Stinger

An example of the results of the static laystress analysis for the pipe with wall thickness as sized by the hoop stress considerations and with a preliminary estimate of the required coating is shown below.



1. Fig. 2

STRESSES INDUCED IN 413.7MPa-0,762m x
0,019m PIPE VERSUS TENSION
REQUIREMENTS DURING LAYING BY A
CONVENTIONAL BARGE

It must be noted that the actual laystresses will vary with the equipment of the individual contractor due to the wide differences in design of laybarge, equipment, type of stinger, etc.

The stiffening effects of the concrete weight coating have been investigated and the results are shown in 1. Fig. 2 along with the traditionally derived results using the bare pipe stiffness for the calculation.

The general experience with concrete coated pipes during laying has shown that circumferential cracks open in the concrete coating at a spacing of approximately one pipe diameter as the pipe passes through the overbend. As the pipe passes through the suspended freespan (sagbend) the stiffness contributed by the concrete coating to the total pipe stiffness is very much reduced.

The accepted practice when considering the sagbend laystress analysis is to treat the combined concrete and steel section as having the stiffness properties of the steel alone. The overbend region of the pipe (on the laybarge and stinger)

where the cracks are developing may be conservatively assumed to have the section properties of concrete and pipe, hence the stress intensification at field joints is to be accounted for in the selection of laybarge roller locations which control the shape of the overbend.

The curve for the coated pipe presented in 1. Fig. 2 is presented for completeness. The lower curve, based on the bare pipe stiffness, is the estimate for the laystress values in the sag bend.

1.4 Buckling during laying

The yielding criterion for the North Sea Pipeline is the limiting condition, that is to say excessive yielding will occur in the pipe wall before a buckling instability of the pipe section.

This may be illustrated using the new results from Fabian (1980):

$$D = 0.76 \text{ m}$$

$$t = 18.7 \text{ mm}$$

$$E = 2.05 \cdot 10^{11} \text{ Nm}^2$$

$$P_{\text{ext}} \sim 50 \text{ m water during laying}$$

$$\text{SMYS} = 413.7 \text{ MPa}$$

$$M_{\text{buckl}} = 1.15 M(\sigma_{\text{max}} = \text{SMYS})$$

$$\text{Radius of curvature } \rho = 25 \text{ m}$$

1.5 Allowed Static Stress Level

The study of the dynamic lay stresses has demonstrated that the dynamic bending stresses in the sag bend primarily are due to propagation waves (with corresponding change in curvature) induced by the vertical motion of the lay vessels. Due to this the stresses are approximately proportional with the amplitude of motion.

The maximum vertical motion of a typical conventional barge

at the stinger attachment point has been estimated to ± 1.5 m. The corresponding dynamic increase in the static bending stresses in the sag bend for water depth of 28 m and 53 m and specific gravities of the pipeline of respectively 1.6 and 1.4 amount to up to 60% of the static stresses.

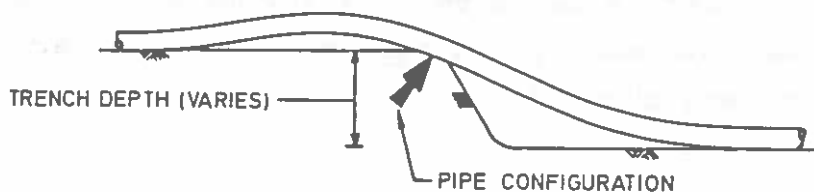
This corresponds to an equivalent static usage factor of 60% of SMYS.

With lower maximum allowed vessel motions the equivalent static usage factor is increased.

1.6 Trenching and Burial Stresses

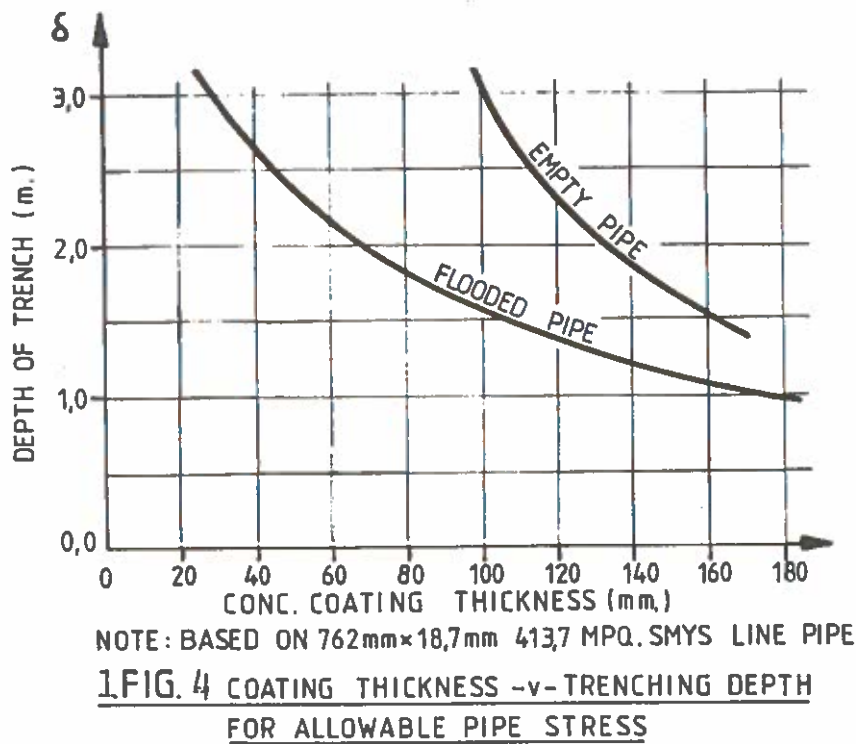
Computer simulation modelling has been utilized to analyse pipe stresses during trenching (1. Fig. 3).

The work has been based on the criteria that the maximum combined von Mises stress shall not exceed 80-85% S.M.Y.S.



5. FIG.3 PIPE CONFIGURATION DURING TRENCHING

1. Fig. 4 gives the preliminary relationship between coating thickness and maximum allowable trenching depth for the pipeline, when considering the soil to be very stiff. When trenching in softer soils the bending moment at the support will be somewhat reduced, allowing a deeper trenching depth per pass. However, a conservative assumption of a rigid support will be used.



The coating thickness and allowable trenching depths presented in 1 Fig. 4 is based on a 762 mm x 18.7 mm pipe with a 413.7 MPa minimum yield strength and will vary if these parameters are changed.

2. PIPELINE STABILITY

2.1 Design Situation

The pipeline is designed to remain stable on the sea bed or in the trench during its entire lifetime, i.e. for loading conditions occurring during installation as well as operation.

Loading conditions during installation depend considerably on the selected installation schedule and methods being applied, and therefore depend on the selected installation contractor's methods and equipment.

Loading conditions have been established based on allowable code limitations. Therefore, the stabilizing concrete coating has been designed to the following environmental loading conditions during installation:

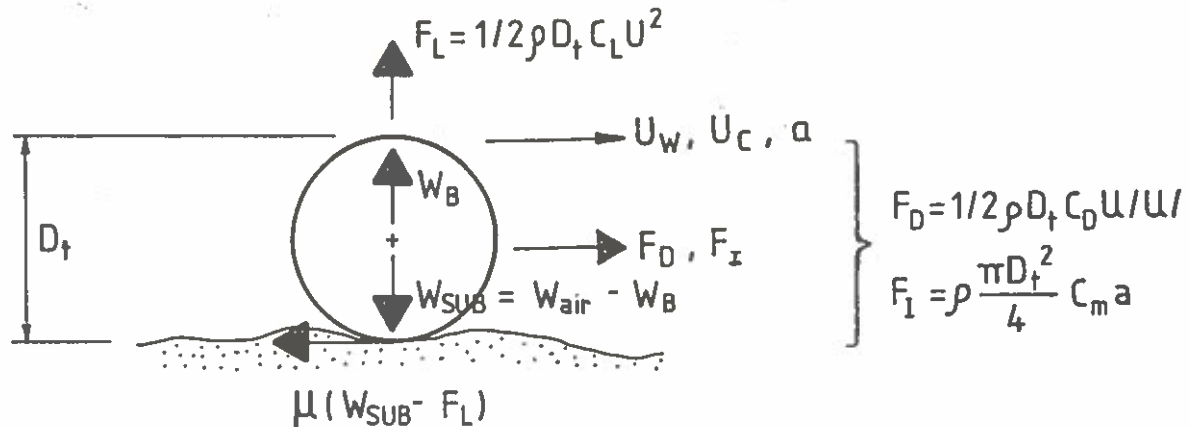
- pipeline empty on the seabed in the construction season April through October, loading condition one in one year storm.
- pipeline waterfilled on the seabed in the winter season November through March, loading condition one in five year storm.

Pipeline stability during operating conditions was also considered in the concrete weight coating design by providing stability for the following situation for the one in a hundred year storm loading condition:

- pipeline empty or gasfilled in open trench
- pipeline empty or gasfilled in partially backfilled trench

2.2 Horizontal Stability

The force diagram under wave and current loading is shown in 2 Fig. 1.



2. FIG.1 WAVE AND CURRENT FORCE DIAGRAM.

2.3 Hydrodynamic Forces

The hydrodynamic forces acting on the pipeline must satisfy the following condition:

$$\mu (W_{sub} - F_L) \geq f.s. (F_D + F_I)$$

where:

- W_{sub} = submerged weight of pipeline per unit length
- W_{air} = weight of pipeline in air per unit length
- W_B = Buoyancy force acting on the submerged pipeline per unit length
- f.s. = factor of safety
(see DS 415 or DNV rules)
- μ = coefficient of friction between pipeline and seabed
- F_D = the drag force normal to the axis of the pipe acting in the plane defined by the velocity vector and the pipe axis.
- C_D = the drag coefficient for flow normal to pipe axis
= 0.7 (0.7 - 1.2)
- D_t = total diameter of the pipe (including coating, marine growth etc.)

- ρ = mass density of seawater
 u = the liquid particle velocity normal to the pipe axis, at a distance D_t from the seabed
 $|u|$ = the absolute (positive) value of u
 F_L = the lift force acting normal to the axis of the pipe, and normal to the velocity vector
 C_L = lift coefficient for flow in the direction of F_D
 = 0.9 (0.9 - 1.5)
 F_I = the inertia force per unit length acting normal to the pipe axis
 C_m = the inertia coefficient
 = 3.3 (2.5 - 3.3)
 a = the liquid particle acceleration normal to the pipe axis

2.4 Design Velocities and Accelerations

There exists no agreed design practice for design velocities and accelerations. Usually maximum steady current, but lower velocities and accelerations than the maximum ones from waves are used. Because the environmental data have usually been obtained by hindcasting from historical storms, the wave induced velocity has most frequently been determined by

$$U_{\text{wave}} = \frac{\pi H_s}{T_s \sinh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$$

- where H_s = significant wave height
 T_s = significant wave period
 h = water depth
 L = wave length

This has lately been changed to the more consistent

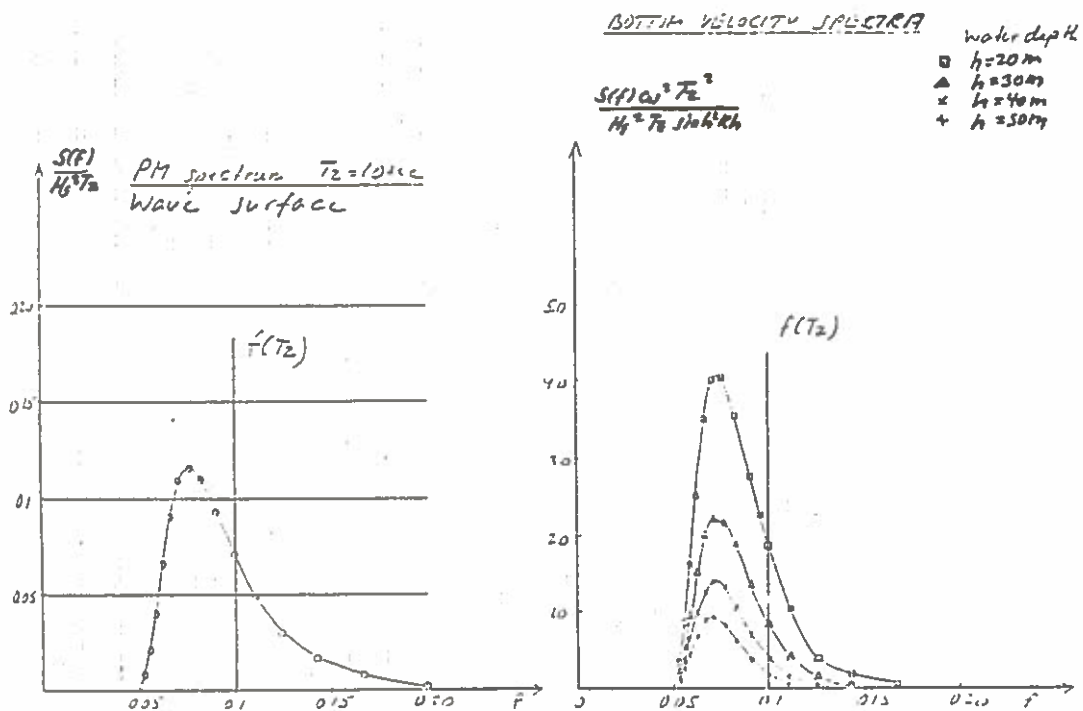
$$U_{\text{wave}} = U_{\text{significant, sea bed}} = U_s$$

which may be directly determined from the surface wave spectrum (see 2. Fig. 2) or by direct field recordings at the sea bed.

But design practice for the wave induced velocity varies between

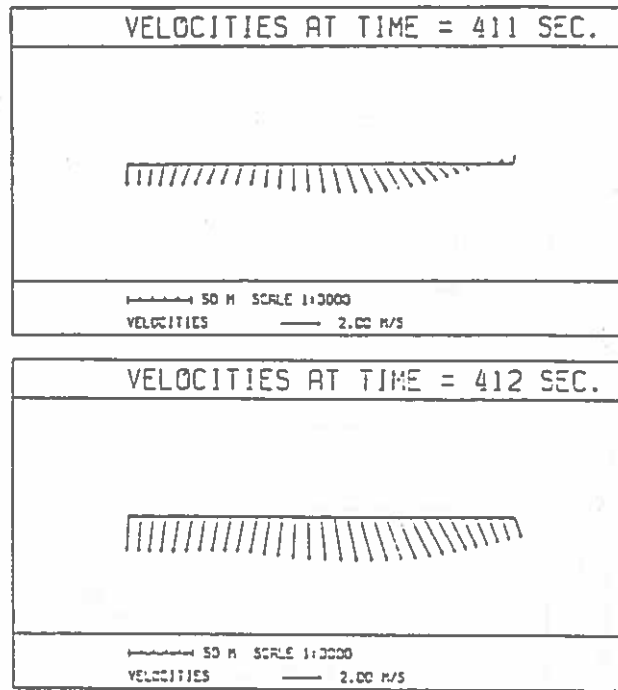
$$U_{\text{design, wave}} = 0.7 \text{ a } 1.4 U_s$$

This means that there exists an unknown safety or lack of safety in design of lateral stability.

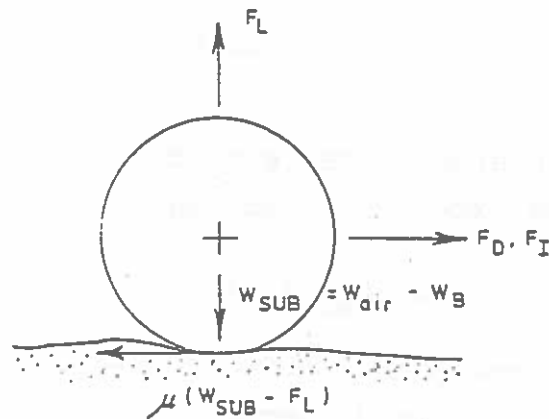


2. Fig. 2. Wave Spectra (PM)
Bottom Velocity Spectra

By utilizing the results from the 3-dimensional wave description it is possible to obtain a rational design of the stability of the pipeline by simulating the simultaneous wave-induced velocities and accelerations over greater lengths of pipe (2. Fig. 3). This gives a direct simulation of the stress situation in the pipe.



2. Fig. 3. Example of Simultaneous Velocities over 300 m pipe.



2. Fig. 4.

The excess force w' is defined by the equation

$$\frac{\mu}{f \cdot s} (W_{sub} - F_L) + w' = F_D + F_I$$

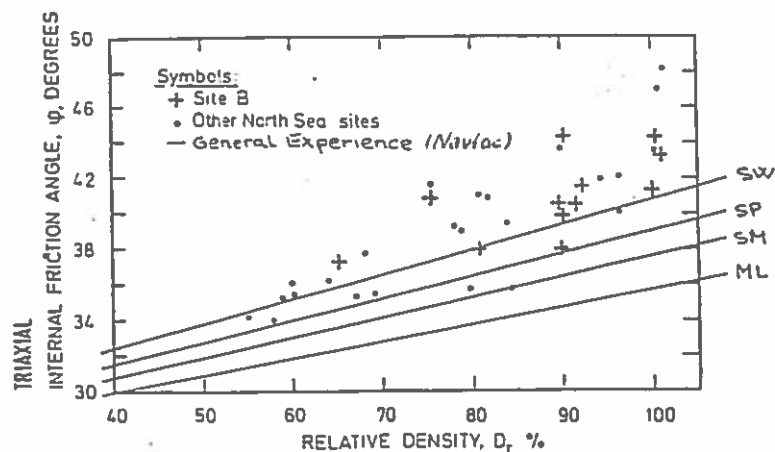
It describes how much the hydrodynamic forces exceed the friction forces (over a certain length), (see Gravesen and Nielsen (1981)).

With w' and the load length the induced stresses and deflections of the pipe may be determined.

2.5 Seabed Soils Friction Factors

Sand

The triaxial friction angle for typical North Sea sand relates to the relative density as shown on 2. Fig. 5 below.



2. Fig. 5.

Due to upwards pressure gradients the friction factor μ cannot be expected to exceed

$$\mu = \tan \phi_{pl} = \tan (1.1 \phi_{tr})$$

In-situ tests have provided the basis for determining the friction angle and thereby the friction factor. Design values for the North Sea pipeline are in the range from 0.6 to 0.8.

Soft Clay

Theoretically the lateral soil resistance for a pipe resting on clay, is

$$\mu = 0.4.$$

Nevertheless, several factors influence the soil resistance, such as pipe diameter and weight, soil strength, embedment, displacement, etc.

Based on available information it is concluded that it seems

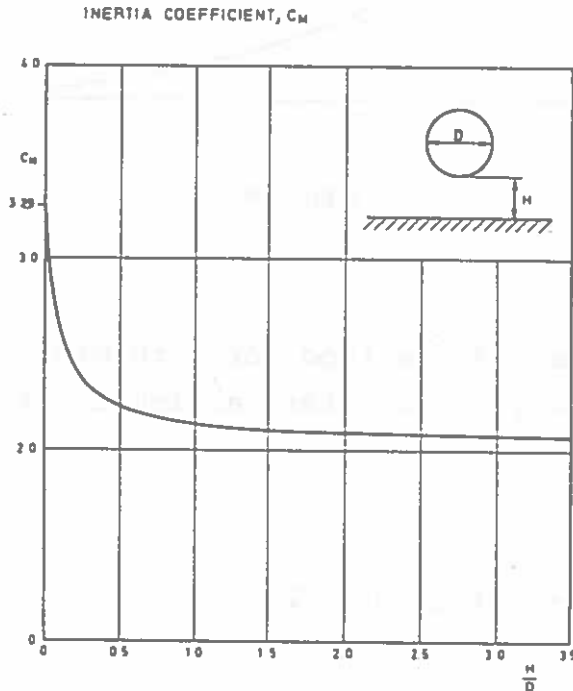
reasonable to apply the following friction factors:

$\mu = 0.2$ prior to hydrostatic testing

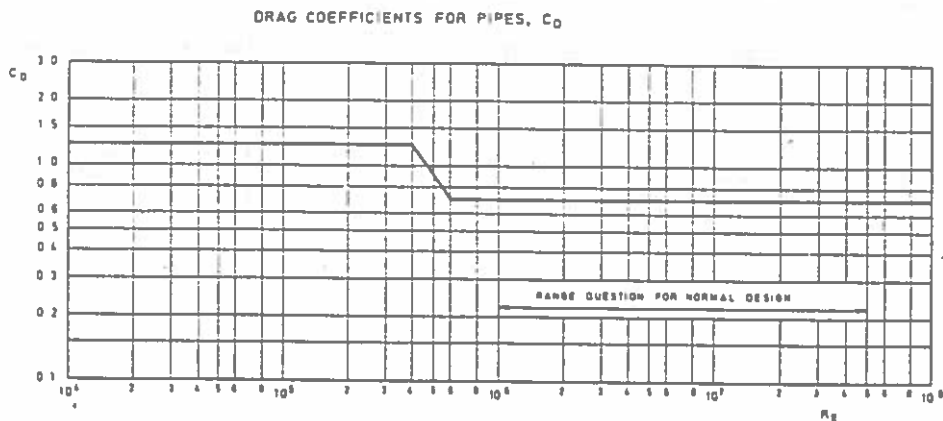
$\mu = 0.4$ during and after hydrostatic testing.

2.6 Hydrodynamic Coefficients

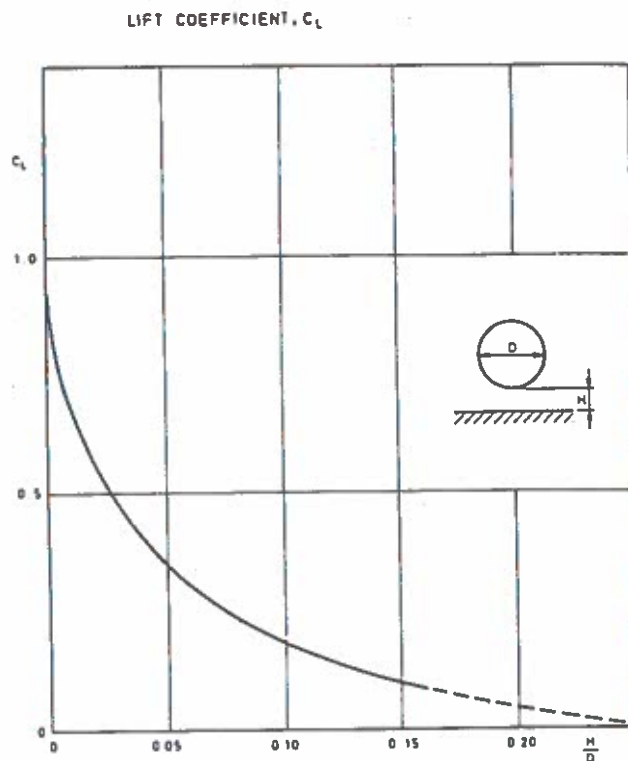
The hydrodynamic coefficient is usually chosen in accordance with DnV's rules. Later field tests and tests in oscillating water tunnels have shown specially increased drag coefficient (C_D) for smaller water excursion to pipe diameter ratios and for larger surface roughness.



2. Fig. 6.



2. Fig. 7.



2. Fig. 8.

2.7 Design Method

Below is presented a method for determining the required specific gravity. A computer version is usually used for design.

$$W_{\text{sub}} = \frac{\pi}{4} D_t^2 \left(\frac{\rho_t}{\rho} - 1 \right) \rho \cdot g$$

where

ρ_t = mean density of coated pipe

g = gravitational acceleration [= 9.81 m/sec²]

$$\mu \left[\frac{\pi}{4} D_t^2 \left(\frac{\rho_t}{\rho} - 1 \right) \rho g - \frac{1}{2} \rho D_t C_L u |u| \right] \geq \text{f.s.} \left[\frac{1}{2} \rho D_t C_D u |u| + \rho \frac{\pi D_t^2}{4} C_M \cdot a \right]$$

by assuming

$$u = u_w + u_c = u_w \cos \frac{2\pi}{T} t + u_c, \quad u_w + u_c = u_t$$

$$a = -\frac{2\pi}{T} u_w \sin \frac{2\pi}{T} t$$

where

u_w = maximum wave induced velocity

u_c = steady current velocity

T = characteristic wave period

$$\frac{\rho t}{\rho} - 1 \geq \frac{f.s.}{\mu} \left[\frac{u^2}{Dtg} \frac{2}{\pi} (C_D + \frac{\mu}{f.s.} C_L) + C_M \frac{a}{g} \right]$$

$$\frac{\rho t}{\rho} - 1 \geq \frac{f.s.}{\mu} \left[\frac{(u_w \cos \frac{2\pi}{T} t + u_c)^2}{Dtg} \frac{2}{\pi} (C_D + \frac{\mu}{f.s.} C_L) - C_M \frac{2\pi u_w}{T \cdot g} \sin \frac{2\pi}{T} t \right]$$

with

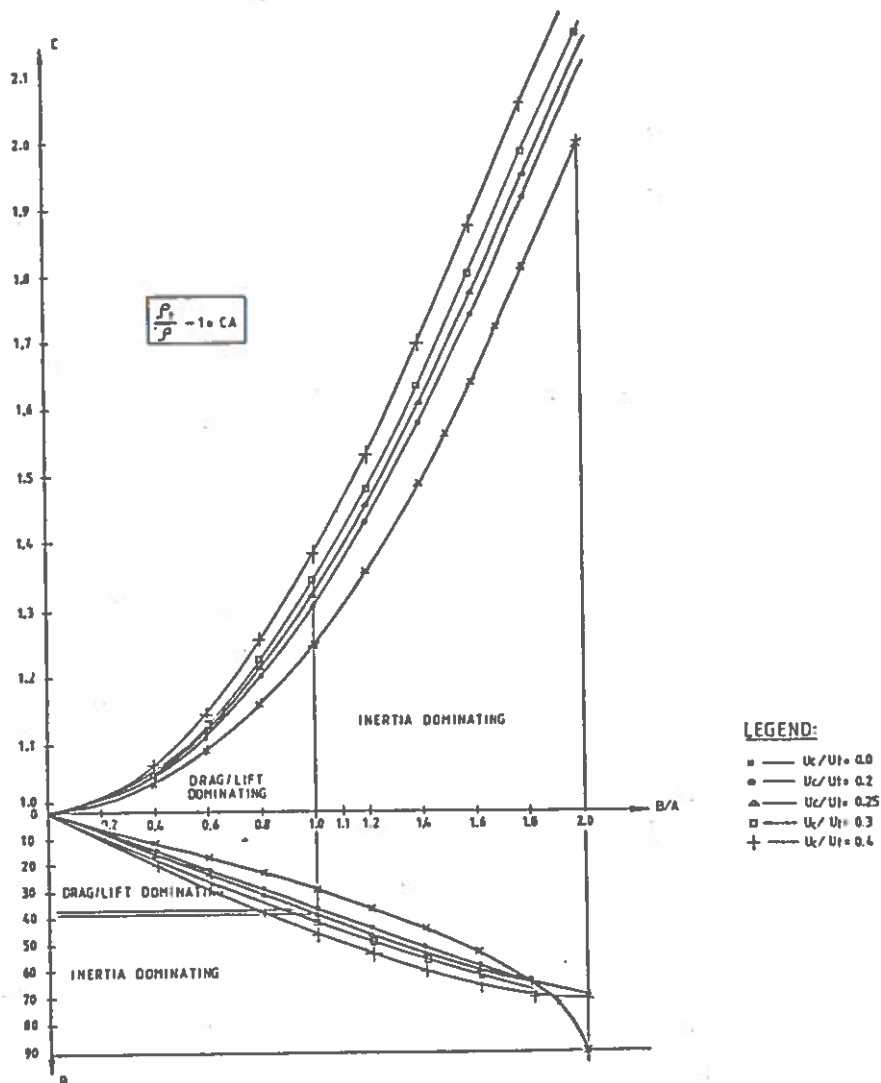
$$A = \frac{f.s.}{\mu} \frac{u_t^2}{Dtg} \frac{2}{\pi} (C_D + \frac{\mu}{f.s.} C_L) \quad \text{relative effect of drag and lift}$$

$$B = \frac{f.s.}{\mu} C_M \frac{2\pi u_w}{T g}, \quad \theta = -\frac{2\pi}{T} \quad \text{relative effect of inertia}$$

$$\frac{\rho t}{\rho} - 1 \geq \left\{ \begin{array}{l} C \cdot A; \quad C = \left(\frac{u_w}{u_t} \cos \theta_0 + \frac{u_c}{u_t} \right)^2 + \frac{B}{A} \sin \theta_0; \\ \sin \theta_0 = \frac{B}{2A} \frac{1}{\left(\frac{u_w}{u_t} + \frac{u_c}{u_t \cos \theta_0} \right) \frac{u_w}{u_t}} \\ B \quad \text{for } u_c = 0 \text{ and } \frac{B}{2A} \geq 1 \end{array} \right.$$

The factor C is shown on 2 fig. 9 for varying B/A and $\frac{u_c}{u_t}$ ratios.

By utilizing 2. Fig. 9 the required relative density of the pipe may be determined.



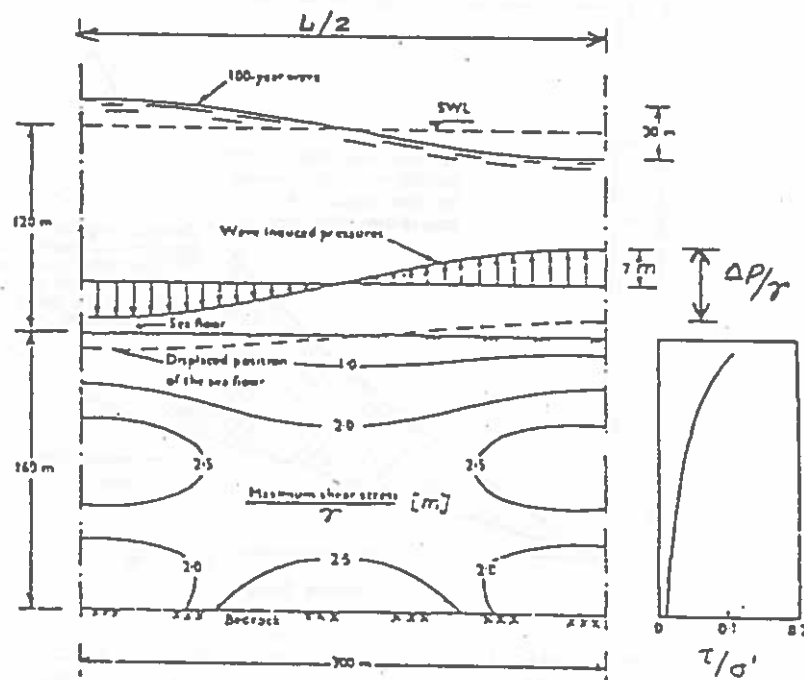
2. Fig. 9.

3. VERTICAL STABILITY

3.1 Liquefaction in Sand

Bjerrum (1974) illustrates the shear stresses induced in the seabed for typical North Sea conditions determined by a finite element calculation:

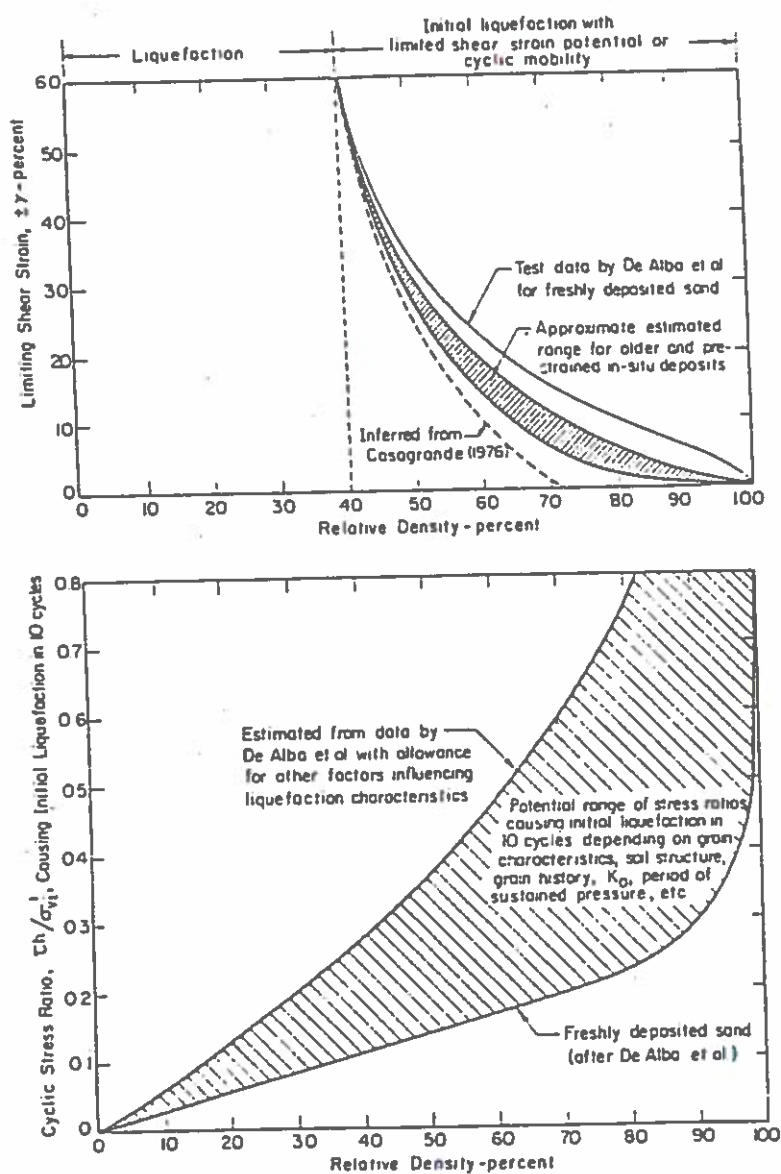
$$\text{At sea bed } \tau/\sigma' = i = \frac{H \pi}{L \cosh kh}$$



3. Fig. 1

Stresses and displacements in the soil below sea floor when a 30 m high wave passes the site.

Seed (1979) gives in 3. Fig. 2 the estimated range of liquefaction characteristics for in-situ deposits depending on grain characteristics, soil structure, grain history, etc.



3. Fig. 2.

Estimated range of liquefaction characteristics for in-situ deposits (from Seed (1979))

From Verruijt (1979) it follows that the pore stresses are reduced to one-tenth of their original value after a time lapse t_c such that

$$t_c \approx 7 \cdot l \cdot l' / c_v$$

Here c_v is Terzaghi's consolidation coefficient (m^2/s), l is the average drainage length (m), and l' is the volume of the soil divided by the area of the draining surface (m).

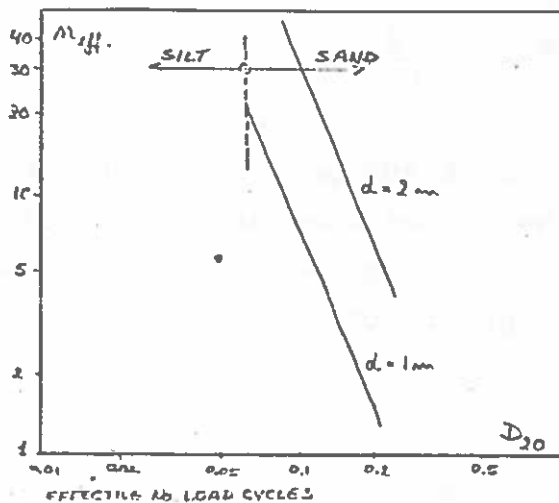
c_v is determined through

$$c_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma}$$

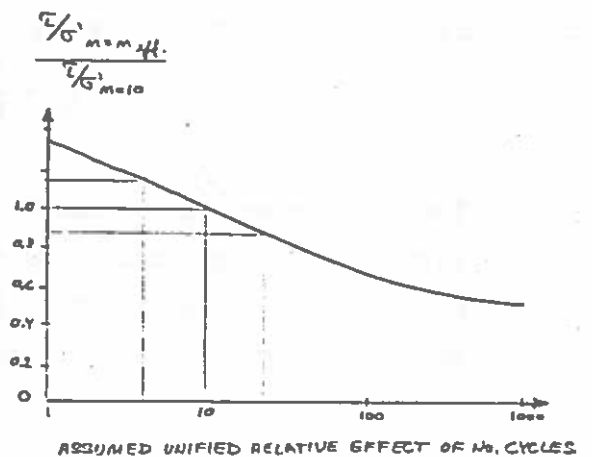
when k is the coefficient of permeability (m/s)
 m_v is the coefficient of volume compressibility (m^2/N) and
 γ is the unit weight of the water.

This time lapse may be used to determine the effective number of load cycles (3. Fig. 3).

Based on Seed (1979) the relative effect of the number of load cycles is estimated (3. Fig. 4).



3. Fig. 3.



3. Fig. 4

3.2 Example - Liquefaction of sand/silt in Surf Zone

The possibility of liquefaction in the shore approach area is briefly discussed below.

The analysis is based on the assumption, that for waves in the breaking zone typical values for significant wave height (H_s) and length are the following:

The analysis is based on the assumption, that for waves in the breaking zone typical values for significant wave height (H_s) and length are the following:

$$H_s \approx 0.5 \quad h \quad \text{and} \quad L/h \approx 10$$

yielding a pressure reduction coefficient of

$$\cosh kh = 1.20$$

The reference cyclic stress ratio can now be expressed

$$\begin{aligned} \tau/\sigma' \text{ (for } H=H_s \text{ at sea bed)} &= i = \frac{H \cdot \pi}{L \cdot \cosh kh} \\ &= \frac{0,5 \cdot h \cdot \pi}{10 \cdot h \cdot 1.20} = \underline{0.131} \end{aligned}$$

giving the actual stress ratio:

$$\tau/\sigma'_{n=\text{neff.}} = i_o \cdot \frac{H_{n=\text{neff}}}{H_s} \cdot \frac{P_d}{P_o}$$

Two different fine sands, giving a 20% pass by weight on the sieves 0.13 mm and 0.09 mm, have been analysed in burial depths of 1 m and 2 m. Both sets of parameters are assumed to be typical for the shore approach of the North Sea Pipeline.

Procedure for determination of the actual stress ratio is as follows:

- a) Determination of effective no. of load cycles,
3. Fig. 3.
- b) Ratio of design wave height H to significant wave height H_s , 3. Fig. 5.
- c) Pore pressure P_d at depth d relative to pressure at sea bed P_o , For $d \ll L$ $P_d \approx P_o$

By simple multiplication the actual stress ratios can be found, ref. 3. Table I.

The table indicates further more the maximum allowable stress ratio, as derived from 3. Fig. 6.

$$\frac{\tau/\sigma'_n = n_{eff.}}{\tau/\sigma'_n = 10}$$

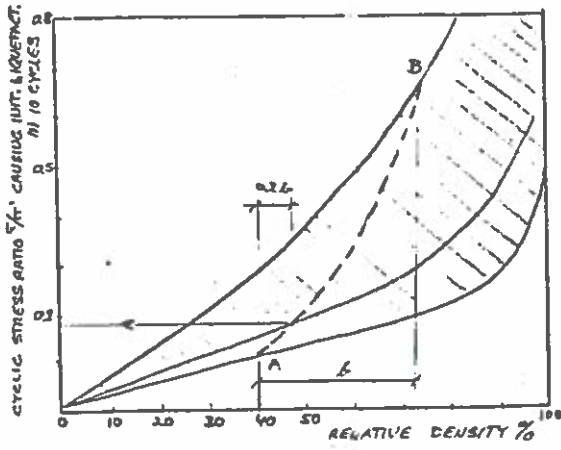
where the reference cyclic stress ratio $\tau/\sigma'_{n=10}=0.18$ can be extracted from 3. Fig. 4, assuming a fairly loose sedimentation only slightly more dense and resistant to liquefaction than freshly deposited sand.

D_{30} mm	COVER m	$m_{\frac{H}{H_E}}$	H/H_E	P_d/P_0	$\frac{\tau}{\sigma'_m = m_{\frac{H}{H_E}}}$	$\frac{\tau/\sigma'_m = m_{\frac{H}{H_E}}}{\tau/\sigma'_m = 10}$	$\frac{\tau}{\sigma'_m = m_{\frac{H}{H_E}}}$
0,13	1	4	1,1	1.0	0,144	1,14	2,21
2,13	2	16	1,0	1.0	0,131	3,43	2,17
0,09	1	9	1,0	1.0	0,131	1,02	2,12
2,09	2	36	1,0	1.0	0,131	2,81	2,15

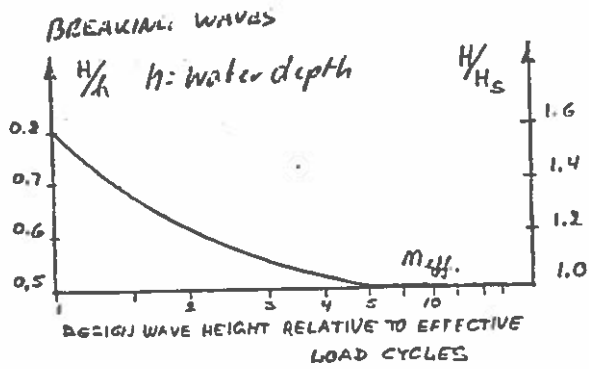
3. Table 1.

As can be seen from 3. Table 1: a) the allowable values of τ/σ' are not exceeded and b) the safety against liquefaction is decreased by increased cover to pipe and by decreased permeability.

It can altogether be concluded that the pipeline is not expected to be exposed to liquefaction problems after having been installed. A minor risk cannot be excluded as much is still unknown on liquefaction in sand/silt. Only a pipe with a specific gravity of approximately 1.9 is totally safe against liquefaction in sand/silt.



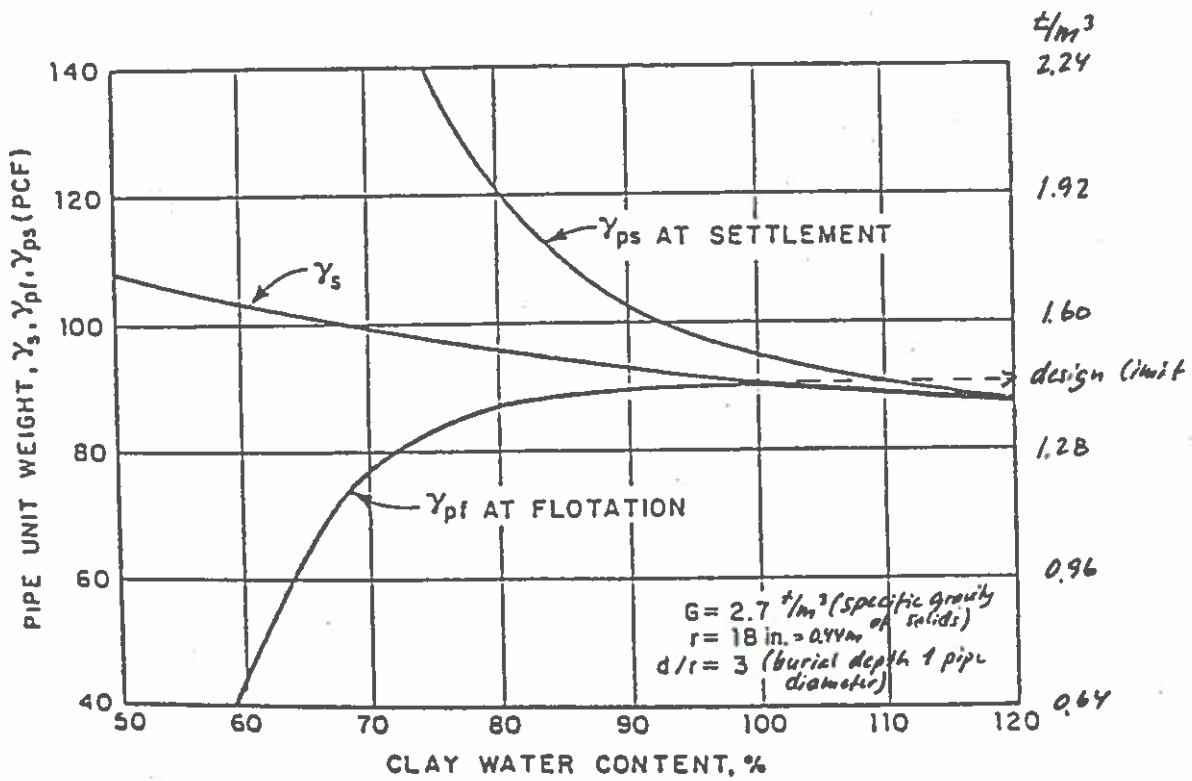
3. Fig. 5



3. Fig. 6.

3.3 Liquefaction of Clay

A comprehensive rational method for analysing the stability of pipes buried in weak cohesive sediment against floatation is given in Ghazzaly (1975).



3. Fig. 7. Theoretical relationship of pipe unit weight and clay water content (example)

NOU (1979) gives, on the basis of experiments of Bonar and Ghazzaly (1973), the following design criteria against floatation:

$$\gamma_p \geq \gamma_s - \left\{ \frac{2\sqrt{C}}{d} \right\} \text{ kN/m}^3$$

where C is shear strength of sea bed soil in kN/m^2 .

d is diameter of pipe in meters.

γ_p and γ_s are specific densities of respectively pipe and sea bed soil in kN/m^3 .

Typical values of loose sea bed soils is $C = 0.6-8 \text{ kN/m}^2$ and specific densities of $14.5-16 \text{ kN/m}^3$.

The below table gives typical values of minimum specific density of pipe which can be used for preliminary design.

Soil parameters	pipe diameter				
	0.3 m	0.6 m	0.8 m	1.0 m	
C = 0.4 kN/m^2	$\rho_b = 1.4$	-	1.18	1.24	1.27
	$\rho_b = 1.6$	1.23	1.38	1.44	1.48
C = 1.0 kN/m^2	$\rho_b = 1.4$	-	1.06	1.15	1.20
	$\rho_b = 1.6$	-	1.26	1.35	1.40
C = 2.0 kN/m^2	$\rho_b = 1.4$	-	-	1.04	1.11
	$\rho_b = 1.6$	-	1.12	1.24	1.31

3. Table 2. Minimum specific density of pipe.

Design Procedure: Atterberg Tests

Liquefaction limit found by extrapolation to 0.01 blow. Shear strength C and density ρ_s can be determined for different water content contents.

3.4 Wave Forcing on Pipe

The local forcing of the pipe due to seepage caused by wave pressure within the soil mass may also cause flotation of pipe with relatively small buoyancy.

Beneath the trough of a wave this force may be as large as 30% of the buoyant force due to the weight of water displaced.

An analysis of this problem is presented by MacPherson (1978) and Yamamoto (1977).

4. SCOUR AND DEPOSIT OF SEDIMENT

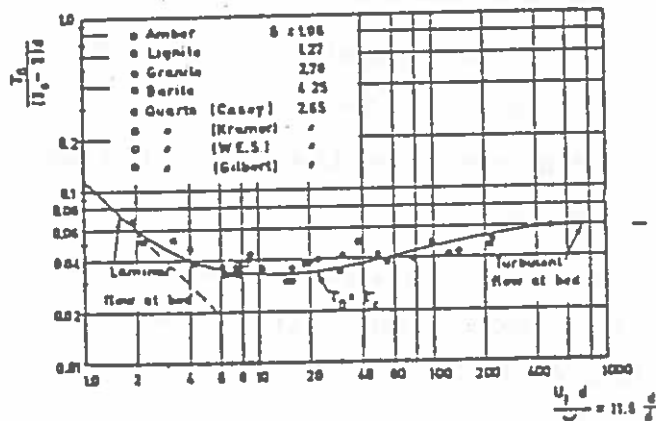
4.1 Introduction

Scour and deposit of sediment around the bottom-resting pipeline are processes which occur on the ocean floor.

Important mechanisms are bed load of sediment, suspended load of sediment, increased shear stress close to pipe, pressure differences between front and backside of pipe and influence of the trench itself.

Scale effects make it difficult to obtain quantitative results from model tests where more than one mechanism is important and interaction between different mechanisms occur.

The basis description of sand movement with the critical shear stress necessary to move the sediment is identified below:



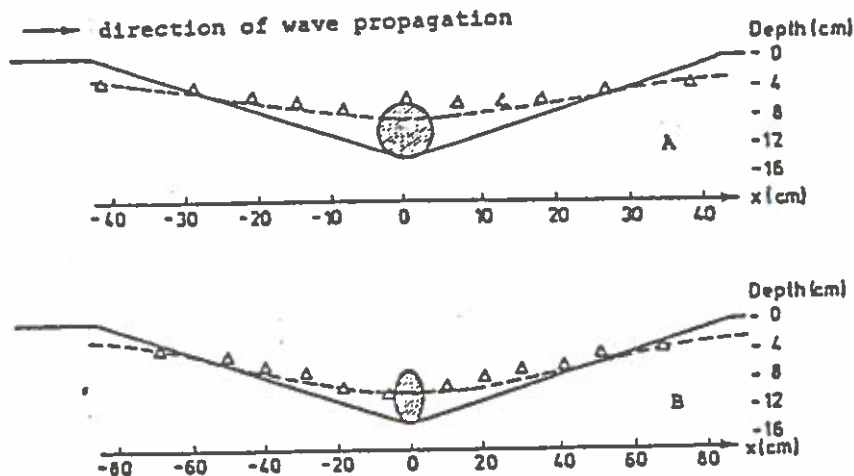
4. Fig. 1.

- Stability of sea bed soils.

4.2 Pipe in trench, expected natural backfilling

A rational approach to the general backfilling problem in relative deep water has been presented by Mortensen (1978). This work was followed up in an investigation presented by

Fredsøe (1978) which has shown that no scour is observed when the pipeline is placed in a trench with relative dimensions as shown below (e.g. is trenched in accordance to normal specifications).



4. Fig. 2 Measured (triangles) and calculated (dotted line) bed level after 20 minutes (run A) and 45 minutes (run B).

The experimental findings support further the idea that if no net current is present only bed-load resettles in the trench, even if the waves cross the trench at a certain angle.

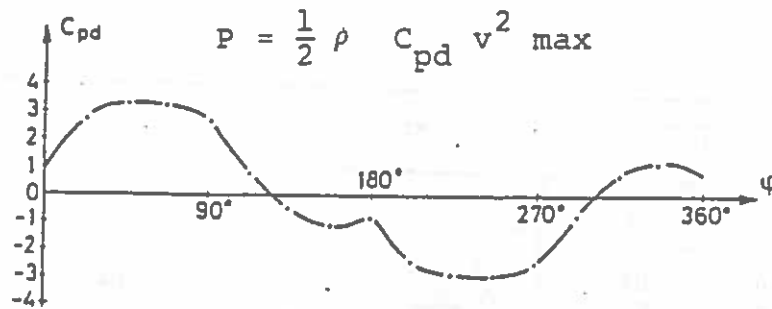
A preliminary estimate of the potential of the North Sea pipeline trench to backfill has been made.

This shows that the trenched pipeline generally may be expected to be naturally backfilled.

The basis for the evaluation of natural backfill is only valid in cohesionless soil. Experiences from the Ekofisk-Emden pipeline showed no effective backfill in areas with clay even if the clay was covered by 0.5 - 1.0 m sand/silt.

4.3 Pressure Difference in Waves

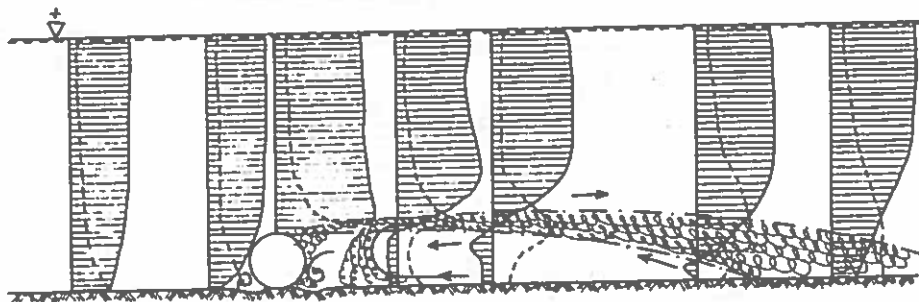
If the settlement is small there is a risk of erosion due to the pressure difference between the two sides of the pipe. The coefficient, C_{pd} , of this pressure difference has been plotted below in accordance with the formula



4. Fig. 3 Coefficient of pressure difference at bed between the two sides of the pipe (Lundgren (1976))

4.4 Scour with no Trench

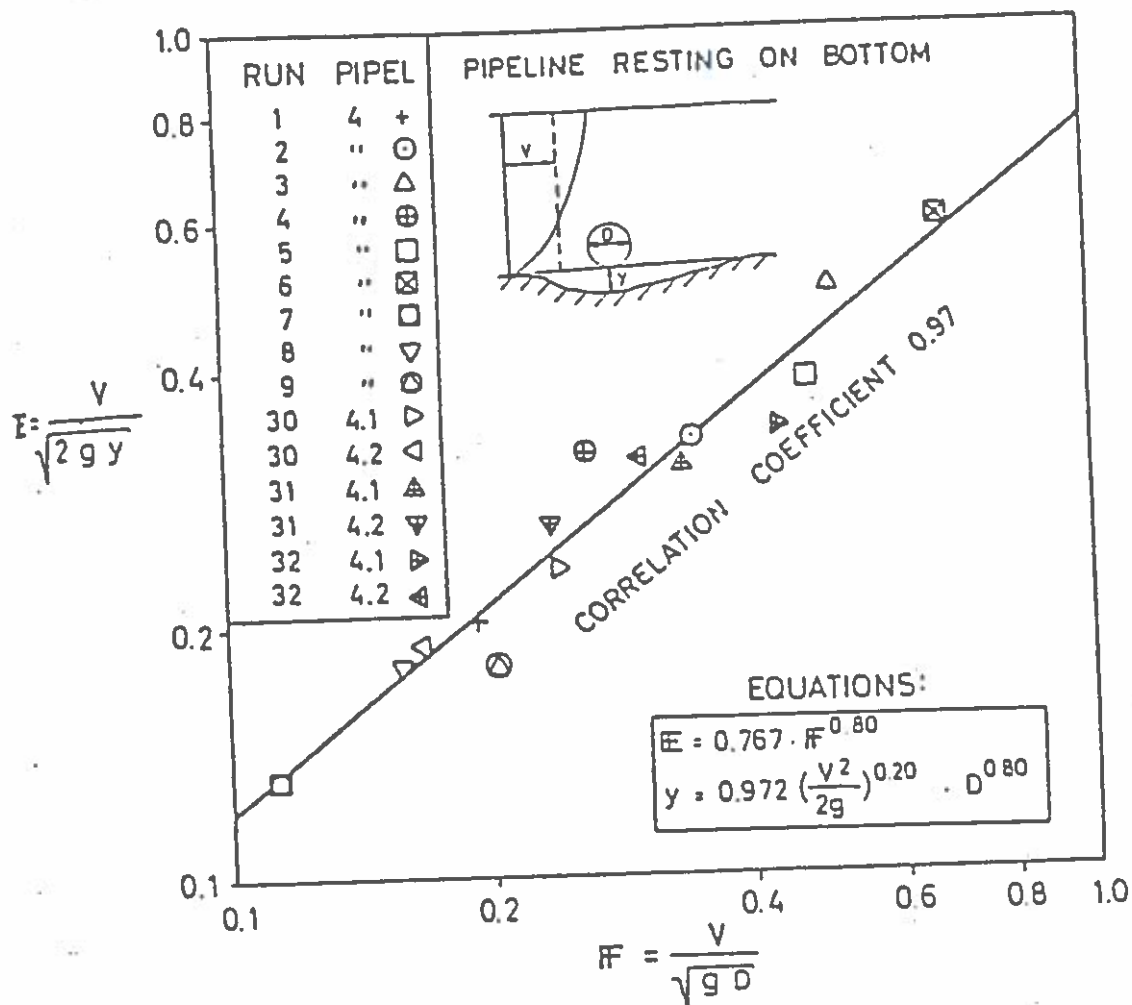
The basic hydrodynamics for the untrenched pipeline have been described by Hjort (1978). It is characteristic that the shear stress is not increased significantly due to the pipe as long as underscouring has not yet occurred; but both waves and current reduce the effective weight of the soil downstream due to seepage caused by the pressure difference induced.



4 Fig. 4 Velocity and eddy structure (Hjort (1975)).

Scouring which gives rise to a vertical displacement of an order of 2 times the pipe diameter was observed. The scour was non-uniformly distributed along the pipeline.

Brinkager (1974) presents an experimental model for the erosion depth with a current able to move the sediment for a pipe section in fixed position.



4 Fig. 6 (Brinkager (1974))

where

$$y \approx \left(\frac{v}{2g} \right)^{2 \cdot 1/5} D^{4/5}$$

v = Current Velocity
 D = Pipeline diameter

Other investigation of scour indicate that the local erosion for waves is not greater than for current.

4.5 Sea Bed Variations (Outside Shore Zone)

The North Sea pipeline does not cross areas, where sand waves like the ones experienced in the Southern North Sea are expected. Such waves may be generated by a certain minimum current and wave induced velocity. But the waves must not dominate the process of sediment movement as they tend to smooth out the current generated sand waves.

At the moment the soundings, which have been performed, are analysed to describe the sea bed undulations. This will form a basis for selection of the required trenching depth to assure the pipeline from being underscoured.

5. PIPELINE SPANNING

Pipeline spanning may occur during installation as a result of seabed irregularities that appear naturally or are developed during trenching. Pipeline spanning may also develop during the pipeline operation because of unexpected seabed fluctuations or erosion leading to underscouring of the pipeline.

5.1 Permissible Spanning Lengths

By its built-in strength, the pipeline is able to accommodate a free span of some length, depending on the loading condition considered.

Permissible spanning length has been established based on static forces due to submerged weight, gas or water contents and internal pressure as well as dynamic forces due to Vortex Shedding (in line and cross oscillation). 5. Table 1 gives the permissible span length for the different loading conditions.

During pipeline operation, regular inspection of the pipeline exterior will be performed and any spans thus detected will be repaired if they exceed set limits established in considerations of the permissible spanning lengths shown in 5. Table 1.

Loading Condition	Stress Limit	Typical Span Limit
Pipeline empty	$\sigma_e < 0.72 \sigma_{yield}$	82 m
Pipeline gas filled at 100 Bar pressure	$\sigma_e < 0.72 \sigma_{yield}$	80 m
Pipeline waterfilled at pressure test to 0.90 yield	$\sigma_e < \sigma_{yield}$	64 m
Pipeline waterfilled at 0 Bar pressure	$\sigma_e < 0.72 \sigma_{yield}$	62 m
<i>Overstressing cross oscillation</i> Fatigue loading, in-line oscillation, one year wave condition	$\sigma_e < 0.72 \sigma_{yield}$ fatigue criteria	29 m

5. TABLE 1 PERMISSIBLE SPANNING LENGTHS

- σ_e = permissible stress
- σ_x = longitudinal stress
- σ_y = hoop stress
- σ_{yield} = specified minimum yield stress \equiv SMYS
- $\Delta\sigma$ = maximum allowable stress range for the oscillating pipeline.

5.3 Stresses and Deflections in a Span

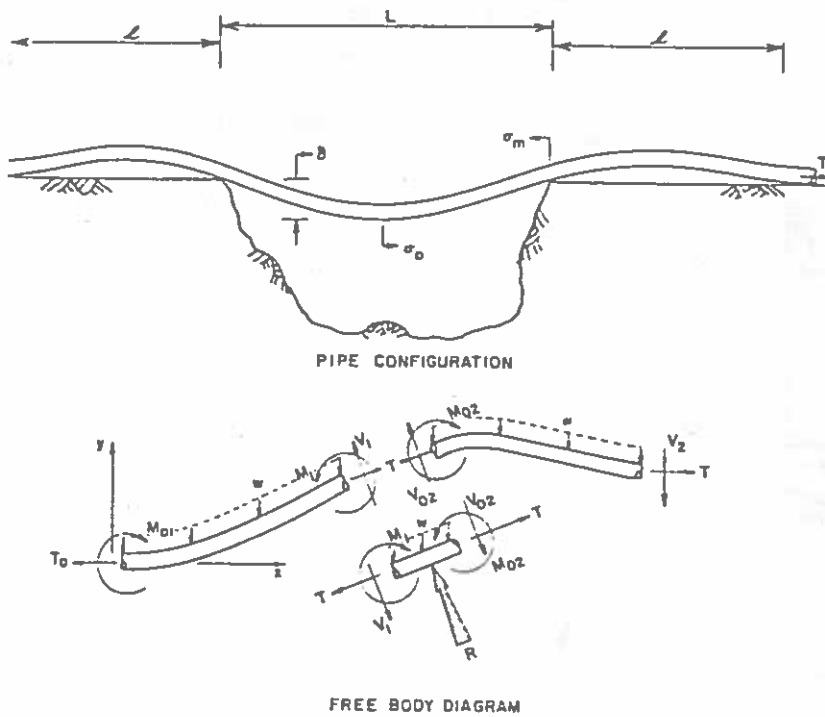
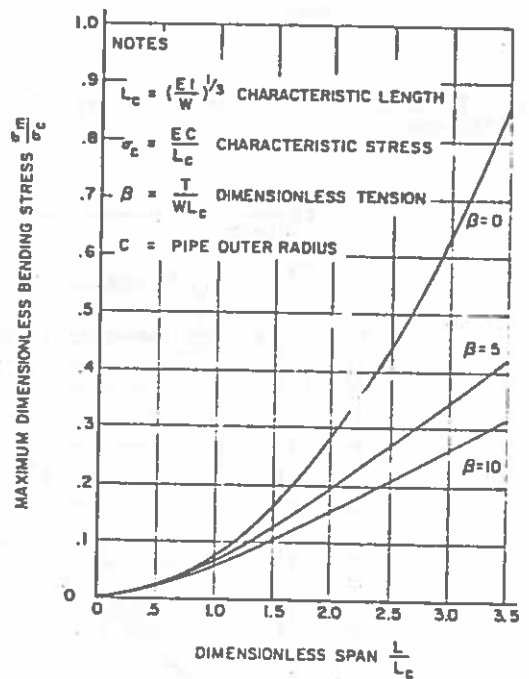
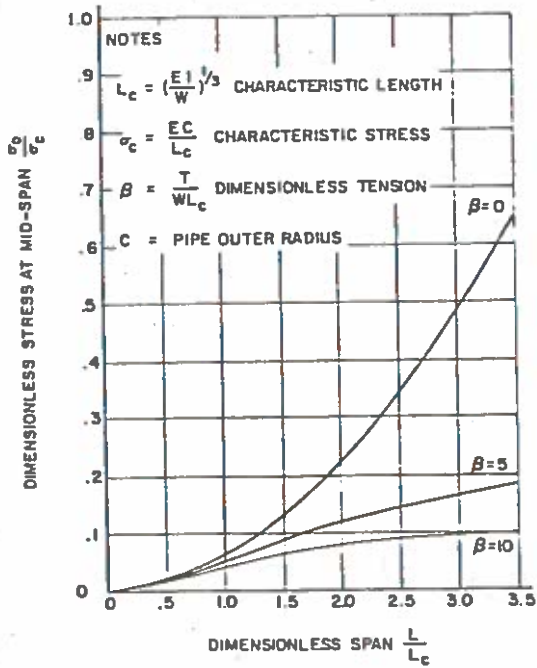


FIG. 1 - CONFIGURATION OF SUSPENDED PIPE SPAN DUE TO A LOW DEPRESSION.

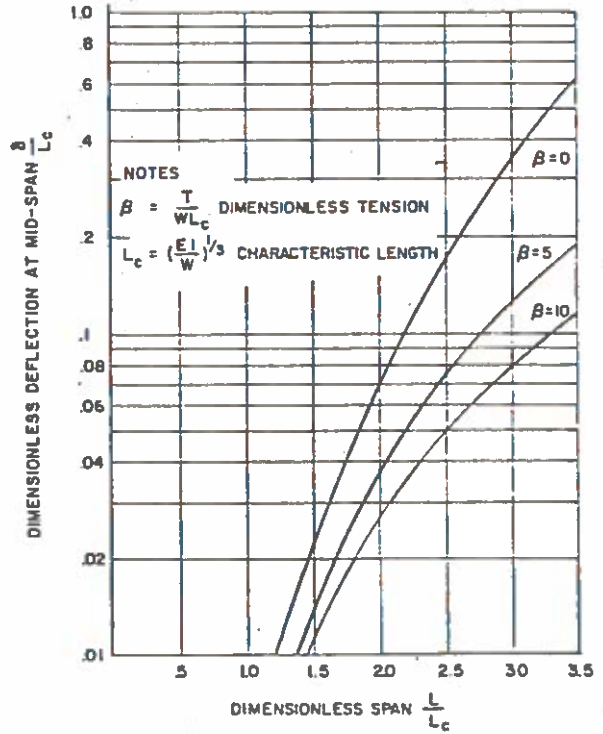
- W = Submerged pipe weight (N/m)
- E = Young elastic modulus (N/m²)
- I = Bending moment of inertia (m⁴)



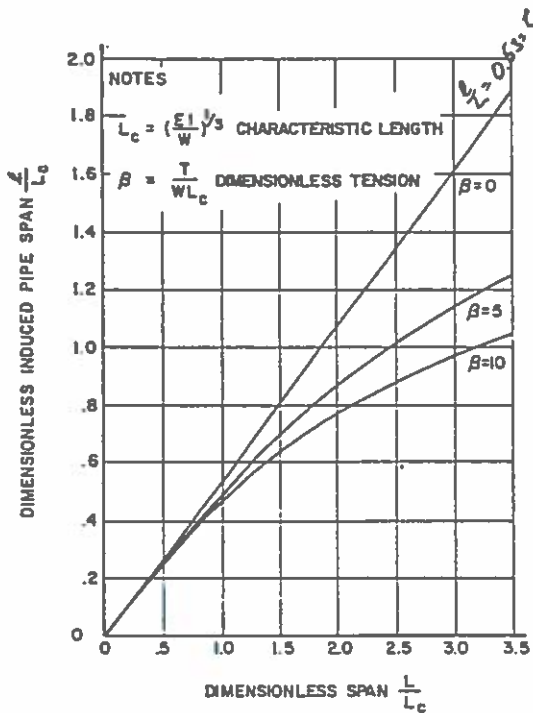
5 FIG. 2 - MAXIMUM PIPE STRESSES DUE TO LOW DEPRESSIONS.



5 FIG. 3 - STRESSES AT MIDSPAN DUE TO LOW DEPRESSIONS.



5 FIG 4 - PIPE DEFLECTIONS AT MIDSPAN DUE TO LOW DEPRESSIONS.



5 FIG. 5 - INDUCED SPANS OUTSIDE LOW DEPRESSIONS.



5.4 Vortex Shedding of Spanning Pipes

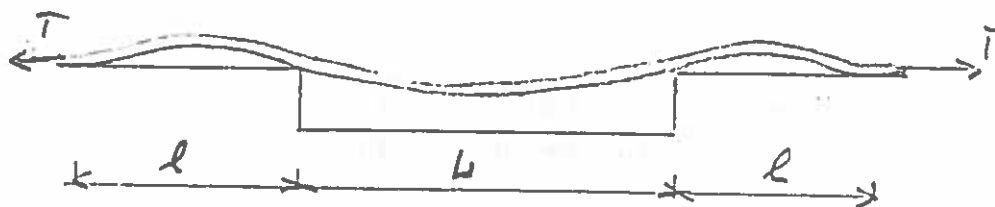
The purpose of the calculation is to ensure that resonance between Vortex shedding and natural frequency of the pipe subjected to spanning will not occur. This is ensured by

limiting the span length is such a way, that the natural frequency of the pipe is well above the Vortex shedding frequency, as outlined below.

5.5 Resonance Frequency of Pipe Span

The resonance frequency of a pipe span is determined through the following alternative system assumptions:

<u>System</u>	<u>Resonance frequency f (Hz)</u>
 a) SIMPLE (1. ORDER)	$f_r = \frac{p^2 \pi}{2 L^2} \sqrt{\frac{EI}{m_e}}$ $p = 1, 2, 3 \text{ etc.}$
 b) FIXED (1. ORDER)	$f_r = \frac{(k)^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{m_e}}$ $k = 4.73, 7.853, 10.996 \text{ etc.}$



c) ACTUAL, 1 ORDER

$$f_r = \frac{\lambda_1^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{m_e}}$$

(see 5. fig 6)

$$\zeta = 0.53, \beta = 0 \Rightarrow \lambda_1 = 4.0$$

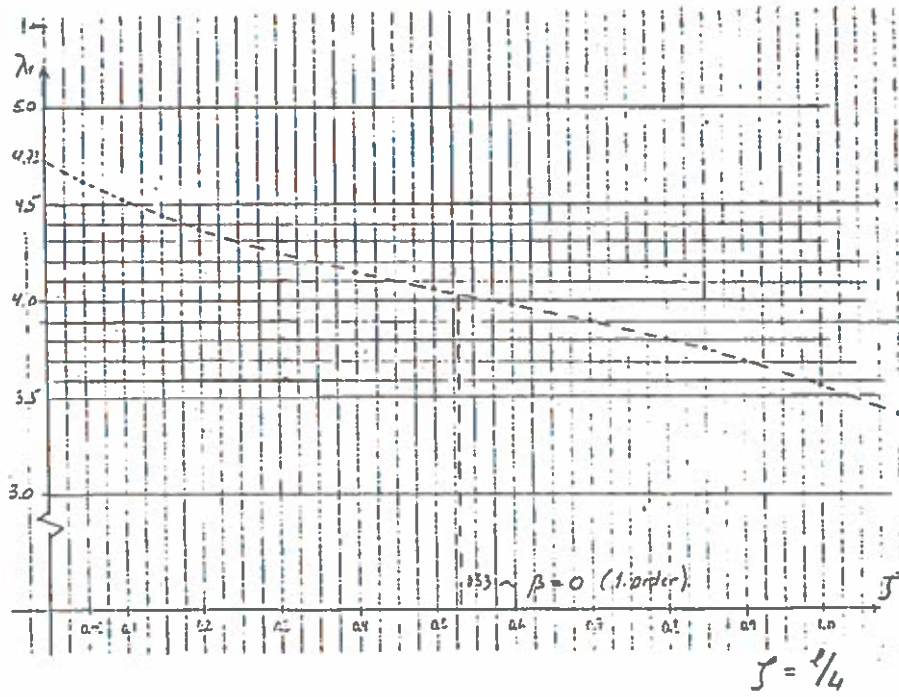
d) ACTUAL, 2. ORDER

incl effect of tension force T
(same for all cases)

$$f_{r,T} = f_r \sqrt{1 + \frac{L^2}{\pi^2} \frac{T}{EI}}$$

5. Fig. 6. System assumptions.

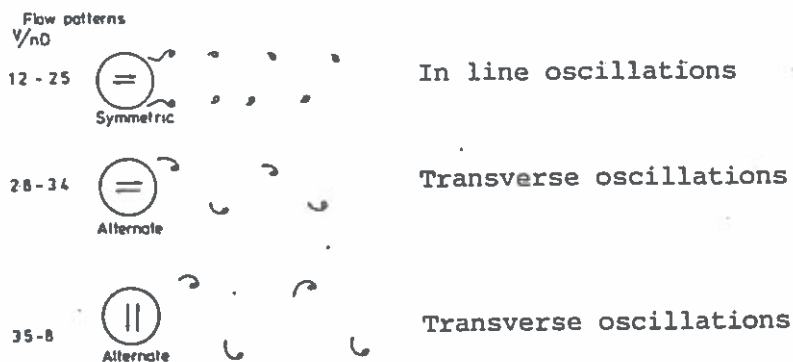
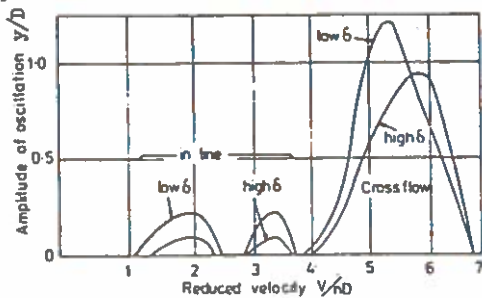
f_r	= resonance frequency	(Hz)
L	= span length	(m)
l	= outside span length	(m)
ζ	= $1/L$	
E	= Young's Modulus	(N/m ²)
I	= mom. inertia	(m ⁴)
m_e	= equivalent mass per unit length (incl. added mass of water)	(kg/m)
T	= axial tension	(N)



5 Fig 6 Frequency parameter as function of span parameters.

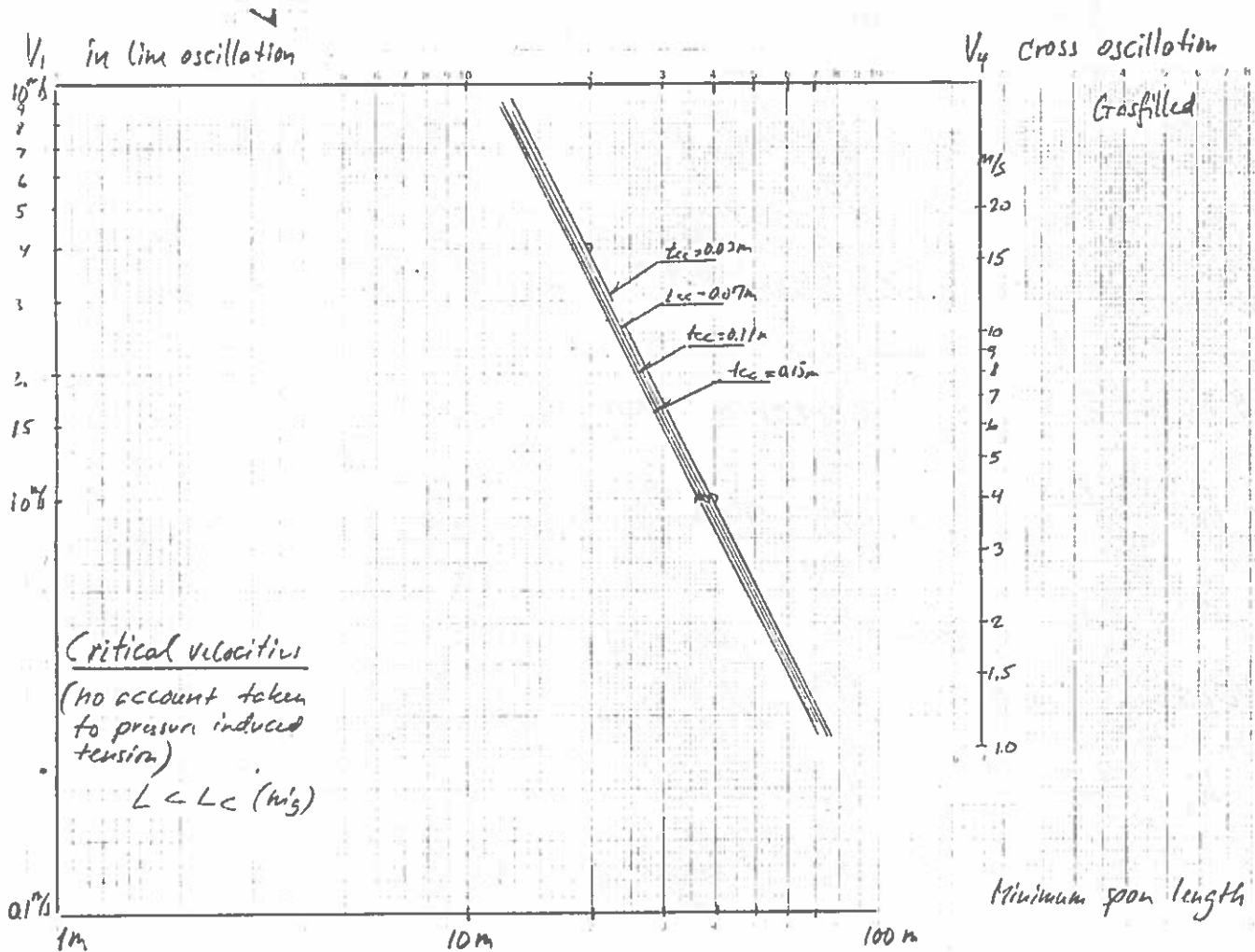
5.6 Critical Velocities

The critical velocities correspond to coincidence between the Vortex shedding frequency and the resonance frequency of the pipe.



5 Fig. 8 - Amplitude response and corresponding Vortex shedding patterns.

7. The critical reduced velocity ranges where the Vortex shedding induce in-line and cross oscillations are illustrated on 5 Fig. 7.



3 Fig. 9 Example of Critical Velocities for in Line and Cross Oscillation.

Design against Vortex shedding may be based on the parameters in 5 Table 2.

	Critical velocity range	Oscillating force coefficient	Geometrical Limitation 1.	Hydrodynamic Limitation 2		
				K_s	waves	current
In-line oscillation	$1 < V_r < 3.5$	$C = C_D' = 0.1$		≈ 0.7	$\delta/D < 0.05$	$\delta/D = 0.075$
Cross oscillation	$4 < V_r < (10S)$	$C = C_L' = 0.6$	Max dynamic deflection = static deflection	≈ 0.7	$\delta/D < 1.0$	$\delta/D < 1.5$

5 Table 2 Design criteria, Vortex shedding

$$f_r = \frac{V}{V_r \cdot D}$$

D = diameter

δ = max. deflection at mid span

$$F' = DLF \cdot \frac{1}{2} \rho C V^2 D$$

$$DLF_{max} = 25$$

$$K_s = \frac{2 m_e \delta_1}{\rho D^2}$$

$$\delta_1 = 2\pi \zeta$$

ζ = damping ratio for welded structure in water = 0.02

m_e = equivalent mass per unit length

In practice usually:

- cross oscillations not allowed
- check in-line oscillation with respect to fatigue

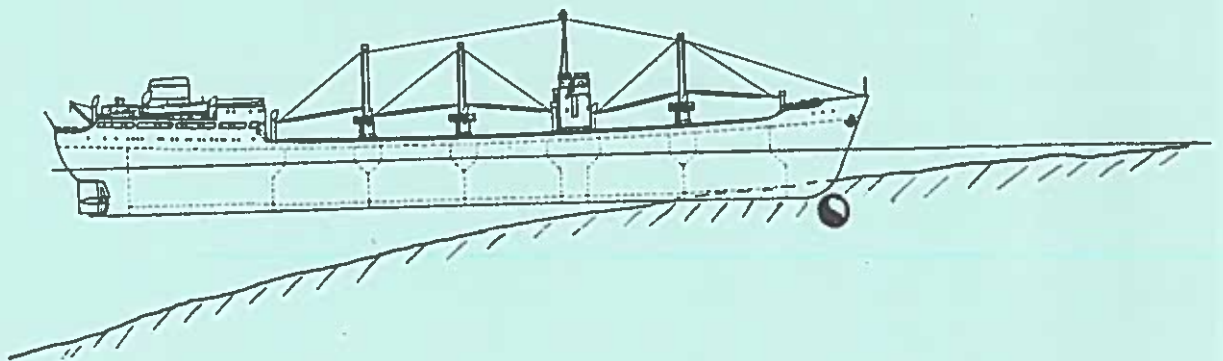
6. REFERENCES

- DNV (1976): 'Rules for the Design, Construction, and Inspection of Submarine Pipelines and Pipeline Risers.
- D.O.N.G. (1980): North Sea Pipeline, Basic Design Report.
- Fabian O. (1980): Elastic-Plastic Collapse of Long Tubes under Combined Bending and Pressure Load. DCAMM report No. 184 Tech. Univ. Denmark.
- Mousselli, A.H.: Pipe Stresses at the Sea Bed during Installation and Trenching Operations, OTC 2965, Offshore Techn. Conference, Houston.
- Naval facilities
Eng. Command(1971) Design Manual, Soil Mechanics, foundations and earth structures, Navfac DM-7.
- Bjerrum, L. (1974) Geotechnical Problems involved in Foundations of Structures in the North Sea, Norw. Geot. Inst. publ. no. 100, Oslo.
- Seed, H.B. (1979): Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes, ASCE GT2, Febr. 1979.
- Verruijt, A.(1979) Some estimates of pore pressure and their dissipation, BOSS 79, London.
- Bringaker, K.C.
et al (1974): Local erosion around pipelines (in Norwegian) Bulletins of River and Harbour Lab., Trondheim.
- Fredsoe, J.(1978): Experiments on natural backfilling of pipeline trenches Prog. Rep.46 Inst. Hydrodyn. and Hydraulic Engrg. Techn. Univ. Denmark.
- Ghazzaly et al
(1975): Stability of offshore pipe in cohesive sediment Civil Eng. in the Ocean III.

- Hjort, P. (1975) Studies on the Nature of local Scour Department of Water Resources Engineering University of Lund Sweden.
- Hydraulic Research Station (1973): A study scour around submarine pipelines INT 113, Wallingford.
- Lundgren, H. et al (1976): Waveloads on pipelines on the seafloor Boss 76 Trondheim.
- Mac Pherson, H. (1978): Wave forces on pipeline buried in permeable seabed ASCE WW 4.
- Mortensen, P. et al (1975): Natural Backfilling of pipeline trenches OTC 3073 Offshore Techn. Conf. Houston.
- Nou (1974), 40 with appendixes (in Norwegian)
- Yamamoto, T. (1977) Wave Induced Instabilities in Sea Beds ASCE Symposium Coastal Sediment 77.
- Nielsen, R. and Gravesen, H. (1980) Application of 3-D Wave Theory to Pipeline Spanning Problems (includes a detailed list of references) European Seminar - Offshore Oil and Gas Pipeline Techn., London.
- Olbjoern, E.H. (1978): Some Submarine Pipeline Engineering Problems, Symposium Aalborg University Center.
- Corbishley, T.J. and Luyenburg, R.W. (1980): Pipe Span Detection, Assessment and Correction. European Seminar - Offshore Oil and Gas Pipeline Techn., London.
- D.O.N.G. A/S, Marine Pipeline Project Office: Internal Technical Notes.
- King et al (1970): The Suppression of Structural Vibrations Induced by Current and Waves, Boss 76, Trondheim.
- Gravesen, H. and Nielsen, R (1981) Some environmental design aspects of Marine pipelines for Danish North Sea Service. European Seminar - Offshore Oil and Gas Pipeline Techn., London.

SPECIELLE BELASTNINGER, SIKKERHEDSMÆSSIGE ASPEKTER

Jes Clauson-Kaas
Cowiconsult



...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

...the ... of ...

1. SPECIELLE BELASTNINGER

INDLEDNING

En rørledning eller et kabel, der er installeret på havbunden, vil være udsat for en række påvirkninger og belastninger, dels fra det omgivende miljø, dels fra en række utilsigtede hændelser.

Påvirkninger fra bølger og strøm er behandlet af Helge Graversen i et andet indlæg. Korrosion og belastninger fra is nævnes ganske kort. Dette indlæg vil koncentrere sig om belastninger på en rørledning fra utilsigtede hændelser. Disse hændelser stammer alle fra skibes aktiviteter og opstår på grund af en række menneskelige fejl eller hændelige uheld.

KORROSION OG ISBELASTNING

Korrosion

Korrosion er et problem, hvor stålrør er anvendt, som f.eks. ved de marine gasledninger. Havvand med et højt salt- og iltindhold virker som en elektrolyt, og stålet nedbrydes ved en elektrokemisk reaktion. Stålrør beskyttes mod korrosion gennem påføring af en beskyttende belægning af f.eks. kul-tjære-emalje, asfalt-emalje eller epoxy. Disse belægninger kan dog have fejl i form af sprækker og huller, som enten stammer fra selve påføringen eller fra skader under lægningen. Derfor udstyres en stålledning ofte med en katodisk beskyttelse ved f.eks. at anvende offeranoder af zink, som er særligt egnet til saltvandsmiljøet.

Betonledninger kan også korroderes, hvis de udleder spildevand med et højt BOD ved en tidevandskyst. Saltvandet fremmer dannelsen af svovlbrinter (da det indeholder sulfater), og tørlægges ledningen under normalt lavvande, hvorved der kommer luft i ledningen, kan der dannes svovlsyre i toppen af ledningen, og cementen ætzes bort. Dette hindres ved at udføre ledningen således, at der ikke kommer luft i den, eller - hvis dette ikke kan undgås - ved at udføre ledningen i andet materiale, f.eks. PEH.

Isbelastning

Isen kan belaste ledninger i strandzonen ved dannelsen af isskruninger. Isskruninger dannes afhængig af vind- og strømforhold ved kysten og er ikke noget problem ved smalle farvande. F.eks. dannes der ikke isskruninger i Lillebælt af nogen betydning, hvorimod der har været ca. 10 m høje isskruninger i Store-

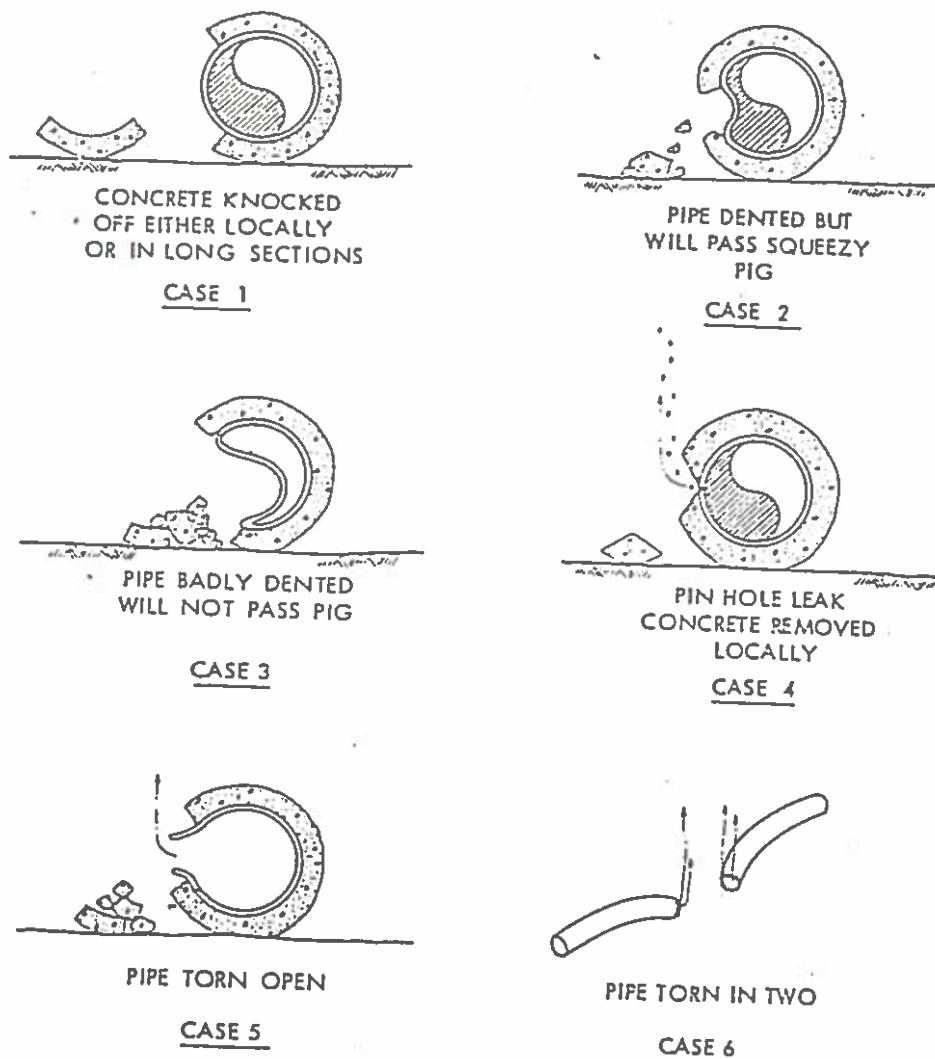
bælt. Der findes ikke noget eksakt materiale om, hvor dybt isen skærer ned i sandet, men en generel regel for både kabler (P. & T.) og rørledninger er, at 1 meters nedgravning (dvs. 1 meters dække) sikrer mod isskruninger.

OPANKRING

Skibe forventes at smide anker under følgende forhold: ved maskinsvigt, efter kollision, under svajning ved kajmanøvrer samt ved hvile- eller ventesituationer. De to første betragtes som nødhandlinger, de to sidste som almindelig hændelser for skibstrafikken. Ankre anvendes ikke ved dybder større ned 60 m. Ankerbelastningen kan opdeles i to typer:

- a. Ankeret griber fat i røret og flytter dette.
- b. Ankeret slår hul på røret.

Fig. 1 viser en række skader, som et anker kan påføre en rørledning.



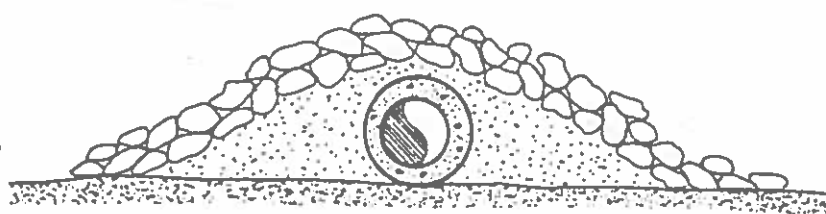
Belastninger af type a) forekommer typisk for mindre rørledninger, og type b) er typisk for større rørledninger.

Belastninger af type a) resulterer i skader som vist på fig. 1.3 og 1.6, og type b) resulterer i skader vist i de resterende skitser.

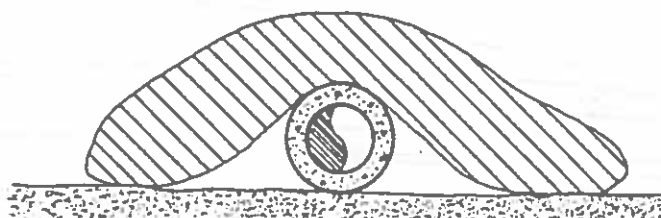
Et anker beskadiger en rørledning afhængig af følgende faktorer:

- rørledningens styrke
- rørledningens nedgravning
- ankerets vægt
- ankerets nedtrængning i havbunden
- længden af ankerslæbet.

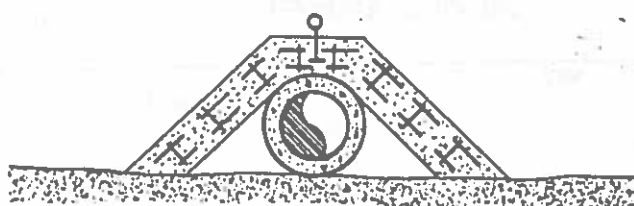
Rørledningens materialer og dimension er naturligvis afgørende for, at et anker kan påføre en skade. Gasledningerne, som f.eks. er ca. 760 mm i diameter, er bygget op af stål med en betonkappe. Ønskes en yderligere beskyttelse, og er det ikke muligt at grave røret ned i havbunden, kan røret overdækkes som vist på fig. 2.



Overdekning med losmasser.



Overdekning med asfaltmatter.



Overdekning med betongelementer.

Rørledningen kan graves ned i havbunden, når denne består af sand eller ler. Udgifterne til nedgravningen stiger voldsomt med nedgravningsdybden; til gengæld er røret bedre beskyttet ved øget nedgravning.

Ankerets vægt er generelt direkte relateret til skibets størrelse. Et anker kan anrette skade afhængig af den dynamiske ankerkraft, som er afhængig af ankerets vægt og den hastighed, hvormed ankeret slæbes hen over bunden.

Ankeret trænger ned i havbunden afhængig af dets vægt og den jordart, der findes på stedet. Fig. 3 viser sammenhængen mellem ankervægt, jordart og nedtrængning. Det ses, at ankere trænger op til 4 gange så langt ned i mudder som i sand. Det kan derfor være meget vanskeligt at ankere sikre et rør, der skal passere et område med dybt mudder.

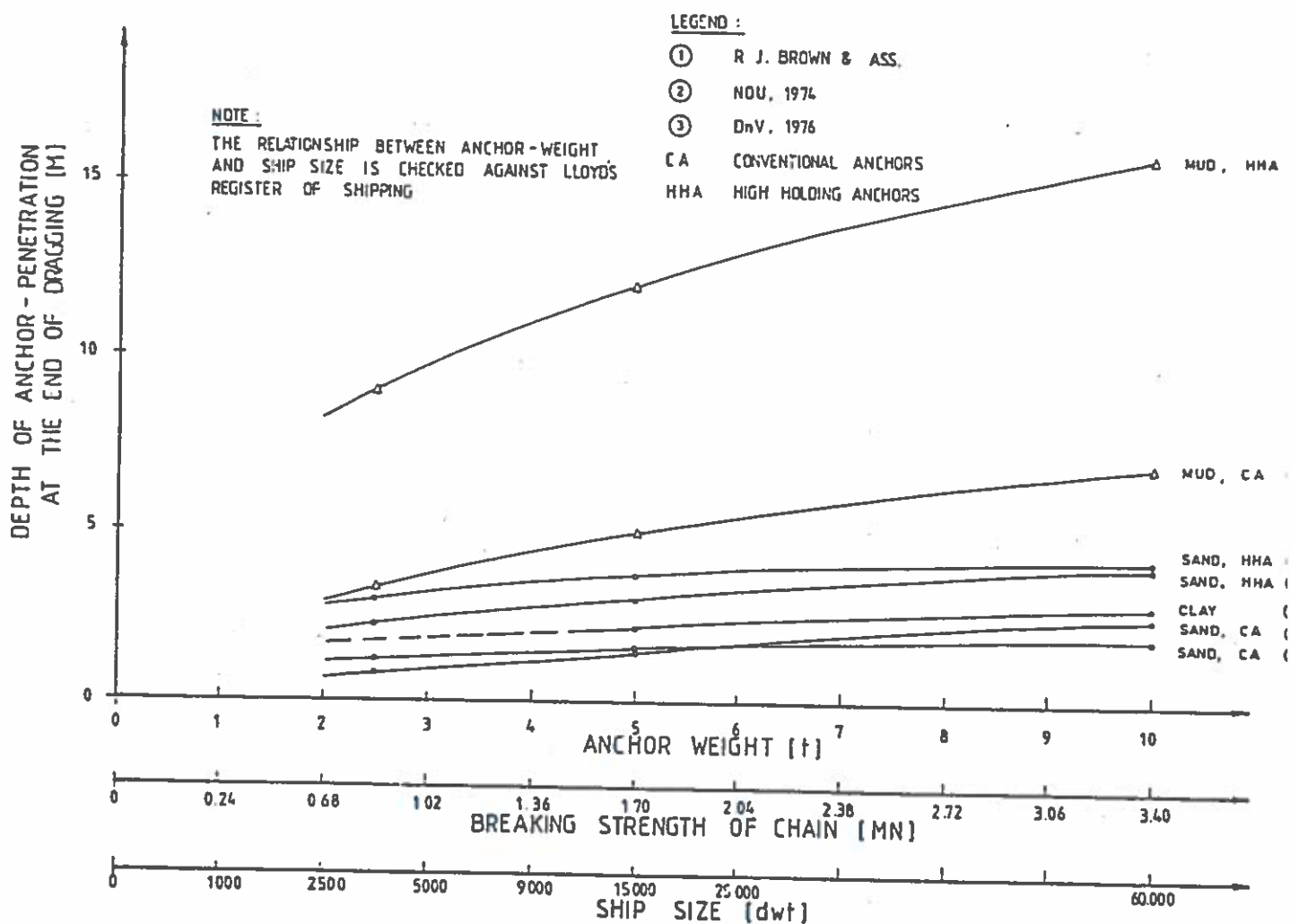


Fig. 3

Havbundens beskaffenhed er også afgørende for, hvor langt et anker trækkes, inden et skib standser. Den maksimale ankerkraft opnås typisk efter 15-20 m slæb, og ankerslæbet kan beregnes ved at sætte skibets kinetiske energi lig med ankerkraften gange ankerslæbet. Fig. 4 viser kurven for ankerslæb i mud-der og ler ved hastighederne 0,5 m/s og 1 m/s.

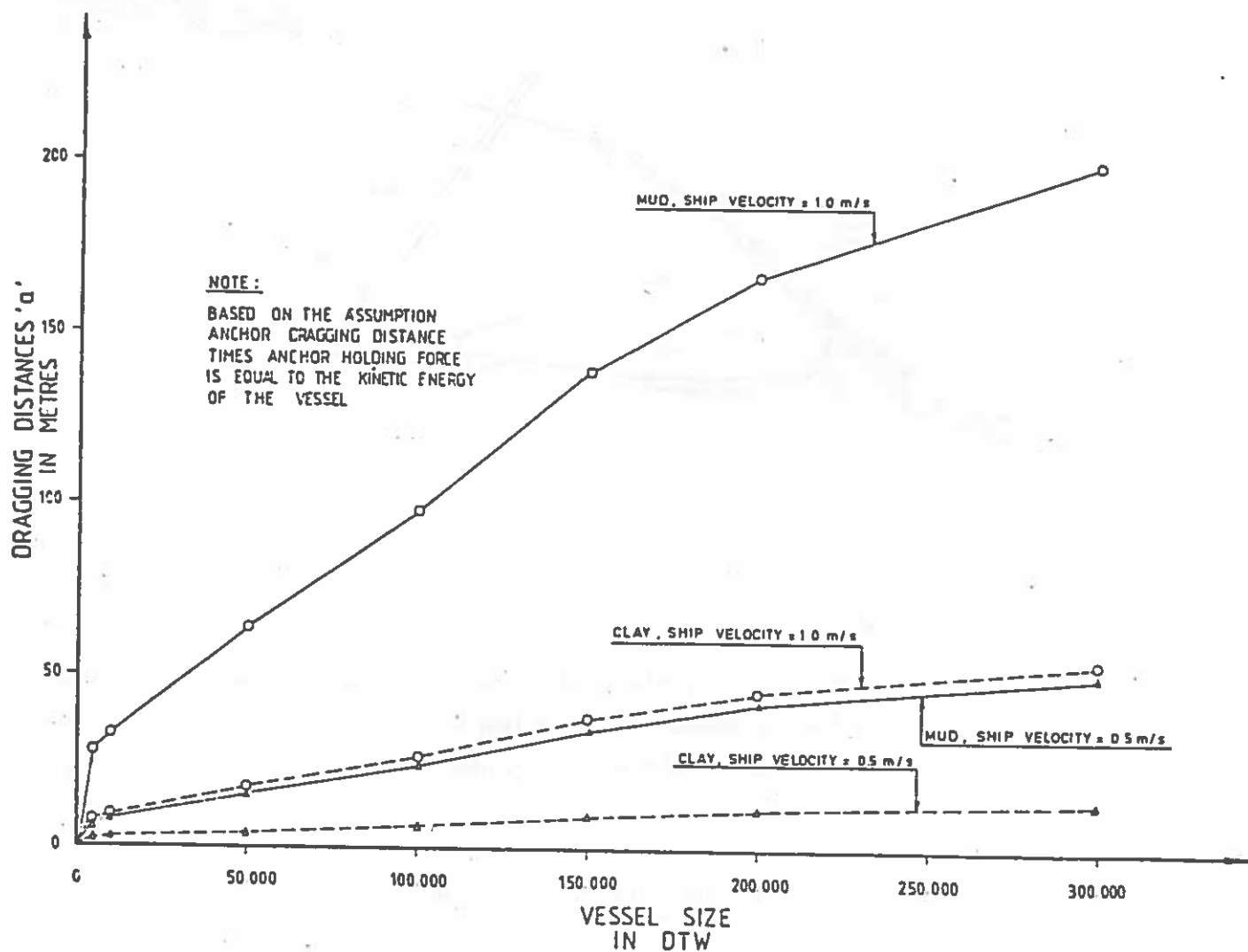


Fig. 4

FISKEREDSKABER

Fiskeredskaber kan belaste en havledning, f.eks. når der anvendes skovle til at styre bundtrawlet som vist på fig. 5. Trækkes skovlene gentagne gange hen over en rørledning, hvor f.eks. betonkappen er af dårlig kvalitet, kan denne blive slået af.

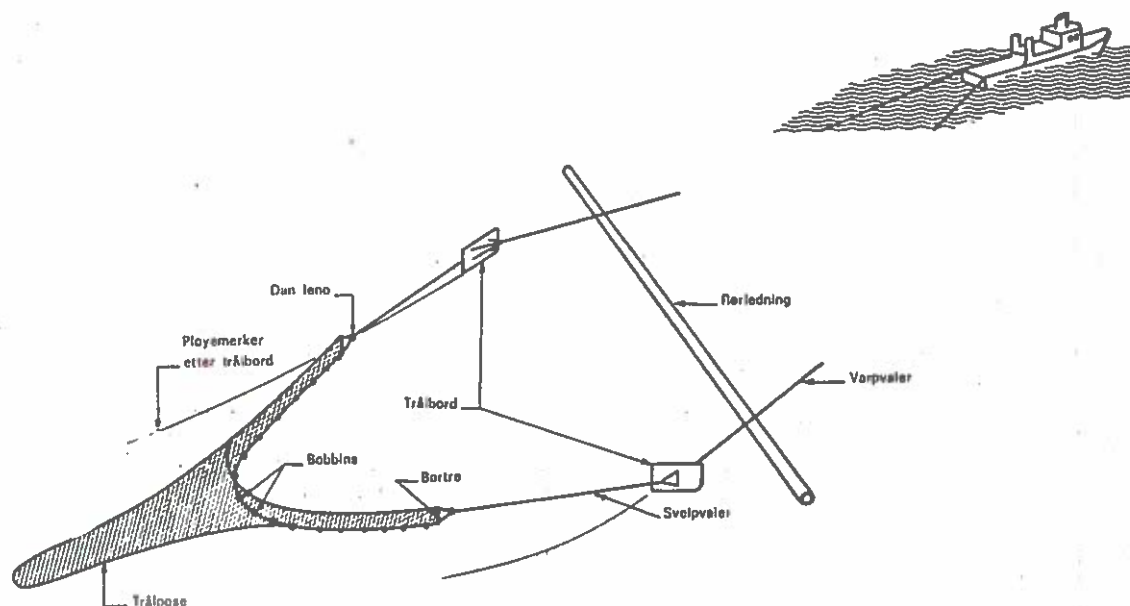
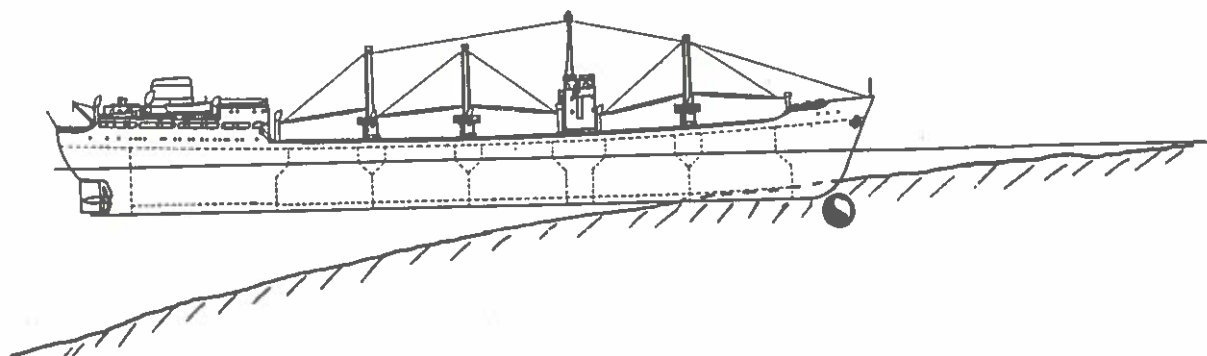


Fig. 5

GRUNDSTØDNING

Når et skib går på grund, pløjer det ind i havbunden afhængig af skibets inert og havbundens beskaffenhed. Indtrængningen (og nedtrængningen) beregnes ud fra det passive jordtryk på skibets stævn. Dette afhænger af jordarten og havbunds hældning.

Rørets nedgravning har naturligvis stor indflydelse på, om det bliver ramt af et skib, der går på grund. Grundstødningen foregår i modsætning til opankring inden for et klart (af havbunden) defineret område.



SKIBSFORLIS

Skibe kan i værste fald også forlise på ledningen, men som det ses af det følgende, er risikoen meget ringe i forhold til de andre angivne belastninger.

ANDRE BELASTNINGER

Her tænkes bl.a. på lægning af andre rørledninger, tab af tunge ting samt råstofudvinding.

Disse belastningsformer hindres normalt gennem servitutter, lovgivning o.lign. Det er vanskeligt at kontrollere tab af tunge ting, men erfaringen viser, at belastningen ikke har været af nogen stor betydning.

2. SIKKERHEDSMÆSSIGE ASPEKTER - RISIKOVURDERING

INDLEDNING

Generelt består en risikovurdering af teoretiske, statistiske og praktiske betragtninger. Det er nødvendigt at inkludere alle tre aspekter og give dem lige høj prioritering for at nå frem til et anvendeligt resultat.

Ved en risikovurdering finder man sandsynligheden for en hændelse, der kan medføre beskadigelse af rørledningen, og hvor på rørledningen disse hændelser kan opstå. Risikoen for en beskadigelse er normalt ujævnt fordelt langs rørledningens tracé.

I det følgende ses på risikoen for beskadigelse af en rørledning fra belastninger, der alle stammer fra skibes aktiviteter.

ANKERSKADER

Maskinsvigt

Det forudsættes, at skibe smider anker ved maskinsvigt. Der findes internationale erfaringstal for sandsynligheden for maskinsvigt. Dette er sat til $6,9 \times 10^{-5}$ pr. sejltid. Tallet er baseret på statistiske betragtninger hovedsagelig i Japan. Kendes skibets hastighed ved passage af et ledningsområde, så kender man tiden det tager at passere dette område og dermed sandsynligheden for maskinsvigt ved passagen. Kender man størrelsen og antallet af skibe, der passerer ledningen pr. år, kan man finde risikoen for, at der smides ankere, der kan beskadige ledningen.

Det kritiske område omkring ledningen er den afstand ankre trækkes, før skibet stopper. Ankerslæb er diskuteret, og det skal anføres, at skibe ikke smider anker, før hastigheden er reduceret til 2-3 knob (1 - 1,5 m/s), der også er hastigheden, hvor man generelt mister styreevnen over skibet.

Sandsynligheden for, at ankeret smides netop over eller ved en ledning, reduceres noget ved, at ledningen er angivet på søkortet, hvorfor skibene kan navigere væk fra det kritiske område.

Skibskollisioner

Betragter man et stræde, kan man vurdere sandsynligheden for sammenstød mellem skibe ved at anvende molekyleteorien, hvor begrebet "den frie vejlængde" anvendes.

Findes på denne måde den geometriske sandsynlighed for et sammenstød, skal denne værdi multipliceres med årsagssandsynligheden, der er sandsynligheden for, at et skib sejler ukontrolleret og vilkårligt. Her findes der også et internationalt erfaringstal for denne hændelse, og den er angivet til 10^{-4} pr. skibspassage. Den samlede sandsynlighed pr. år findes så ved at multiplicere med antallet af skibspassager pr. år. Altså:

Geometrisk sandsynlighed x årsagssandsynlighed pr. skibspassage x antallet af skibspassager pr. år.

Risikoen for beskadigelse af ledningen findes nu ved at multiplicere med den procentdel af skibene, der kan medføre en beskadigelse.

Beregningerne for antallet af skibskollis. kan nu checkes ved at se på det virkelige antal hændelser, der er forekommet i strædet, som f.eks. optegnet i Dansk søulykke statistik. Det er dog sjældent, at man har optegnelser over en tilstrækkelig lang periode til at kunne lave en statistisk bedømmelse af hændelser i et bestemt stræde. Denne kontrol skal dog foretages, når man betragter et bestemt stræde, idet der er anvendt generelle tal i beregningerne, og der i dette stræde kunne være betingelser, der gjorde det særligt udsat for kollisioner.

Kajmanøvrer

Ligger en ledning tæt ved et kajområde, er det vigtigt at kende skibenes svajemanøvrer, når de lægger til eller fra kaj. Anvendes ankre, og er strømforhol-

dene vanskelige, kan der være en risiko for beskadigelse af ledningen. Skibenes størrelse og antal pr. år skal også kendes. Det er meget vanskeligt at udføre præcise beregninger på disse hændelser, og man må derfor foretage en vurdering sammen med lokale lodser og andre søfartskyndige.

SKADER FRA FISKERIREDSKABER

Ledninger på havbunden er normalt betydeligt mere til gene for fiskerne end omvendt. Man kan ikke forhindre fiskeri omkring en ledning, og kun ved beskyttelse og overvågning af ledningen kan varige skader fra trawlskovle undgås. Erfaringen viser dog, at risikoen for varig beskadigelse er meget lille.

BESKADIGELSE FRA GRUNDSTØDNING

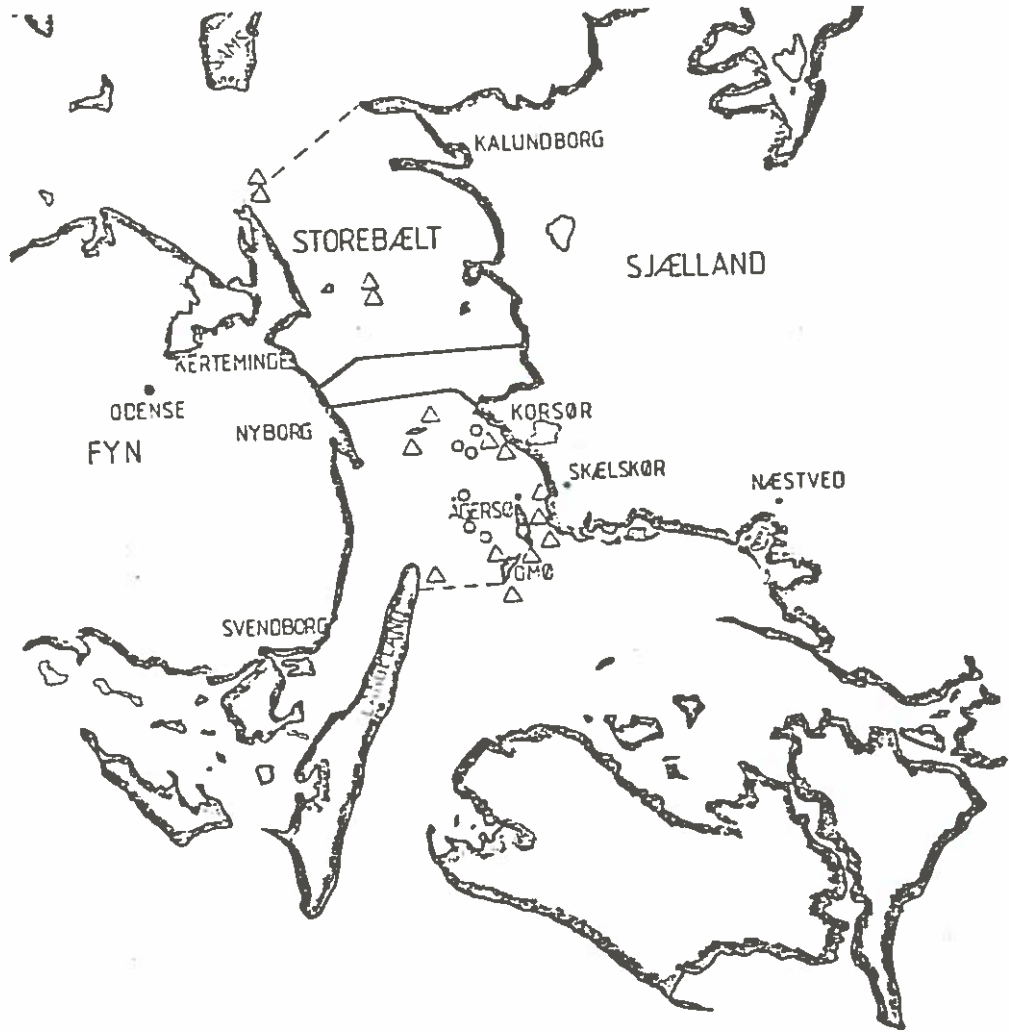
For at beregne sandsynligheden for grundstødning kan som årsagssandsynlighed anvendes det samme tal (10^{-4} pr. skib pr. passage) for et skib, der sejler tilfældigt, som anvendtes under skibskollis. Specielt for et smalt stræde vil næsten alle skibe, der sejler tilfældigt, gå på grund.

Den geometriske sandsynlighed for at en ledning rammes og beskadiges, når et skib støder på grund, afhænger af skibets størrelse, dets fart, havbundens beskaffenhed og rørets nedgravning. Indtrængning og nedtrængning beregnes for en række typiske skibsstørrelser i det givne stræde for at finde frem til den samlede geometriske sandsynlighed.

Risikoen for en ledningsbeskadigelse findes herefter ved produktet af årsagssandsynlighed og geometrisk sandsynlighed.

Grundstødninger er særdeles ujævnt fordelt som vist på fig. 7 for Storebælt.

Grundstødningerne er fundet i Dansk søulykke statistik og viser, at der er særlige områder, hvor skibene støder på grund. I beregningerne forudsættes, at grundstødninger er jævnt fordelt langs kysten. Antallet af hændelser, man finder frem til i beregningerne, skal checkes med f.eks. søulykkestatistikken, og dernæst skal man sikre, at ledningen er placeret uden for de typiske grundstødningssområder (altså ikke tværs over Hatter Barn).



GROUNDINGS 1974-1978

- △ Ships smaller than 5000 DWT
- Ships bigger than 5000 DWT
- Limits of the Storebælt-passage

SKIBSFORLIS

Erfaring (og statistik) har vist, at kun ca. 5% af skibskollisioner medfører skibsforslis. I forvejen er sandsynligheden for skibskollisioner meget lille, så sandsynligheden for forslis er såre ringe i forhold til andre beskrevne hændelser, hvorfor denne sandsynlighed ikke tages i regning ved en risikoberegning.

ANDRE BELASTNINGER

Tab af tunge ting indgår i en samlet risikoberegning med et meget lille bidrag, som stammer fra erfaringer med andre ledninger på havbunden.

DEN TOTALE RISIKO

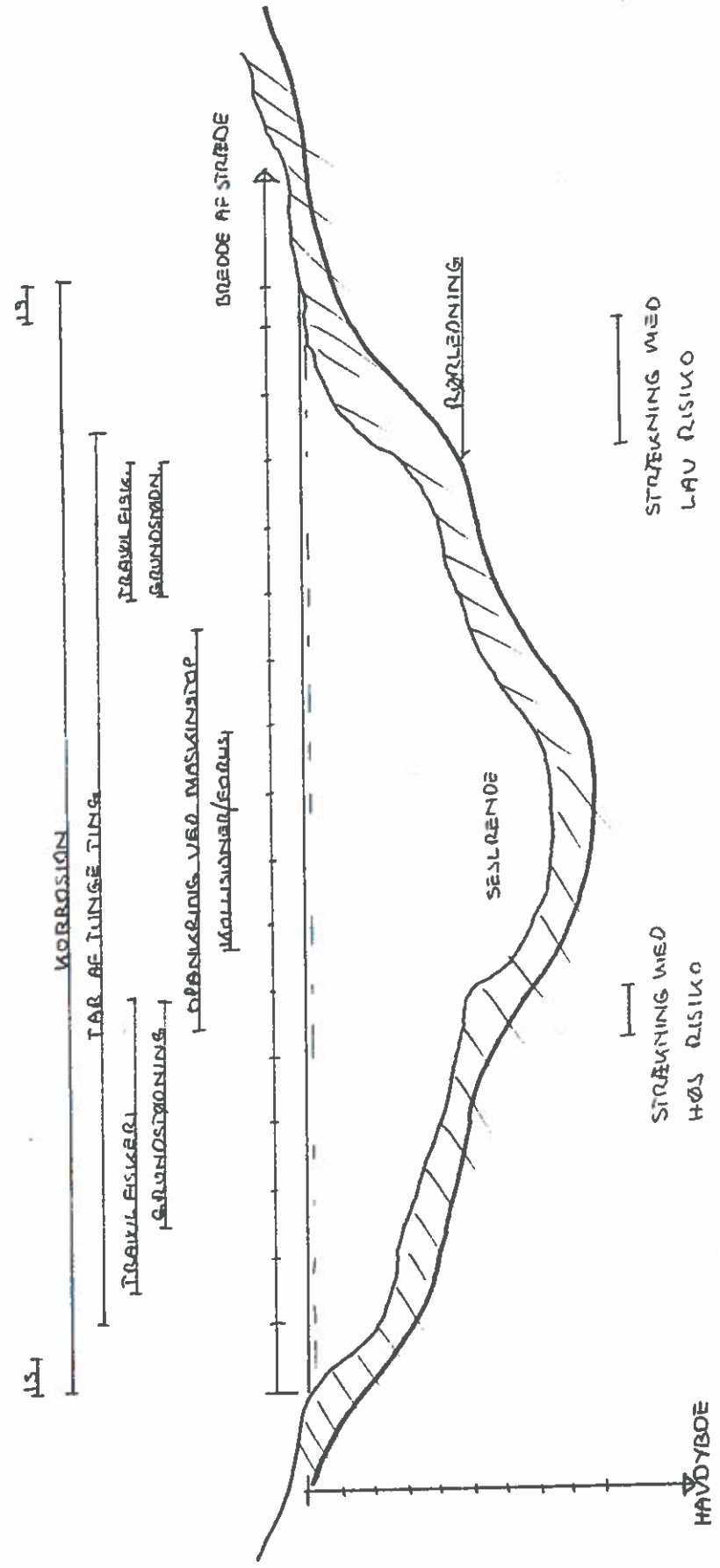
De forskellige risici fordeles over de intervaller af ledningen, hvor de kan forekomme, og summeres op, dels i en årlig risiko pr. km, dels i en årlig risiko for hele strækningen.

Se efterfølgende oversigt.

Virum, 1980.11.14

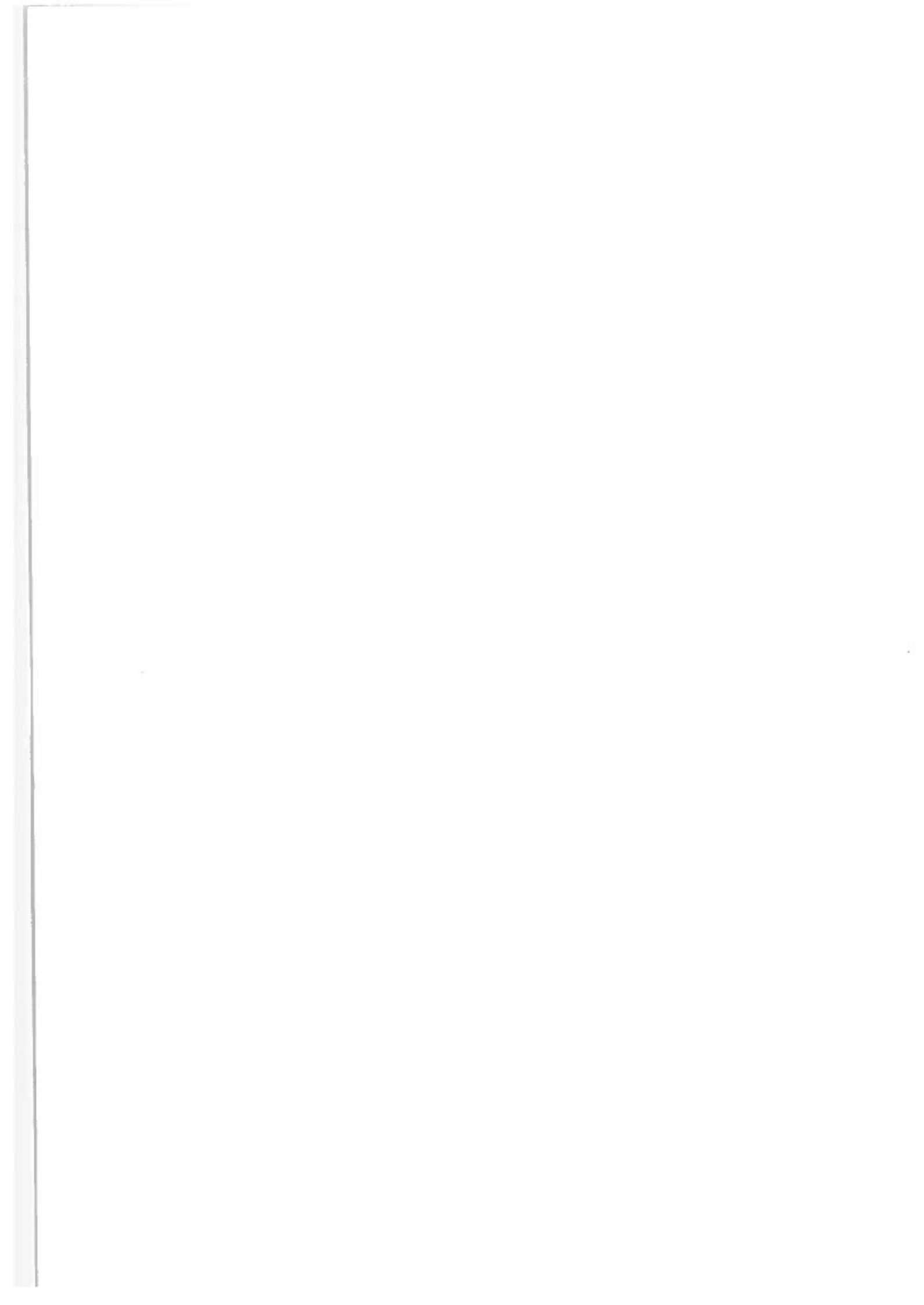
JCK/gtp

SÆRLIGE BELASTNINGER DER MEDFØRER RISIKO FOR EN RØRLEDNING.



REFERENCER

- 1) "Rørledninger på dypt vann".
Norges offentlige udredninger 1974:40.
- 2) "Pipeline Protection".
World Water, Augst 1980.
- 3) "Isforhold"
Delrapport 9, Storebæltsbroen (DHI), 1978.
- 4) "The Analysis of Traffic Accidents".
Yahei Fujii, Journal of Navigation, 1971.
- 5) "The Probability of Vessel Collisions".
T. Macduff, Ocean industry, 1974.
- 6) "Dansk søulykke statistik 1974-1979".
Industriministeriet.
- 7) "Grundstødning af udenlandske skibe i danske farvande 1974-1978".
Industriministeriet.
- 8) Privat kommunikation med Fredericia-lods, 1980.
- 9) Diverse interne notater, Naturgasprojektet, 1980.



DIMENSIONERING AF UDLØBSLEDNINGER FOR SPILDEVAND

**Torben Larsen
Aalborg Universitetscenter**

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

Furthermore, it is noted that regular audits are essential to identify any discrepancies or errors early on. This proactive approach helps in maintaining the integrity of the financial statements and prevents any potential issues from escalating.

In addition, the document highlights the need for clear communication between all parties involved. Regular meetings and reports should be provided to keep everyone informed about the current status and any changes that may occur. This collaborative effort is key to the success of the project.

Finally, it is stressed that adherence to all applicable laws and regulations is non-negotiable. The organization must ensure that all its operations are conducted in full compliance with the relevant legal framework.

The second part of the document provides a detailed overview of the project's progress. It includes a timeline of key milestones and a list of tasks that have been completed. This section serves as a comprehensive update on the current state of affairs.

It also identifies the challenges that have been encountered and the strategies that have been implemented to address them. This analysis is crucial for understanding the project's risks and for developing effective mitigation plans.

Moving forward, the document outlines the next steps and the resources that will be required to complete the project. A clear action plan is provided, detailing the responsibilities of each team member and the expected timeline for each phase.

The document concludes with a strong statement of confidence in the team's ability to deliver on its commitments. It expresses a commitment to transparency, accountability, and continuous improvement throughout the entire process.

In summary, this document provides a thorough and clear overview of the project's status and future plans. It is intended to serve as a valuable reference for all stakeholders and to ensure that everyone is aligned and working towards the same goals.

VANDBYGNINGSTEKNISK SELSKAB

SEMINAR om

Dimensionering og udførelse af gasledninger og udløbsledninger i havet.
26. november 1980

DIMENSIONERING AF UDLØBSLEDNINGER FOR SPILDEVAND

af

Torben Larsen
Aalborg Universitetscenter

INTRODUKTION

Dette indlæg har til hensigt at give en oversigtsmæssig omtale af de forhold der er afgørende for dimensionering af udløbsledninger for spildevand. Man skal begrænse sig til en beskrivelse af dimensioneringen af de hydrauliske og recipientmæssige forhold ved selve driftssituationen for udløbsledninger. De konstruktive, materialemæssige og udførelsesmæssige forhold vil ikke direkte blive omtalt. Hvad angår de kvantitative dimensioneringskriterier må henvises til den angivne litteratur.

RECIPIENTPÅVIRKNING

Indledningsvis må man gøre sig klart, at spildevand oprinder fra nedbøren og at al den del af nedbøren, som ikke fordamper på den ene eller den anden måde, ender i havet. Problemerne omkring udledning af spildevand er derfor ikke knyttet til ferskvandsudledningen, men til de stoffer som findes i spildevandet.

REGIONALE RECIPIENTFORHOLD

Spildevandsudledning kan i mange tilfælde give anledning til en betydelig regional påvirkning af det vandområde, som er recipient for udledningen. Mange af de danske fjorde er eutrofierede som følge heraf. Meget kort fortalt virker spildevandet som gødning for algevæksten i de øverste vandlag. Da algerne har en meget kraftig vækst og kort levetid, får havbunden tilført store mængder skadelig dødt, organisk stof. De regionale problemer er imidlertid kun i meget begrænset omfang afhængige af udløbsledningens udformning, men afhænger i højere grad af den rensning af spildevandet, der eventuelt finder sted. Derfor skal de regionale problemer ikke omtales yderligere her.

BADEVANDSKVALITET

Begrebet badevandskvalitet har været under debat i en årrække. Af praktiske grunde har man været nødt til at anvende indikatorer for sygdomsfremkaldende tilstande og ikke de direkte skadelige bakterier eller vira, som mål for badevandets kvalitet. Oftest anvendes undergrupper af de såkaldte coliforme bakterier, f.eks. den velkendte *Escherichia coli* (E-coli) som indikator. Disse bakterier er imidlertid naturligt forekommende i den menneskelige organisme og debatten har da også i mange år gået på, om det overhovedet var muligt at konstatere en sammenhæng mellem sygdom og dårlig badevandskvalitet. Imidlertid har en omfattende amerikansk undersøgelse, som er refereret i /2/, vist, at der øjensynligt er en tydelig korrelation mellem høj koncentration af indikatorbakterier og sygdomstilfælde som halsbetændelse, forkølelse, maveonde m.v.

De formelle danske krav ses i /5/ og disse går kort formuleret ud på, at E-coli-koncentrationen ikke må overskride 1000 bakterier pr. 100 ml i mere end 5% af tiden.

FORURENING AF BUNDSSEDIMENTERNE

Omkring et spildevandsudløb vil en del af de stoffer, som findes i spildevandet, sedimenteres på bunden, hvis de hydrauliske forhold iøvrigt tillader det. Her på bunden kan disse organiske stoffer og organismer blive optaget af andre organismer og på denne måde glide ind i fødekæden for dyre- og planteliv i området. Et særligt problem er knyttet til de såkaldte tung-metaller som f.eks. bly, zink, kviksølv og cadium. Erfaringen viser, at disse stoffer i langt højere grad bindes til en dyndet havbund end til en sandbund. Noget tilsvarende gør sig gældende for mikrobiologiske organismer fra spildevandet, hvis overlevelse er betinget af, at der findes organisk stof på havbunden.

På denne baggrund må det alt andet lige frarådes at placere diffusoren i en udløbsledning i et område med dyndet havbund.

FORTYNDINGSMEKANISMER

En udløbsledning afsluttes normalt med en diffusor, som har til formål at give så stor en fortynding som muligt. Fortyndingsprocessen kan opdeles i følgende tre fysisk forskellige mekanismer:

- 1) Initialfortynding i opstigningsfasen
- 2) Opdriftsbetinget overfladespredning
- 3) Diffusion som følge af baggrundsturbulensen i recipienten.

Nedenstående gives en kort kvalitativ beskrivelse af disse.

INITIALFORTYNDINGEN

Når spildevandet forlader diffusoren vil opdriftsforskellen mellem det

i densitetsmæssig henseende ferske spildevand og det salte vand i recipienten medføre, at spildevandet under stadig fortynding bevæger sig mod overfladen. Denne fortyndingsmekanisme kan som regel beregnes ud fra semiempiriske formeludtryk som f.eks. angivet i /1/ eller /3/.

Såfremt strømhastigheden i recipienten er af samme størrelsesorden som udløbshastigheden, opnås en større fortynding. En kvantitativ beregning heraf kan gøres med udgangspunkt i /6/.

Kravet til overfladefortyndingen er betinget af følgende to forhold:

- 1) Æstetiske og lugtmæssige forhold kræver normalt en fortynding på mindst 20-50 gange.
- 2) Spildevandets evne til efter initialfortyndingen at blive fortyndet yderligere i recipienten er ofte blevet formuleret som et krav om, at det fortyndede spildevand på havoverfladen ikke må have en densitet, som adskiller sig mere end $0,5 \text{ kg/m}^3$ fra densiteten af vandet i recipienten. Betimeligheden af dette krav diskuteres i næste afsnit.

OPDRIFTSBETINGET OVERFLADESPREDNING

Når det fortyndede spildevand ligger på vandoverfladen vil tyngden søge at sprede det ud i alle retninger. Samtidig vil strømmen naturligvis transportere spildevandet bort med strømmen. Den grundlæggende hydrodynamiske beskrivelse af fænomenerne i denne fase er langt fra afklaret. Normalt ser man helt bort fra opdriftens indflydelse, når blot ovennævnte krav til densitetsdifferencen er opfyldt. Imidlertid er dette krav oprindeligt opstillet for den hollandske kyst langs den Engelske kanal, hvor tidevandet er kraftigt og lagdelingen er ubetydelig. Havet omkring Danmark er derimod oftest i meget høj grad lagdelt og turbulensforholdene er langt fra identiske med forholdene ved en tidevandskyst. Derfor vil den opdriftsbetingede overfladespredning ofte have væsentlig betydning ved udløbsledninger på danske kyster. I Brooks artikel /1/ diskuteres dette emne nærmere, omend fortrinsvis på kvalitativt niveau.

Det må stå helt klart, at det hidtil anvendte initialfortyndingskrav ikke har direkte fysisk relation til det mål at undgå en opdriftsbetinget overfladespredning med en lav fortyndingsgrad. Et fremtidigt krav må formentlig basere sig på vurderinger af balancen mellem overfladefanens potentielle energi og recipientens turbulente energiniveau.

TURBULENT DIFFUSION

Når fortyndingen i spredningsforløbet efterhånden har elimineret densitetsforskellene vil fortyndingsprocessen foregå som en turbulent diffusion, hvor vind, strøm, lagdeling og topografi har betydning. Bestemmelse af denne del af fortyndingen kan simuleres ved anvendelse af sporstofforsøg. Disse sporstofforsøg kan anvendes ved bestemmelse af de vertikale og horizontale diffusionskoefficienter. Med kendskab til den

udledte spildevandsmængde og koncentrationen af E-coli-bakterier kan forureningsniveauet beregnes. I disse beregninger tages også hensyn til det naturlige henfald af den bakteriologiske forurening.

FORUNDERSØGELSER AF RECIPIENTFORHOLDENE

De i recipientmæssig henseende kritiske perioder er oftest knyttet til sommerperioden, hvor der kan bades og hvor den højere vandtemperatur betinger en stor biologisk aktivitet i recipienten. En forundersøgelse for en udløbsledning må derfor nødvendigvis koncentrere sig om meteorologiske og hydrografiske situationer, hvor forholdene er relativt stabile. For danske forhold er det her værd at understrege, at sommersituationer med stabile højtryk adskiller sig væsentligt fra, hvad man ellers kan betegne som værende det typiske danske vejr, hvor lavtrykkene over nordatlanten sender ustabil luft ind over landet. Et stabilt højtryk medfører, at vejrforholdene holder sig uændret i fra et par dage til helt op til over en måned. Endvidere kan situationen ved kysten, måske lidt firkantet, karakteriseres ved:

- 1) Der blæser en svag pålandsvind (søbrise).
- 2) Strømforholdene domineres af tidevandet.
- 3) Vandspejlsvariationerne er ubetydelige (excl. ved den jyske vestkyst).
- 4) Bølgeaktiviteten er svag.

En forundersøgelses delementer kan være følgende:

KYSTMORFOLOGISKE UNDERSØGELSER

Kendskabet til de kystmorfologiske processer er væsentligt for vurderingen af, om der eventuelt kan opstå mikrobiologisk eller tungmetalforurening af bundens overfladesedimenter og fauna. Overfladesedimenternes art må derfor kortlægges i nogle hundrede meter omkring diffusoren.

HYDROGRAFISKE UNDERSØGELSER

De hydrografiske forundersøgelser må omfatte:

- 1) tidevandsstrømmens fordeling i tid og sted
- 2) betydningen af de sekundære vindinducerede strømme
- 3) lagdelingsstrukturen

For at få blot et minimum af relevante data er det ofte nødvendigt at udnytte lokale, kvalitative informationer og andre generelle data fra området. Kortvarige måleserier på mindre relevante tidspunkter af året kan der naturligvis ikke siges meget positivt om.

SPORSTOFUNDERSØGELSER

Sporstofundersøgelser vil ofte være meget værdifulde, hvis de udføres på de rigtige tidspunkter. Sporstofforsøg kan betragtes som en simulering af de planlagte forhold og sporstoffanens udseende afspejler i integreret form de enkelte faktorerers indvirkning.

Som regel vil man ved sporstofforsøgene begrænse sig til at vurdere fortyndingen som følge af strøm og turbulens. Dette gøres ved kontinuert at udlede sporstof, f.eks. den fluorescerende farve rodamin B, i de øverste vandlag over den planlagte diffusor. Herefter opmåles koncentrationsfordelingen, med de nødvendige måleinstrumenter placeret i en mindre båd. I denne forbindelse er positionsbestemmelsen et centralt punkt i målearbejdet. Metodikken på båden kan iøvrigt minde en del om almindelig pejling, hvor man blot har erstattet ekkoloddet med en målesonde for sporstoffet.

Sporstofforsøg kan med held suppleres eller måske i visse tilfælde ligefrem erstattes af forsøg med flydere (strømkors).

UDLØBSLEDNINGENS HYDRAULIK

GRAVITATIONSLEDNING

Beregning af selve udløbsledningen foretages ud fra almindelige hydrauliske retningslinier. Forholdene i diffusoren er imidlertid relativt komplicerede, da man ikke på forhånd kender vandføringsfordelingen mellem udløbsportene. Man må da anvende en iterativ metode, hvor man med udgangspunkt i en antaget vandføringsfordeling successivt nærmer sig den korrekte løsning. EDB-programmer for sådanne beregninger foreligger.

PUMPELEDNING

Beregningen af en pumpeledning med tilhørende diffusor er stort set identisk med beregningsmetoden for gravitationsledningen.

Generelt set må der advares imod at anvende pumpeledninger på grund af trykstødsproblemerne. Disse trykstød begrænser mulighederne for materialevalg for selve røret og kræver særligt hensyn ved den konstruktive udformning af diffusoren. Endvidere giver trykstødet anledning til relativt store deformationer af plastledninger, i størrelsesordenen op til 1 mm variation i rørdiameteren, hvilket langt fra er problemløst. Men det skal understreges, at trykstødsproblemerne naturligvis kan løses ved en fornuftig dimensionering.

PUMPELEDNING MED TRYKTÅRN

Kræver niveauforholdene at spildevandet nødvendigvis må pumpes ud gennem udløbsledningen, kan det være ønskeligt at etablere et tryktårn

(eller udligningsbeholder) for at fjerne trykstødet i udløbsledningen. Desuden har tryktårnet den fordel, at man sikrer sig, at luft fra pumpeledningen ikke føres ud i udløbsledningen.

Forsynes udløbsledningen med et tryktårn opstår der den komplikation, at pumpens intermitterende drift forårsager svingninger i tryktårnet og i udløbsledningen. En hydraulisk svingningsberegning er derfor nødvendig for fastsættelse af tryktårnets højde og overfladeareal. Vandkraftlitteraturen indeholder gode eksempler på beregningsmetoder.

AFSLUTTENDE KOMMENTARER

Dimensionering, projektering og udførelse af udløbsledning indeholder en række spændende vandbygningstekniske og miljømæssige problemstillinger. Selv om flere af delproblemerne lader sig løse på normal ingeniørmæssig vis, er der stadig centrale, uløste problemstillinger af både hydraulisk og biologisk art. En sådan sammenblanding af kvalitative og kvantitative dimensioneringskrav er derfor noget vi formentlig må leve med lang tid endnu.

LITTERATUR

- /1/ Brooks, Norman H. (1980): "Synthesis of stratified flow phenomena for design of outfalls",
Second International Symposium on Stratified flows IAHR, Trondheim juni 1980.
- /2/ Cabelli, V.J. (1980): "A health effects data base for the derivation of microbial guidelines for municipal sewage effluents"
Conference on Coastal Discharges-engineering aspects and experience. Institute of Civil Engineers, London oktober 1980.
- /3/ WHO/DANIDA (1976): "Coastal pollution control"
WHO training course. Trykt af Polyteknisk forlag og Special-Trykkeriet Viborg A/S.
- /4/ Miljøministeriet (1978): "Bekendtgørelse om badevand og badestrande"
Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 143 af 30. marts 1978.
- /5/ Miljøstyrelsen (1974): "Vejledende bestemmelser for udledning af spildevand"
Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1974.
- /6/ Agg, A.R. (1978): "Investigations of Sewage Discharges to some British Coastal Waters, Chapter 6. Initial dilution"
Water Research Centre, technical report TR 99. England.

FIGURER

Herefter følger fire figurer.

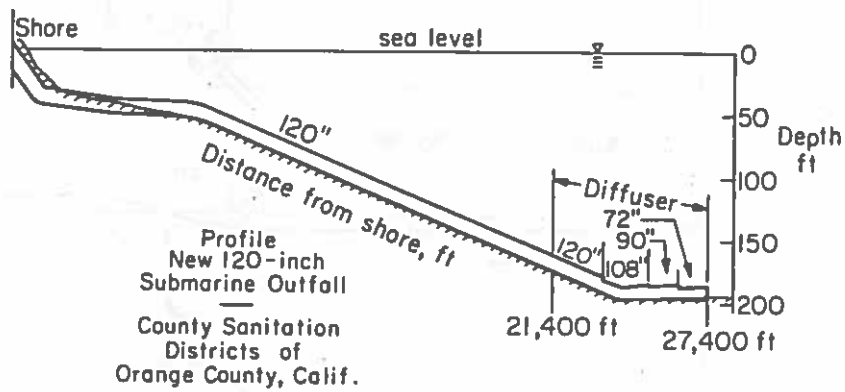
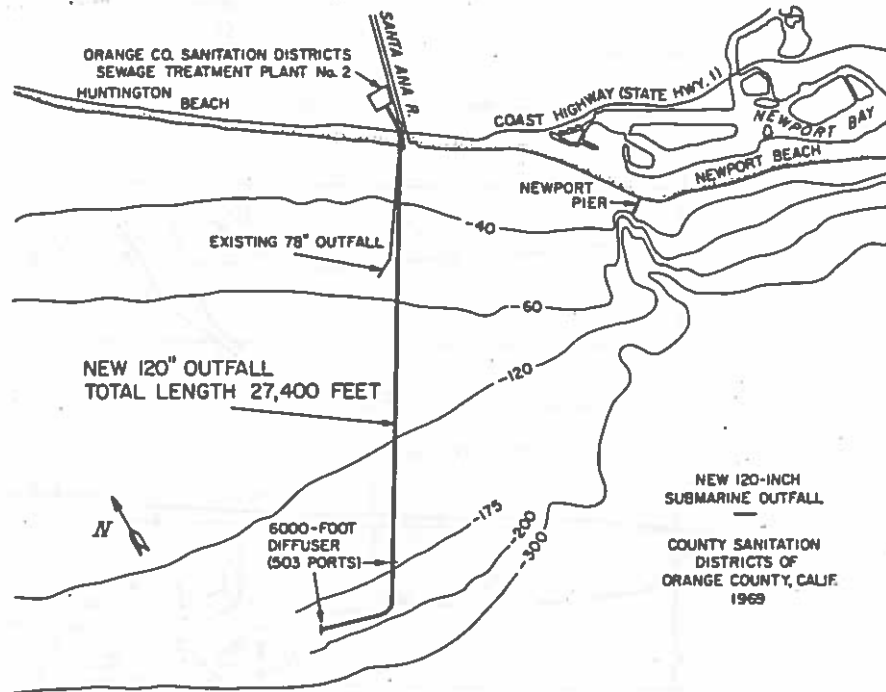
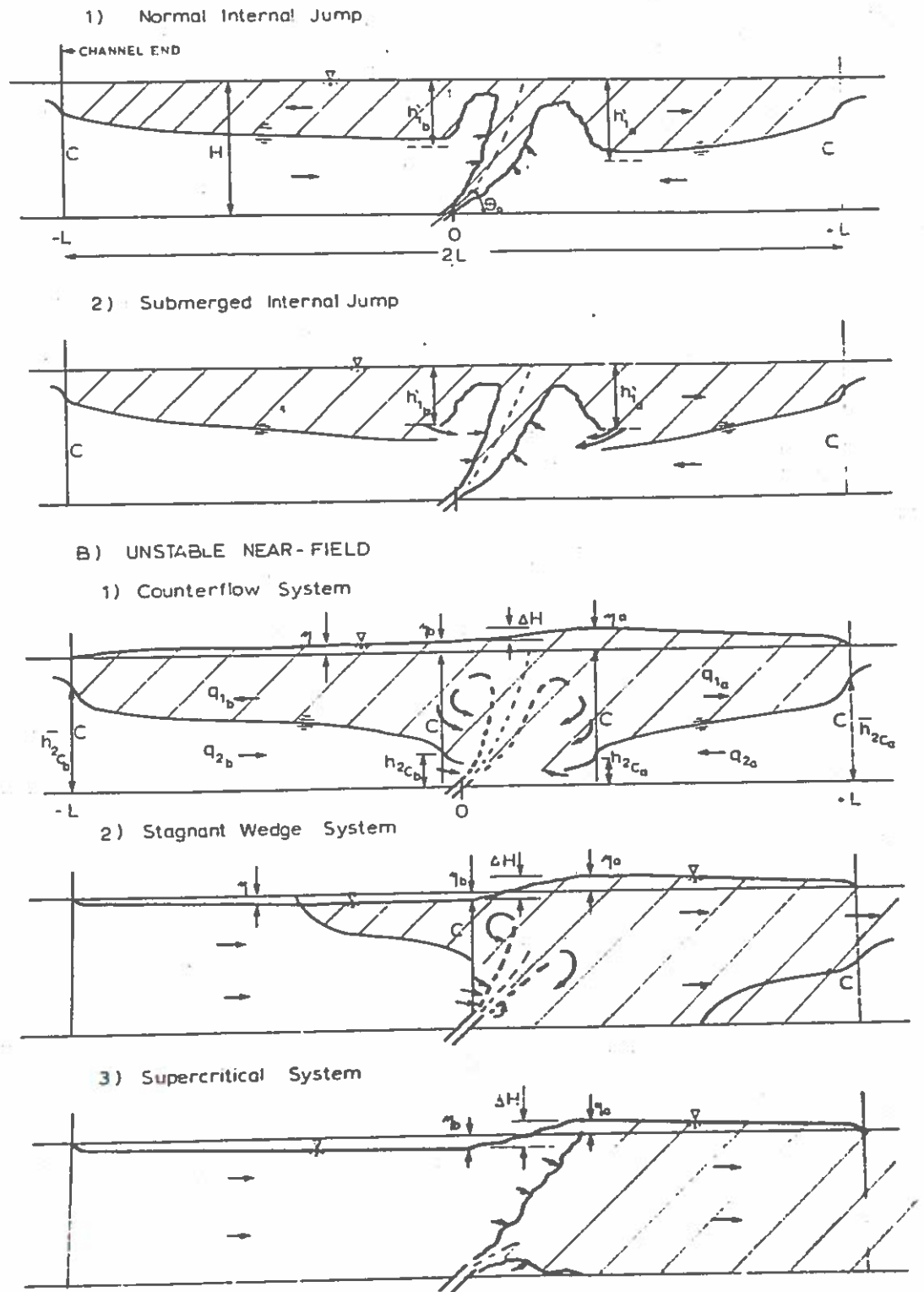


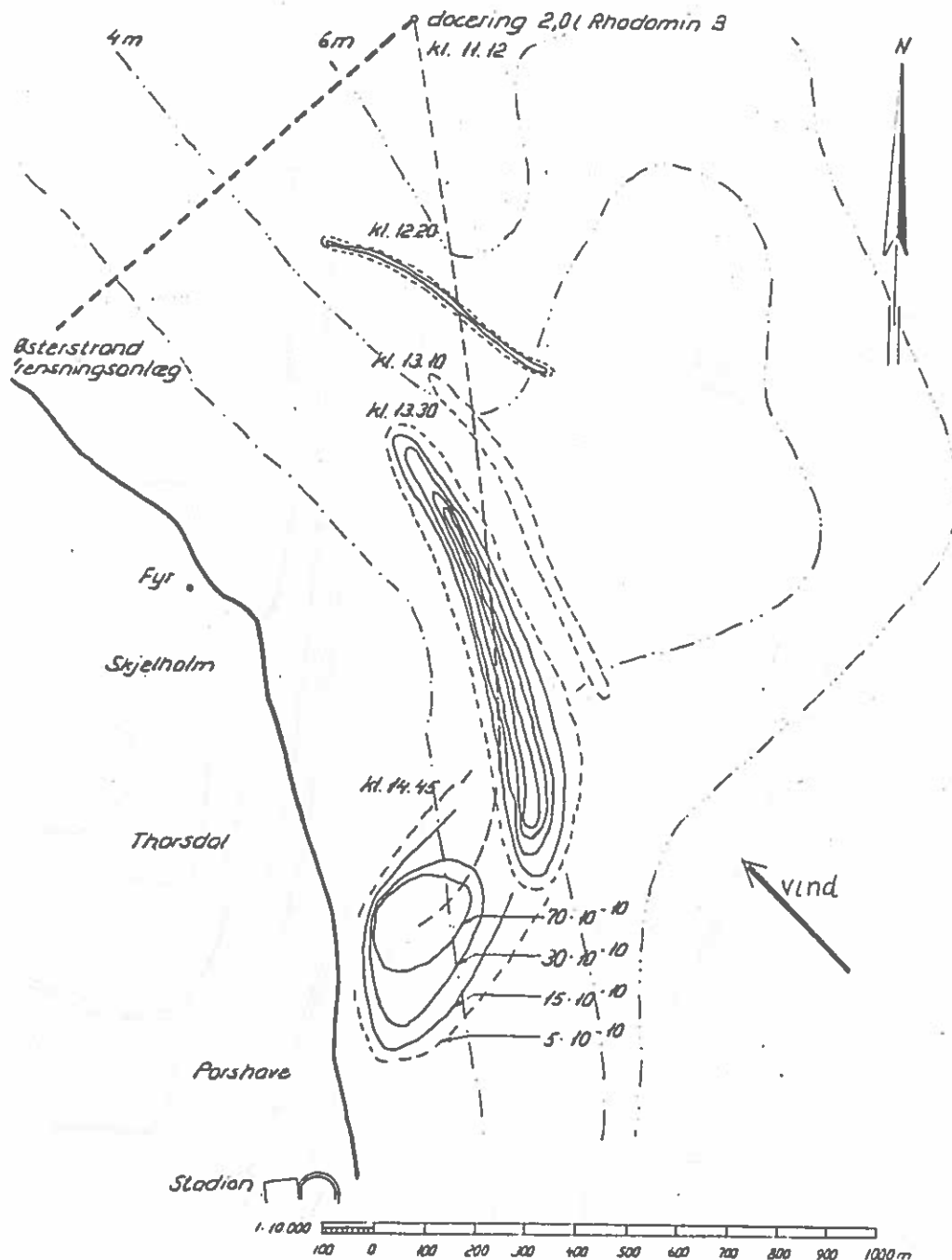
Fig. 1 Schematic plan and profile of the 120-inch outfall, County Sanitation Districts of Orange County, California. (In metric units, the overall length is 8.35 km; the diffuser length is 1.83 km; the diffuser depth is 53-60 m; and the pipe diameter is 3.05 m.) (After Koh and Brooks, 1975)

Fig. 1 \varnothing 305 cm uløbsledning fra Orange County, California.



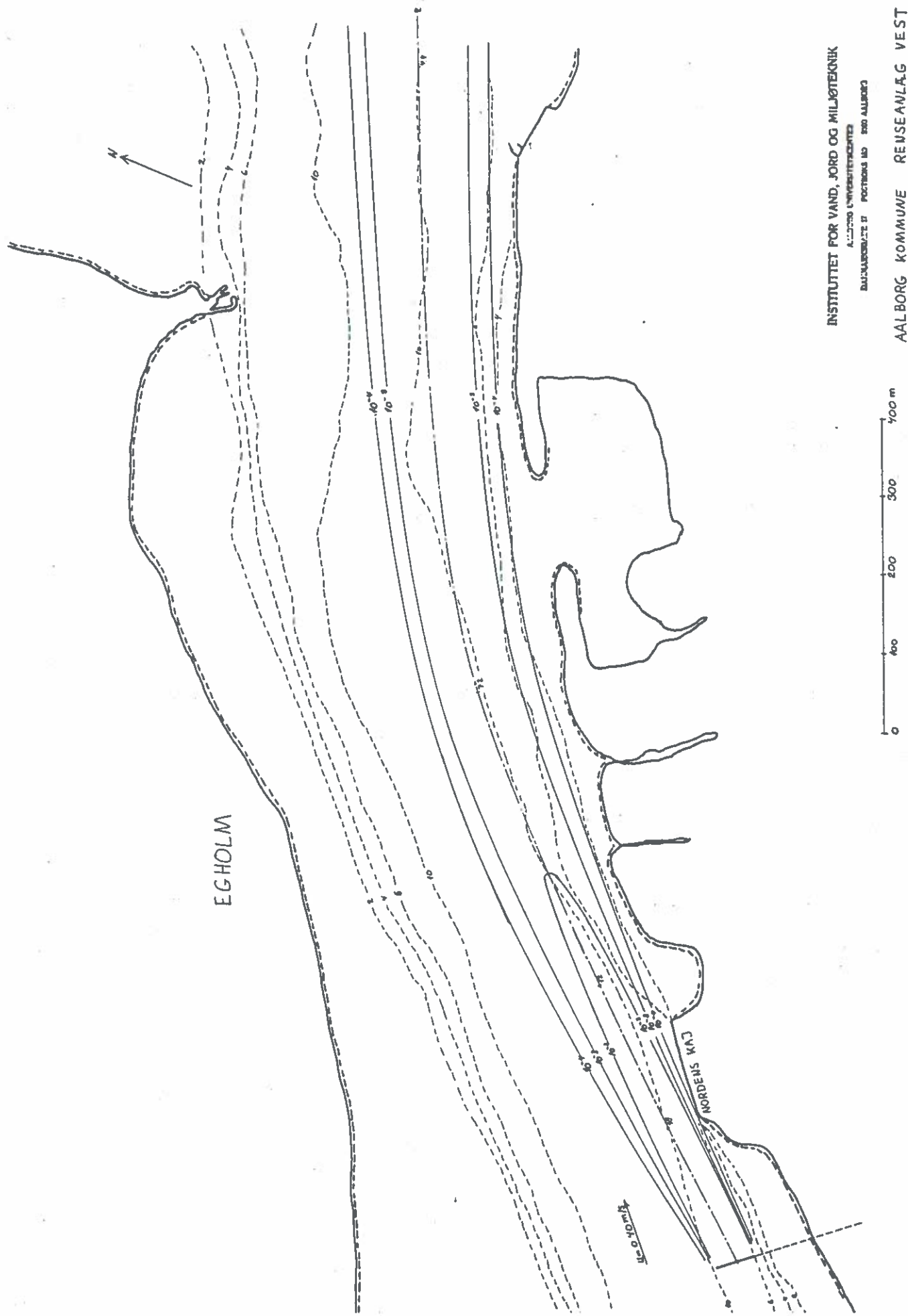
Variety of Flow Regimes Which can Develop in the Vicinity of a Submerged Discharge (after Jirka and Harleman, 1973)

Fig. 2 Karakteristiske strømningformer omkring diffusoren.



7265 Nykøbing M.	Mål. 1:10.000
Sporstafundersøgelse d. 6-8 1975	Tegn nr. 24
SE-vind 3-5 m/sek.	Tegn. AMG Rett.
Den 1. marts 1976 Torben Jensen	

Fig. 3 Eksempel på sekundære vindstrømmes betydning for transport og spredning.



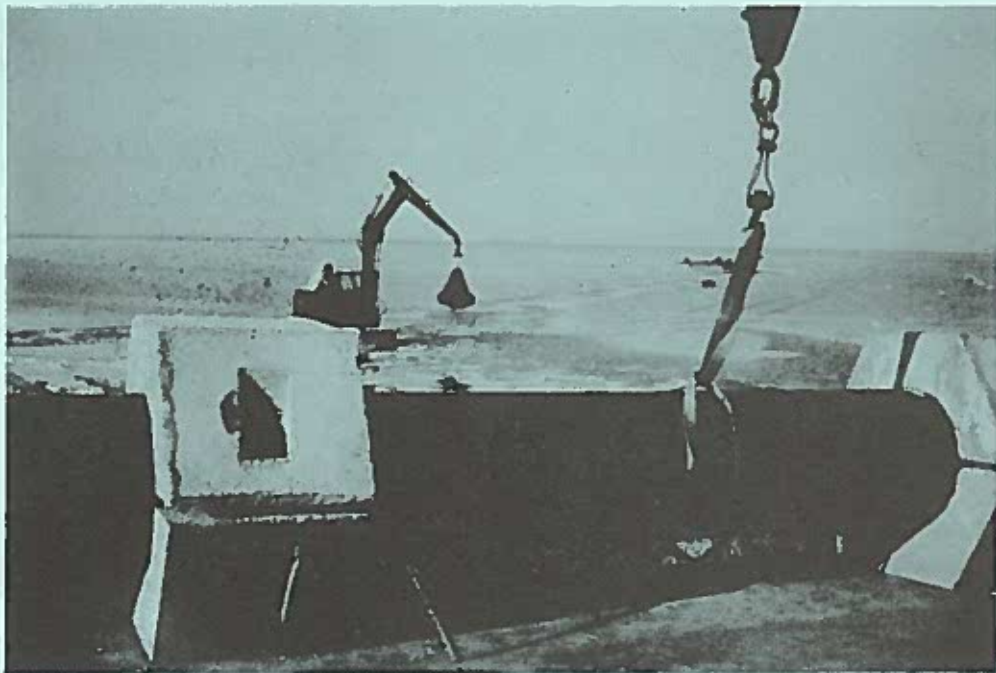
INSTITUTTET FOR VAND, JORD OG MILJØTEKNIK
 ÅLBORG UNIVERSITETSCENTRET
 BILJÆLVERGÅDE 17 POSTBOKS NO 800 ÅLBORG

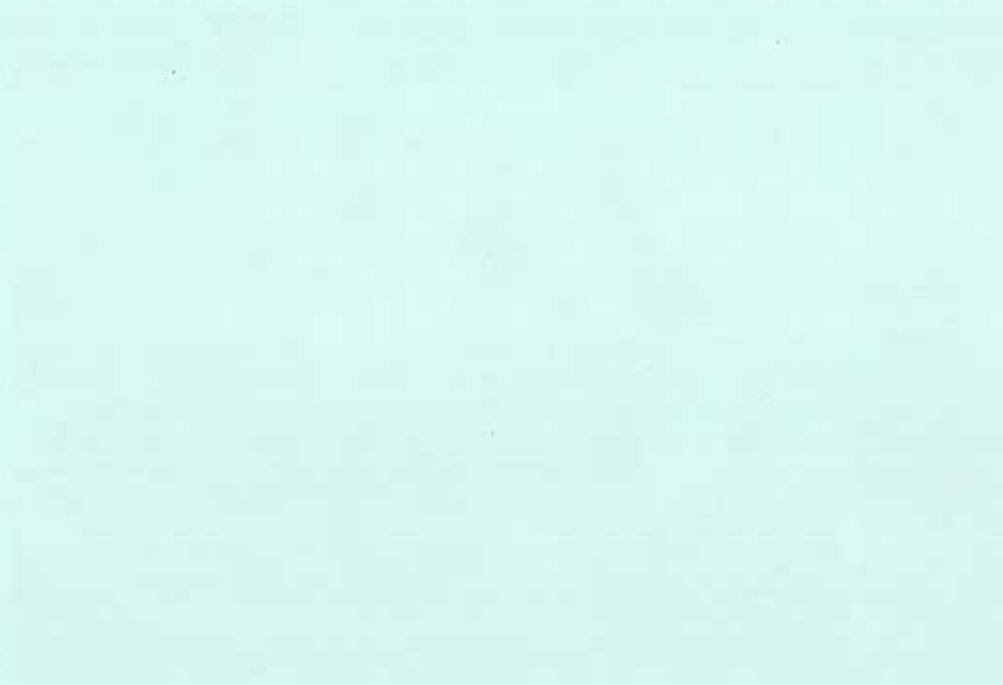
ÅLBORG KOMMUNE RENSEANLÆG VEST
 50 M DIFFUSOR OVERFLADEKONCENTRATIONI
 $u = 0.40 \text{ m/s}$ PÅLANDSVIND

Fig. 4 Eksempel på fortyndingsberegning ud fra sporstofforsøg.

PROJEKTERING AF UDLØBSLEDNINGER

Fl. Monrad Johansen
Cowiconsult





I N T R O D U K T I O N

Indlægget redegør for det totale projekteringsforløb for en udløbsledning - set ud fra den rådgivende ingeniørs synsvinkel.

Cowiconsult har projekteret omkring 24 udløbsledninger i udlandet og i Danmark inden for de seneste 7-8 år, og der vil i indlægget blive belyst konkrete eksempler i forbindelse med disse projekter.

INDLEDNING

Danmarks lange kystlinie betyder, at landet - i kraft af havenes selvrensningsevne - har et meget stort rensningspotentiale liggende i havet.

Det var derfor naturligt at satse på denne selvrensningsevne, da der gennem de nye miljølove i 70'erne blev stillet skærpede krav til spildevandsrensning, ligesom kontrollen med overholdelse af kravene stillet i forbindelse med tidligere givne udledningstilladelser blev skærpet.

Af spildevandsplanerne - de såkaldte §21-planer - hvorefter der nu foreligger en plan for hver kommune i landet, fremgår det klart, at der i høj grad via udløbsledninger er satset på havet som en rensningsmulighed.

Også landets industrier - som for en væsentlig del selv klarer deres rensningsproblemer - bruger havet som en rensningsmulighed.

Spildevandsudledningen foretages normalt via et mekanisk rensningsanlæg kombineret med en lang udløbsledning, eller udledningen sker via et mekanisk-biologisk anlæg kombineret med en kort udløbsledning.

Hvilken kombination der vælges, afhænger af de muligheder, recipienten giver.

FORUNDERSØGELSER

At finde den optimale placering af en udløbsledning i et kystområde kan være vanskeligt, da placeringen beror på et samspil mellem mange faktorer, bl.a. en god placering af rensningsanlægget, en hensigtsmæssig placering af udløbspumpestation eller udløbsbygværk og ikke mindst velegnede havbundsforhold med et jævnt fald ud til et område med rimelig vandudskiftning.

Det meste forarbejde til bestemmelse af et eller flere alternative traceer vil normalt kunne gøres ud fra allerede tilgængeligt materiale, herunder søkort, der kan suppleres med Farvandsdirektoratets A-kort, som er det mere detaljerede grundlag for søkortene.

Ved vurdering af den optimale tracé for udløbsledningen indgår den væsentlige faktor, at landleddningens pris pr. m kun er 10-20% af udløbsledningens pris pr. m.

Når den foreløbige tracé er valgt, skal recipientens muligheder for at modtage spildevand bekræftes gennem en række undersøgelser.

RECIPIENTUNDERSØGELSER

Undersøgelserne kan i hovedtræk opdeles i de biologisk/kemiske undersøgelser og de hydrografiske undersøgelser suppleret med generelt tilgængelige meteorologiske data.

De biologisk/kemiske undersøgelser omfatter i hovedtrækkene målinger af vandets indhold af næringsstoffer, primærproduktionen i vandet og bundfaunaundersøgelser; endvidere kan der indgå bundsedimentundersøgelser, hvor en vurdering af tungmetallophobningen kan give oplysninger om vandkvaliteten på længere sigt.

Der foreligger et meget omfattende generelt undersøgelsesmateriale for næsten alle danske kystområder. Det er et materiale, der ofte vil være fyldestgørende ved en vurdering af de biologisk/kemiske konsekvenser for recipienten ved udledning af spildevand.

Der kan f.eks. nævnes:

- Spildevandsudvalgets undersøgelse fra 1971 af primærproduktionen i 5 jyske fjorde
 - Limfjordsundersøgelsen i 1973-75
 - Miljøstyrelsens bæltprojekt fra 1976
 - Køge Bugt undersøgelsen
 - Flensborg fjord undersøgelsen
- og mange andre.

Kun ved meget store spildevandsudledninger eller ved udledninger i ferske recipienter vil det normalt være nødvendigt at foretage egentlige biologisk/kemiske undersøgelser.

Anderledes stiller det sig med de hydrografiske undersøgelser, der hovedsagelig bruges til at vurdere konsekvenserne for den æstetiske og hygiejniske vandkvalitet i udledningsområdet.

De hydrografiske undersøgelser vil altid være nødvendige i forbindelse med udledning af spildevand. Undersøgelserne omfatter normalt:

- Salinitets- og temperaturprofiler
- Strømprofilmålinger
- Undersøgelser af overfladevandets transportmønster.

Det er undersøgelser, som den projekterende, der har det nødvendige måleudstyr, selv kan foretage.

Til strømprofilmålinger kræves et specialudstyr som f.eks. en Braystoke strømmåler af propeltypen, medens undersøgelserne af overfladevandets transportmønstre kan foretages med simple strømkors og farvedoseringer, der positionsbestemmes med teodolitter eller i forhold til et net af positionsbøjler, der i forvejen er udlagt i området.

Overfladevandets transportruter hænger nøje sammen med vindretninger og vindhastigheder. Sammen med in-situ målinger vil det være nødvendigt at bruge Meteorologisk Instituts omfattende materiale til bestemmelse af de fremherskende vindretninger.

BEREGNING AF VANDKVALITETER

Med de forudsætninger, der er givet ved de indkomne måleresultater og vanddybder bestemt ud fra tilgængeligt kortmateriale, kan der nu foretages en foreløbig beregning af de forventede vandkvaliteter.

De hygiejniske problemer ved spildevandsudledning knytter sig primært til kravet om godt badevand ved nærliggende badestrande, mens de æstetiske problemer vedrører forholdene umiddelbart omkring udledningsstedet, hvor en synlig "spildevandssø" kan optræde.

Det vil normalt være en fordel for den hygiejniske og æstetiske vandkvalitet at få spildevandet indlejret i det såkaldte springlag, der vil opstå, når et tungere bundlag overlejres af et lettere overfladelag. Det kan dog forringe den biologiske vandkvalitet, hvis store mængder spildevand indlejres i springlaget, specielt fordi fisk og smådyr ofte placerer sig netop i dette lag.

En indlejring i springlaget forudsætter, at spildevandets massefylde er mindre end bundlagets, hvilket normalt gælder for almindeligt byspildevand. For industrispildevand kan det derimod forekomme, at massefylden er større end havvandets. Det vil i sådanne tilfælde være nødvendigt at få spildevandet bragt så højt op mod havoverfladen som muligt for at give det den bedst mulige initialfortynding, inden det igen søger ned mod bunden og eventuelt indlejrer sig her.

Den sidste forudsætning, der skal opfyldes, inden en fortyndingsberegning kan udføres, er derfor at bestemme, hvor mange udledningpunkter der ønskes, og hvilken hastighed og retning udløbsstrålen skal have.

Fortyndingsberegningen har til formål at godtgøre, at to specifikke krav til spildevandsfortyndingen er opfyldt.

Det første krav nævnes i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6 fra 1974 om spildevand, hvor det kræves, at initialfortyndingen er mindst 10.

For at formindske muligheden for dannelsen af den tidligere nævnte spildevandssø bør initialfortyndingen endvidere være så stor, at den maksimale forskel mellem det fortyndede spildevand i havoverfladen og det omkringliggende havvand er mindre end $0,5 \text{ kg/m}^3$.

Det andet krav er indeholdt i Miljøstyrelsens vejledning nr. 1 fra 1978 om kontrol med badevand.

I denne vejledning kræves, at den samlede effekt af den fysiske fortynding samt den biokemiske nedbrydning - eller henfald - af indikatorbakterierne *Eschericia Coli* og coliforme bakterier skal være så stor, at det i vejledningen nævnte badevandskvalitetskrav er opfyldt ved relevante badeområder.

Kvalitetskravet er baseret på antallet af de nævnte indikatorbakterier i prøver udtaget hver 14. dag i månederne fra maj til oktober.

Den samlede effekt af den fysiske fortynding beregnes ud fra initialfortyndingen og fjernfeltsfortyndingen. Fjernfeltsfortyndingen er den fortynding, der opnås under spildevandets transport ind mod badeområdet. Badevandsprøverne udtages på 1 m vand ca. 30 cm under vandoverfladen.

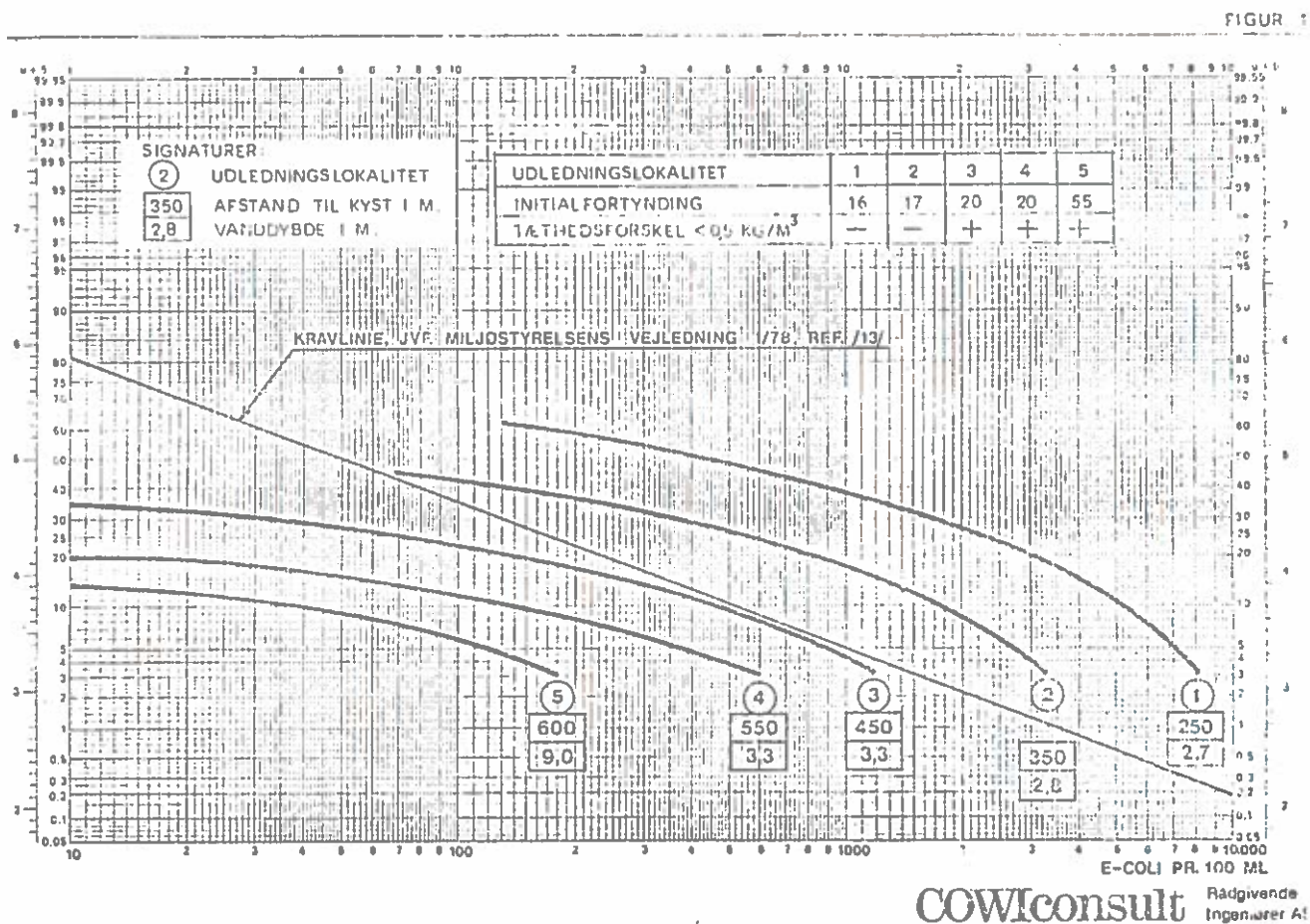
Da man må forvente badning ud på 2 m vand, er det almindelig praksis at basere fortyndingsberegningen på afstanden fra udledningpunktet til 2 m dybdekurven. I henhold til myndighedskravene opnår man herved en lille sikkerhed.

Til beregningen af initialfortyndingen foreligger der adskillige praktiske og teoretiske studier, der kan sammenstilles til anvendelige beregningsformler.

Det samme gælder for beregningen af fjernfeltsfortyndingen og mikroorganismernes henfald, hvor der er udviklet anvendelige simplificerede matematiske modeller.

Disse beregninger vil det føre for vidt at komme ind på her.

Resultaterne af beregningerne kan præsenteres som vist på fig. 1.



Det ses, at der er foretaget beregninger for 5 forskellige udledningspunkter. Udledningspunkt 3 opfylder præcis de tidligere omtalte krav. Men for pkt. 3 og 4 gælder, at det er beregnet, at der vil optræde en spildevandssø, der muligvis er synlig i ca. 2/3 af den tid, der udledes spildevand.

I pkt. 5 vil en sådan spildevandssø opleves i mindre end 1/3 af tiden.

Beregningsresultaterne bør prissættes, således at det bliver muligt at vurdere, hvad anlægsudgiften vil blive i forhold til en beregnet vandkvalitet. Det vil ofte være muligt at forbedre vandkvaliteten ud over det af myndighederne krævede for en rimelig merinvestering.

Disse betragtninger bør fremlægges i en teknisk/økonomisk rapport.

Når bygherren ud fra de angivne muligheder har besluttet sig for et givet alternativ, kan den egentlige projektering påbegyndes.

FORPROJEKT

Den tekniske udformning af projektet skal godkendes af flere myndigheder. Det er derfor relevant at udføre et forprojekt med en detaljeringsgrad, der netop er tilstrækkelig til, at projektet kan vurderes og godkendes.

I "Vejledning for anbringelse af rørledninger på søterritoriet" fra 18. maj 1977 angives detaljerede vejledninger for projektets udformning. Vejledningen tager fortrinsvis sigte på de søfarendes sikkerhed. Det er dog vigtigt for den projekterende at vide, at der kan gives dispensation fra vejledningen, og at rimelige afvigelser i visse tilfælde kan godtages af myndighederne.

I forprojektet indgår en række undersøgelser, opmålinger og beregninger, som gennemgås nedenfor i den rækkefølge, de normalt vil blive foretaget.

a. Topografiske opmålinger af havbunden

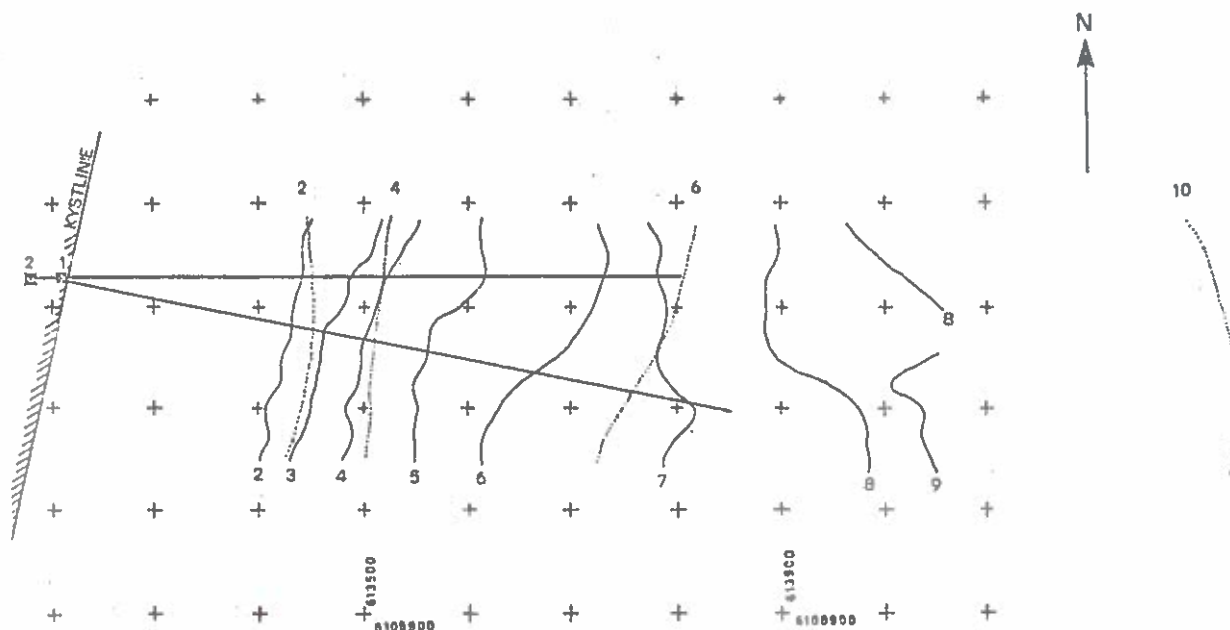
Som minimum skal den forventede ledningsføring afsættes og pejles med en afstand mellem pejlepunkterne, der sikrer en nøjagtighed på bundprofilet på ± 10 cm. Pejlinger på lave dybder udføres med pejlestok eller line; på større dybder kan anvendes et elektronisk udstyr som f.eks. en Pressure Level Monitor (PLM 0015), hvis føler enten slæber over bunden eller placeres af en dykker. Eventuelt pejles flere alternativer. Pejlelinierne kan være bestemt i forvejen ud fra vejledende ekkolodsmålinger.

Ved denne metode kan det være meget vanskeligt at bestemme den nøjagtige horisontale position af hvert pejlepunkt, og pejleresultaterne gælder kun for den præcise linie, der er pejlet.

Der findes i dag udstyr, der ved hjælp af radiopejlinger til koordinatfixpunkter og ekkolod er i stand til at foretage en løbende registrering af havbundsoverfladen.

Punkterne udtegnes på kort, og højdekurver kan indlægges manuelt. Dette giver et særdeles overskueligt kortmateriale til bestemmelse af den optimale placering af udløbsledningen. På fig. 2, som viser en sådan kortpejling, ses det, at højderne afviger lidt fra søkortet, men specielt mellem 6 og 10 meter kurven er topografien interessant.

FIGUR 2



GUDME KOMMUNE

UDLØBSLEDNING VED ELSEHOVED

COATconsult Rådgivende
Ingeniør AS

I det pågældende projekt var påregnet en placering vinkelret på kysten, men pejleresultaterne viser, at der ved flytning af traceen lidt mod nord kan opnås en dybde på 7,3 m ca. 30-40 m før den oprindeligt fastsatte. Dette forhold giver en væsentlig besparelse i anlægsudgifterne.

De oplysninger, som et præcist kort giver, er ligeledes en stor fordel i udbuds- og tilbudsfasen, da det giver et godt og entydigt grundlag for tilbudsafgivelse med hensyn til gravearbejdet.

I forbindelse med pejlingerne er det vigtigt at få opsat 2 referencepunkter på land, hvortil alle pejlinger og undersøgelsespunkter kan indmåles. Referencepunkterne kan udføres som trekantbåker og bør opsættes præcis i forlængelse af havledningen og på steder, hvor de kan bevares under hele opmålings- og udførelsesfasen. Herved opnås, at alle opmålinger og bundundersøgelser knytter sig til den samme linie, som entreprenøren skal udføre ledningen efter.

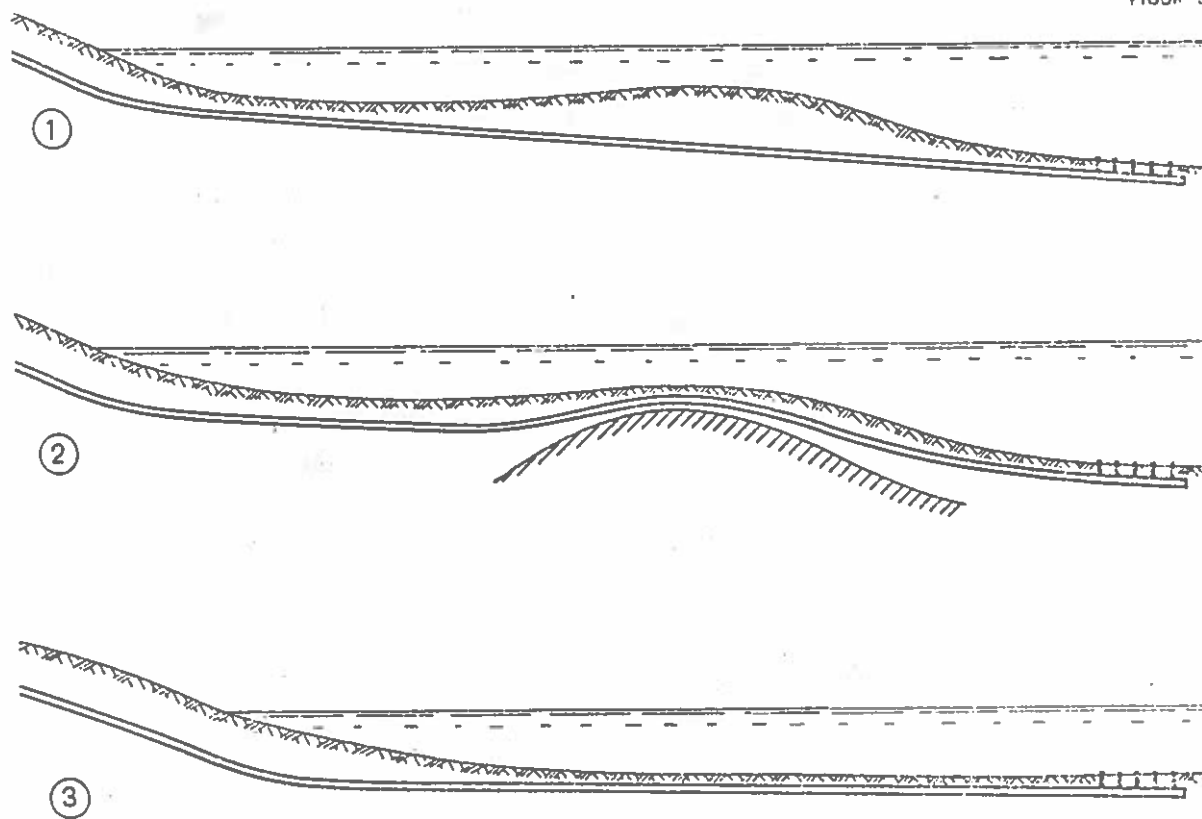
b. Ledningstracé, længde og dybde

Med de forudsætninger, der er opstillet i den teknisk/økonomiske rapport, bestemmes nu den endelige ledningslængde og dybde af udledningpunkterne. Såfremt der konstateres ændringer i forhold til de tidligere forudsatte

dybder og afstanden til kysten, kan det være nødvendigt at gennemregne konsekvenserne for den æstetiske og hygiejniske vandkvalitet for at sikre, at kravene stadig er overholdt.

Ved fastsættelse af ledningens længdeprofil bør der lægges stor vægt på, at ledningen overalt har et fald ud mod diffusoren. Dette kan indebære nogen ekstra gravning, men med de jordarter, vi normalt har på kysterne, kan denne ekstra udgravning udføres til en forholdsvis rimelig pris. De få steder, hvor forekomst af granit - som f.eks. på Bornholm - eller hvor kalk og faste leraflejringer giver væsentligt forøgede omkostninger, bør disse omkostninger vurderes i forhold til de gener, som pukler og knæk på ledningen giver. Fig. 3 angiver tre typiske eksempler på længdeprofiler.

FIGUR 3



Den største gene ved pukler på ledningen er, at luft i spildevandet kan samles i højdepunkterne og give anledning til alvorlige skader og driftsforstyrrelser. Uanset, at der ved udformningen af tilløbsbygværker og pumpestationer kan tages højde for, at luft ikke hvirvles med spildevandet ind i ledningen, vil der ofte i vandet være luftbobler med en diameter $< 1,0$ mm, som svæver frit i vandet, når vandstrengen er i bevægelse, men som stiger op mod rørtoppen, når vandet står stille. Den anaerobe aktivitet i spildevandet fra et mekanisk rensningsanlæg kan ligeledes fortsætte i spildevandet i ledningen og give anledning til dannelse af metangas. Når der forekommer højdepunkter, vil der også være dybdepunkter eller lunger, hvor der kan aflejres bundfald med anaerobe lommer.

Det er ikke muligt at gå i detaljer med de problemer, luftansamlinger giver, men de væsentligste er som følger:

1. Ledningen kan flyde op.
2. Der kan opstå betydelige trykstød ved sammentrykningen af en inde-spærret luftlomme; gentagne trykstød kan føre til træthedsbrud i ledningen.
3. Vandføringsevnen i ledningen kan nedsættes, og energiforbruget stige ved udpumpning af spildevandet, eller trykhøjden i udløbsbygværket er ikke tilstrækkelig til at igangsætte vandstrengen i ledningen - med oversvømmelse eller utilsigtet aflastning via en eventuel overløbsledning til følge.

Den vandhastighed, der er nødvendig for at fjerne luftlommer fra højdepunkter og transportere dem til udslip i udløbsåbningen, kan skønnes ud fra formler bestemt ved modelforsøg.

Hvis det er tvingende nødvendigt at projektere et højdepunkt ind på længdeprofilen, bør ledningen altid ekstraballasteres omkring højdepunktet.

Selv på længdeprofiler, hvor der er projekteret med et rimeligt fald tilbage til udløsningsbygværket, således at eventuelle luftansamlinger påregnes at undslippe bagud, kan der opstå problemer, hovedsageligt fordi det er vanskeligt rent anlægsteknisk at undgå lunger og højdepunkter. Et sådant utilsigtet højdepunkt kan give anledning til en mindre luftansamling. Optræder der samtidig temperatursvingninger, der giver anledning til spændinger i røret, eller forekommer der pulsationer og trykstød, der sætter et omkringliggende finkornet tilfyldningsmateriale i bevægelse, kan alle disse forhold tilsammen forårsage, at ledningen løfter sig i det pågældende højdepunkt.

Det er derfor vigtigt, at der angives ufravigelige tolerancer til længdeprofilen, og at det gennem omhyggelige kontrolmålinger konstateres, at tolerancen er overholdt.

På grund af isskruninger og bølgepåvirkninger, der kan forekomme i strandzonen, har vi for vore tidligere udførte udløbsledninger - under danske forhold - projekteret længdeprofiler således, at der opnåedes et beskyttelseslag på minimum 1 m i en udstrækning af ca. 50-100 m fra land.

c. Geundersøgelser

Det ligger uden for dette indlæg at gå i detaljer med geundersøgelser i forbindelse med udløbsledninger. Der er dog nogle generelle forhold, som den projekterende bør være opmærksom på:

- Undersøgelserne skal tjene to formål:
 - De skal være tilstrækkelige til, at funderingforholdene for ledningen kan vurderes.
 - De skal samtidig kunne bruges af entreprenøren til at vurdere omfanget af gravearbejdet og den nødvendige indsats af materiel.
- Undersøgelserne bør ubetinget foretages præcis i den endelige linie. Såfremt det er et vanskeligt område med varierende jordbundsforhold, kan der foretages en serie simple undersøgelser som f.eks. rammesonderinger. Disse sonderinger kan sikre, at der ikke forekommer væsentlige overraskelser, når de mere detaljerede jordbundsundersøgelser foretages i linjen.
- Problemer med blødbundsforekomster kan løses uden at foretage udskiftninger i større omfang. Selv med en 97% ballastering af ledningen er den forøgede belastning i funderingssnittet meget ringe, da der skal fradrages for det fjernede blødbundsmateriale. Ved at give ledningen tilstrækkeligt fald, kan der tages højde for de beregnede konsolideringssætninger, således at der ikke ved differenssætninger opstår lunger eller pukler på ledningen. I diffusorområdet kan differenssætninger give anledning til slamaflejringer i ledningen, men luftansamlinger vil nemt kunne undslippe via portene.

d. Dykkerundersøgelser

Geundersøgelserne kan suppleres med dykkerundersøgelser. Dykkeren kan optage poseprøver af det øverste bundlag og give rapport om vegetationen, forekomst af sten, havbundens jævnhed samt andre visuelle forhold i forbindelse med havbunden. Dykkerundersøgelserne kan foretages af den projekterende selv, men der findes specialfirmaer, der påtager sig disse arbejder. Cowiconsult har også i stort omfang haft glæde af Falck's svømmedykkertjeneste, som under instruktion af den projekterende gerne påtager sig undersøgelsesopgaver.

e. Bygværkstyper

Ud fra det fastlagte længdeprofil på havbunden og kysttværprofillets udformning kan det mest hensigtsmæssige udløbsarrangement bestemmes. Udløbsarrangementet skal sikre, at en række hydrauliske og driftstekniske forhold er til stede.

De vigtigste forhold er:

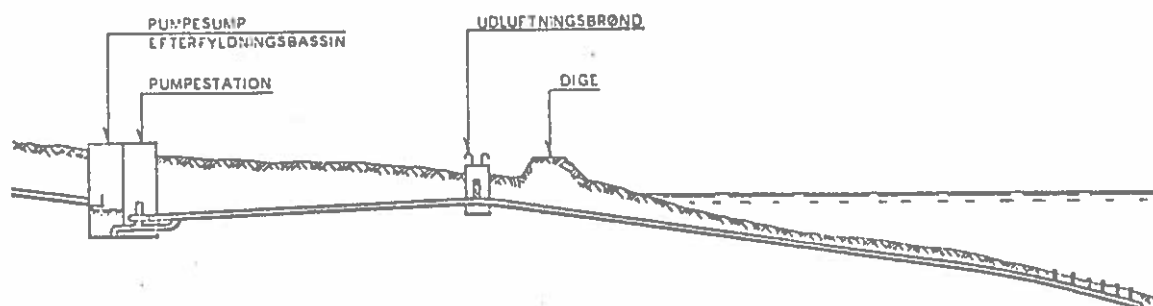
- Vandmængden skal udledes med en bestemt minimumshastighed, der sikrer selvrensning af ledningen både med hensyn til slam- og sandaflejringer og luftansamlinger.
- Vandmængden skal udledes i en mængde tilstrækkelig til at få gennemspulet ledningen.
- Udløbsmængderne må ikke i væsentlig grad påvirkes af høj- og lavvande.
- Udløbsarrangementet skal sikre, at der under ingen forhold kan føres luft ind i ledningen.

Der forekommer et utal af mere eller mindre hensigtsmæssigt udformede udløbsarrangementer. Der findes dog tre hovedtyper, som normalt anvendes i dag. Det er ikke muligt her at komme ind på alle detaljer, men i det følgende omtales de tre hovedtyper, som primært knytter sig til kystens topografi.

1. Pumpestationer

På flade kyststrækninger vil det være nødvendigt at etablere en udløbspumpestation. Det kan ofte være påkrævet at etablere et bassin, således at der er en tilstrækkelig vandmængde til rådighed, når udpumpningen starter. Det vil ofte være en fordel at kombinere bassinet med pumpeumpen. På fig. 4 er vist et typisk udløbsarrangement med pumpestation.

FIGUR 4



Dimensioneringen af pumpestationen følger helt den normale dimensioneringsprocedure for en pumpestation med tilhørende trykledning. På grund af konsekvenserne er det dog særdeles vigtigt, at der udføres præcise trykstødsbercgninger, og at der i projektet tages højde for udligning af de trykstød, der opstår, når en eller flere pumper sætter ud. Det er ligeledes specielt afgørende, at stationen udformes således, at der ikke kan transporteres luft ind i udløbsledningen.

Trykstødene kan udlignes ved etablering af en vindkedel, et udligningstårn eller ved at foretage efterfyldning af udløbsledningen.

Det kan være forbundet med vanskeligheder at etablere en vindkedel i forbindelse med spildevand, og udligningstårne kan give fredningsmæssige problemer. En efterfyldningsledning giver normalt sammen med bassin og pumpeump en god kombination.

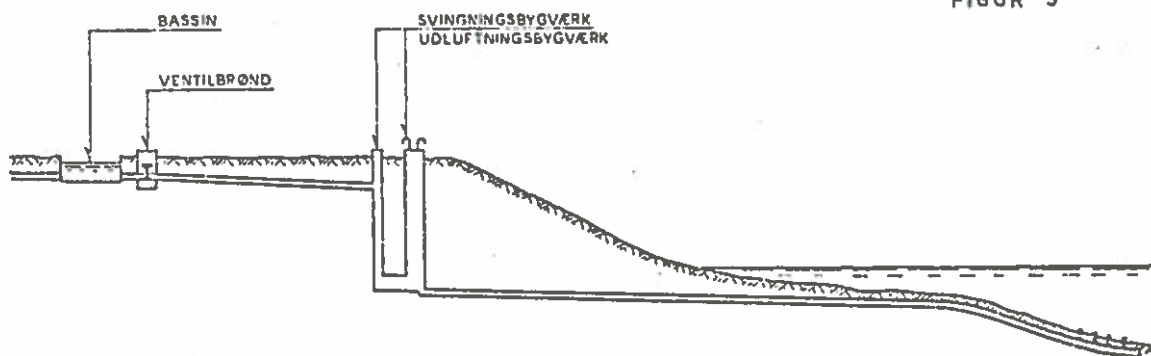
Uanset hvilken styring der vælges for udløbspumperne, kan der ikke opnås garanti for, at styringen ikke svigter, og at pumperne derved pumper luft ind i ledningen. For at forhindre skader på ledningen som følge af luft kan ledningen umiddelbart efter pumpestationen forsynes med et udluftningsbygværk. For at undgå, at der suges luft ind i ledningen via udluftningsbygværket, bør det forsynes med dobbeltvirkende ventiler, og ledningens øverste punkt bør som en ekstra sikkerhed placeres under laveste lavvande.

2. Svingningsbygværk, brønde

Ved kystområder med skrænter, der stiger jævnt til en højde af mindst 2-3 m, vil det ofte være muligt at etablere et svingningsbygværk. Bygværkets vigtigste funktion er hurtigt at bygge det tryk op, der skal sætte vandstrengen i udløbsledningen i bevægelse. Ved dimensionering af bygværket skal der tages hensyn til, at der er tilstrækkelig højde og volumen til rådighed til at undgå, at tilløbsopstuvningen giver anledning til overløb. Bygværket skal endvidere udformes således, at der ikke kan hvirvles luft ind i ledningen under drift og når vandet svinger til ro, når tilløbet stopper.

Der findes mange udformninger af svingningsbygværker. På fig. 5 er vist en typisk udformning af et bygværk.

FIGUR 5

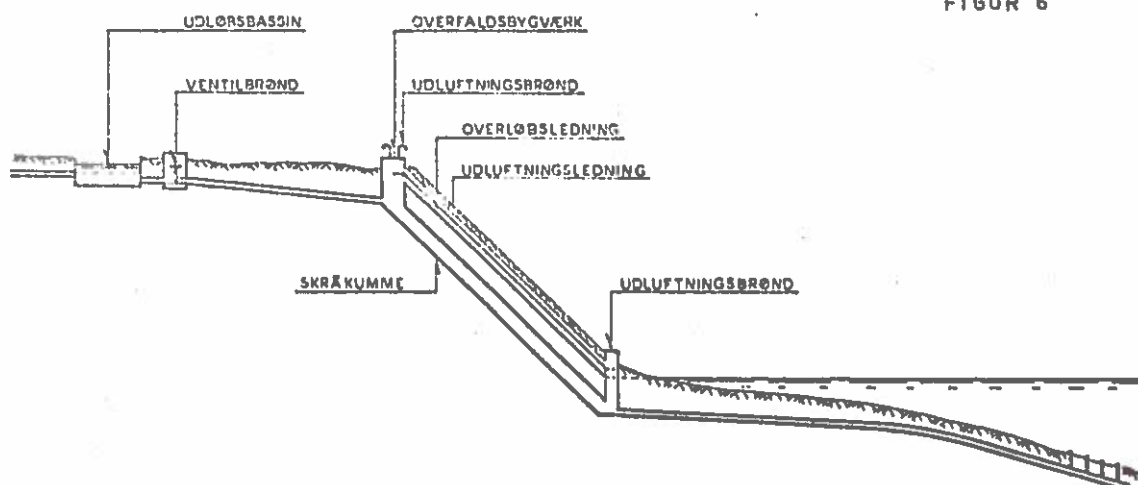


- Tilløbet sker via bassin. Bassinafløbet styres af en motorventil eller et kipskod.
- Tilløbet tilsluttes en cirkulær brønd. I brønden vil luft og vand emulgeres, specielt i opstarten.
- Tilløbsbrønden forbindes til hovedbrønden ved en rørledning, hvis længde og dimension beregnes således, at røret virker som en luftudskiller.
- Hovedbrønden dimensioneres for tilløbsopstuvningen og retardationssuget ved tilløbsstop. Endvidere skal brønden udformes således, at der ikke dannes luftsugende hvirvler i driftsperioden. Dette kan sikres ved at fastsætte en rimelig højde fra drift- og slutvandspejl til overkant af indløbsrør.

Udløbsarrangementet kunne udstyres med en overløbsledning og ekstra udluftningsbygværk ved kysten. Dette kan især være aktuelt, hvor skrænthøjden kun lige svarer til opstuvningshøjden, således at der ved højvande kan være brug for et nødoverløb.

3. Svingningsbygværk, skråkumme

FIGUR 6



Det kan være en fordel at udforme bygværket som en skråkumme som vist på fig. 6. Skråkummen kan ofte anvendes de samme steder som svingningsbrøndene, men specielt ved høje skrænter er de særdeles anvendelige. Cowiconsult har gode erfaringer med den viste udformning.

- Tilløbet sker via et bassin og styres af en motorventil eller et kipskod. Tilløbet kunne også ske via en pumpestation.
- Tilløbsvandet føres i det viste projekt via et overfaldsbygværk direkte til skråkummen.
- Skråkummens dimensioner beregnes således, at vandets hastighed i kummen ikke er større end, at luften - der hvirvles ind i røret under tilledningen - får mulighed for at undvige op i toppen af ledningen og herfra trække tilbage i ledningen. I det hydrauliske spring, der opstår under tilledningen, kan der emulgeres betydelige luftmængder ind i vandet.
- Som ekstra sikkerhed kan der etableres en udluftningsbrønd med et udluftningsrør, der føres op over højeste opstuvningsniveau i tilløbssituationen.
- Skråkummens volumen kan beregnes således, at der ikke forekommer overløb, men det vil ofte være urimeligt at dimensionere udløbsarrangementet for højeste højvande. I visse tilfælde kan et overløb med aflastning til strandkanten accepteres.

Der findes områder i Danmark, hvor skrænterne er ustabile, f.eks. skrænterne omkring Lillebælt, hvor det såkaldte Lillebæltssler forekommer. Ved anlæg i skrænter bør geundersøgelserne altid udstrækkes til også at omfatte sådanne områder.

f. Ledningsmateriale, dimensionering

Ud fra de givne forudsætninger kan der foretages materialevalg og dimensionering af ledningen.

Rørmaterialerne, der normalt anvendes til udløbsledninger her i landet, er:

- PEH (polyethylen, high density)
- Armerede betonrør (sentab-rør, super 8 rør)
- PVC-rør (polyvinylchlorid)
- Glasfiberarmerede polyester-rør.

PVC-rør og glasfiberarmerede rør anvendes sjældent. Der kræves specielle koblinger til rørene for at sikre en kontinuert trækfast streng. Der har været vanskeligheder med anvendelsen af de to rørtyper, men kan der opnås tilstrækkelige garantier fra leverandøren og entreprenøren, er der stadig mulighed for, at disse rørtyper kan indgå i et projekt.

For PEH-rør gælder, at de stort set er uden konkurrence op til diameter på 6-700 mm. Mellem 800 og 1000 mm er det ofte tilfældigheder, der afgør valget mellem armerede betonrør og PEH-rør. Ved ledningsdimensioner over 1000 mm er der en tendens til, at betonrør er billigst.

Begge rørtyper kan leveres i forskellige tryktrin. Det vil derfor altid være muligt at få leveret rør, der netop opfylder de krav, der må stilles til rørene ud fra en beregning af de eksterne påvirkninger fra jordtryk og bølger og de ofte kraftige påvirkninger fra håndteringen af rørene under udlægningen samt de interne påvirkninger, der opstår i en trykstødssituation.

Trykstødsberegningerne, som især er aktuelle, når ledningen er tilsluttet en udløbspumpestation, kan udføres på EDB. Herved kan der foretages en optimering af ledningsdimension og tryktrin ved at gennemregne en serie af alternativer. Analytiske eller grafiske metoder til bestemmelse af trykstødene anvendes, men af tidsmæssige årsager vil sådanne beregningsmetoder næppe kunne bruges til en optimering.

g. Ballastering

I nær tilknytning til ledningsvalget bestemmes den nødvendige ballastering af ledningen.

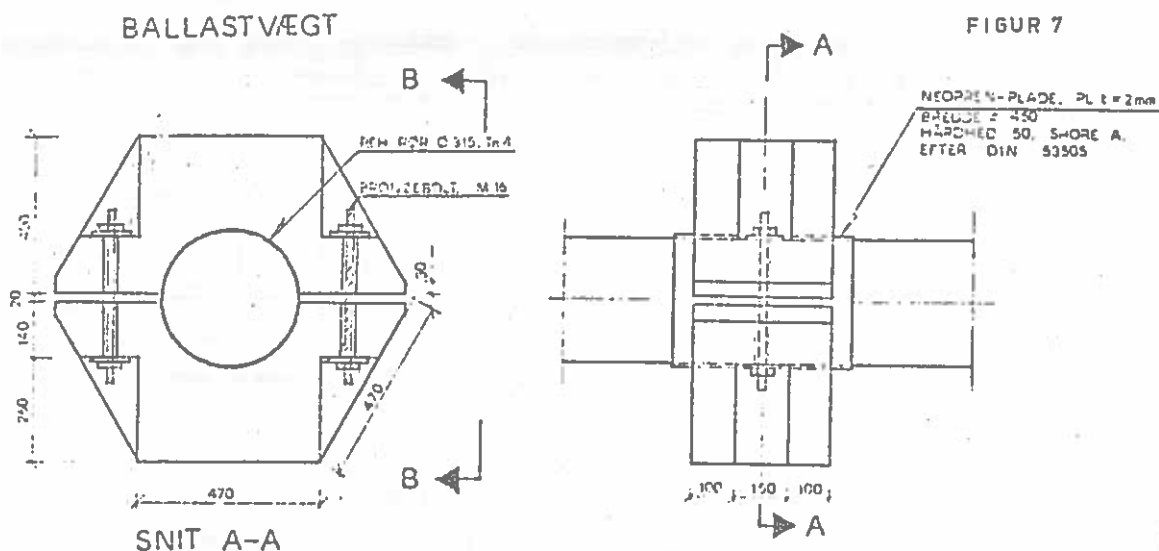
I den førnævnte vejledning for udlægning af rørledninger angives, at ballasteringen skal udgøre mindst 80% af opdriften på røret. Dette vejledende krav har før været 60%, men er siden blevet forøget af myndighederne, hvilket kan tages som et udtryk for den store risiko, der er for, at ledningen flyder op. Cowiconsult anbefaler ofte bygherren at sætte ballasten yderligere op, således at rørets vægt og den effektive ballastvægt udgør 97% af opdriften. For PEH-rør betyder

dette, at den færdigmonterede ledning netop kan flyde, hvilket giver store arbejdsmæssige besparelser. Under specielle forhold som f.eks. ved højdepunkter kan det være nødvendigt at montere yderligere ballast, hvilket i så fald kan ske, efter at ledningen er flådet ud og nedlagt.

Ved anvendelse af betonrør kan ballasteringen normalt foretages ved at forøge rørets godstykkelser.

For PEH-rør benyttes normalt ballastvægte af beton.

Der findes mange forskellige typer af ballastvægte.



På fig. 7 er vist en ballastudformning, som Cowiconsult har brugt på den sidste halve snes udløbsledninger. Ballasten består af to nøjagtig ens halvdele, der - når de er boltet på ledningen - fremstår som en sekskant. Vægtene er armerede, således at de kan tåle den nødvendige tilspænding til røret og den ofte hårdhændede behandling, der næppe kan undgås under montering og udlægning.

Boltene, der anvendes til fastspænding af ballastvægten, skal være havvandsbestandige. De kan f.eks. være af aluminiumbrønde eller af galvaniseret stål.

Med de mange variable, der forekommer ved en diffusorberegning, er det i praksis umuligt at beregne en optimalt fungerende diffusor manuelt. Diffusorberegningen kan med fordel foretages ved hjælp af EDB. Fig. 9 viser resultatet af en sådan diffusorberegning.

LISTE 2: DIFFUSORBEREGNINGEN FOR FIGUR 9. DEL 1: BEREKNINGEN. SIDE 1

FIGUR 9

.....
 BEREKNINGS DATA

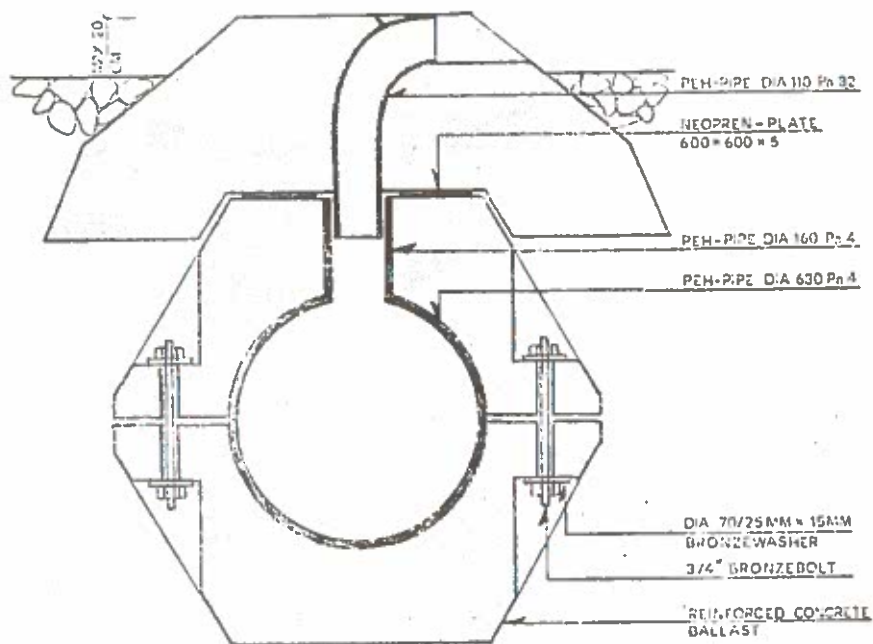
ANTAL VANDPÅRINGER 1
 VANDFØRINGSRØR 1 0.361 METER
 ANTAL SEKTIONER 21
 ANTAL RØRTE 20
 RØRLENGDE 6.75 METER
 RØRUDRABR 0.50-CM METER
 ØL NEDT AF HAVNIVEAU 1009.0 KILOMETER
 ØL NEDT AF SPILDEVAND 1073.0 KILOMETER
 VINDUDTØB, SPILDEVAND 0.750-06 M³/S
 RØRLENGDESKRIFT 2.500 CM

.....
 SEKTIONS DATA

SEK. NR.	PORTDIA.	ØKVALITAT	ØRØDIA.	SEKAFST.	PUMPEHØD.
1	0.131	2.00	0.131	3.00	0.0205
2	0.131	2.00	0.131	5.00	0.0205
3	0.117	2.00	0.117	5.00	0.0205
4	0.117	2.00	0.117	5.00	0.0205
5	0.103	2.00	0.103	5.00	0.0205
6	0.103	2.00	0.103	5.00	0.0260
7	0.103	2.00	0.103	5.00	0.0260
8	0.103	2.00	0.103	5.00	0.0260
9	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
10	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
11	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
12	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
13	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
14	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
15	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
16	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
17	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
18	0.064	2.00	0.064	5.00	0.0060
19	0.070	2.00	0.070	5.00	0.0060
20	0.070	2.00	0.070	5.00	0.0060
21	0.000	2.00	0.000	2.00	0.0060

BEREGNINGENS RESULTAT NR. 1
 VANDFØRINGSRØR 0.361 METER

SEKTIONS- PARAMETRE	PORTPARAMETRE				HOVEDRÅSPARAMETRE						
	NUMMER	LENGDE M	DIA- METER	VAND- FØRINGS- KILOMETER /S	HASTIG- HED M/S	FRUGDES TAL	DIA- METER	VAND- FØRINGS- KILOMETER /S	HASTIG- HED M/S	ENERGI TAB M	ENERGI GIVEVÅR M
1	0.00	0.131	0.131	0.373	27.15	1.369	0.0000	0.000	0.000	0.0000	0.0032
2	5.00	0.131	0.131	0.373	27.19	0.359	0.0020	0.209	0.0011	0.0050	0.0050
3	5.00	0.117	0.117	0.395	28.77	0.359	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0006
4	5.00	0.117	0.117	0.395	28.97	0.160	0.0006	0.437	0.0000	0.0000	0.0017
5	5.00	0.103	0.103	0.417	31.05	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
6	5.00	0.103	0.103	0.417	31.14	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
7	5.00	0.103	0.103	0.417	31.36	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
8	5.00	0.103	0.103	0.417	31.58	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
9	5.00	0.064	0.064	0.447	34.75	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
10	5.00	0.064	0.064	0.447	35.09	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
11	5.00	0.064	0.064	0.447	35.16	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
12	5.00	0.064	0.064	0.447	35.07	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
13	5.00	0.064	0.064	0.447	35.52	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
14	5.00	0.064	0.064	0.447	37.01	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
15	5.00	0.064	0.064	0.447	37.95	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
16	5.00	0.064	0.064	0.447	38.13	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
17	5.00	0.064	0.064	0.447	38.76	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
18	5.00	0.064	0.064	0.447	39.44	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
19	5.00	0.070	0.070	0.470	41.05	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
20	5.00	0.070	0.070	0.470	41.50	0.160	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0005
21	2.00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.500	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000



STANDARD DIFFUSER GATE

COWIconsult RÅDGIVENDE
INGENIØRER AS

Den konstruktive udformning af diffusorporten er vist på fig. 10. Det ses, at hele konstruktionen danner et hele, idet den øverste flise hviler på en ballastvægt, der - bortset fra det lodrette udløbsrør - er udformet præcis som standardballastvægtene for selve ledningen.



Fig. 11 viser udledning af mekanisk rensset spildevand gennem en diffusorport.

Flisen monteres efter, at diffusoren er udlagt. Ved at afblænde diffusorrørene kan diffusoren flådes ud og sænkes, og tilfyldningen kan foretages, hvorefter afblændingen skæres af, og portflisen monteres.

Den på fig. 8 viste forholdsvis lange diffusor er forsynet med rens- og adgangsmuligheder via 2 blændflanger.

i. Myndighedsbehandling

Sammen med en projektbeskrivelse, hvori et resumé af recipientundersøgelserne indgår, kan de nødvendige tegninger nu fremsendes til myndighedsbehandling. For ledninger på vand, diffusor og ballastudformning kræves ret detaljerede tegninger, medens bygværker på land ofte kan angives som principløsninger.

Det er en fordel under projekteringen at have nær kontakt med de involverede myndigheder, som generelt er:

- Amt og kommune
- Farvandsdirektoratet
- Kystinspektoratet
- Fiskerikontrollen
- Industriministeriet.

I specielle tilfælde vil det ved arbejder nær kabelfelter og broer være klogt at spørge kabel- og broejere, om der foreligger specielle restriktioner ved arbejde i området.

Det har hidtil været Ministeriet for offentlige arbejder, der har koordineret myndighedsbehandlingen, men i oktober 1980 er denne koordinering overgået til Kystinspektoratet i Lemvig.

Myndighedsbehandlingen tager mellem 3 og 6 måneder.

DETAILPROJEKTERINGEN

Detailprojekteringen, herunder en detaljeret beskrivelse af grundlaget for entreprenørens tilbudsafgivelse og udførelse af arbejdet, er en væsentlig del af det samlede projekteringsforløb.

Det er ikke muligt at komme nærmere ind på detailprojekteringen i dette indlæg, og det skal blot nævnes, at den i hovedtrækkene vil bestå af:

- Detailberegninger af ledninger og bygværker
- Armeringsberegninger og tegninger
- Mængdeberegninger
- Særlige betingelser for arbejdets udførelse
- Særlig arbejdsbeskrivelse
- Tilbudslister
- Udbudsmateriale (licitation).

Det vil ofte være muligt at få principielle kommentarer til forprojektet under myndighedsbehandlingen, således at detailprojekteringen kan opstartes på så tidligt et tidspunkt, at projektet er klar til udbud kort tid efter, at den officielle godkendelse foreligger.

FORUNDERSØGELSER

Egnet udledningsområde	Eksisterende spildevandssystem Fremtidigt spildevandssystem Placering af udløbsarrangement Havbundstopografi Jordbundsforhold	Spildevandsprojekter Spildevandsplaner Topografiske kort Søkort A-kort Danmarks Geologiske Undersøgelse
------------------------	---	---

RECIPIENTUNDERSØGELSER

Biologisk/kemiske undersøgelser	Næringsstoffer Primerproduktion Bundfauna Bundsediment	Generelle rapporter In-situ målinger
---------------------------------	---	---

Hydrografiske undersøgelser	Salinitets- og temperaturprofiler Strømsprofilmålinger Overfladevandets transportmønstre	Generelle rapporter In-situ målinger
-----------------------------	--	---

Meteorologiske data	Vindhastighed Vindretning Hyppighed	Generelle data In-situ målinger
---------------------	---	------------------------------------

Vandkvalitetsberegninger	Biologisk/kemiske krav Æstetiske krav Hygiejniske krav	Miljøkrav Initialfortynding Bedelevandskrav
--------------------------	--	---

FORPROJEKT

Topografiske målinger	Bundkoter Revler Huller Sandvandring	Pejlinger med stok, line Tryksonde Teodolitter/pejlewire Ekkolod/radiofy
-----------------------	---	---

Ledningstracé	Længde, dybde, hældning	Selvrensning, luft Selvrensning, slam/sand Ilandføring
---------------	-------------------------	--

Geoundersøgelser	Funderingsforhold Gravearbejde	Rammesonderinger Lagfølgeboringer Spulehuller
------------------	-----------------------------------	---

Dykkerundersøgelser	Havbundens jævnhed Vegetation Stenforekomster	Specialfirma Falck's svømmedykkertjeneste
---------------------	---	--

Bygværkstyper	Pumpestationer Svingningsbygværk, brønde Svingningsbygværk, skråkumme Udluftningsbygværker	Minimumshastighed Vandmængder Høj/lavvande Sikring mod luft Trykstød Overløb
---------------	---	---

Ledningsmateriale	PEH (polyethylen, high density) Armerede betonrør PVC-rør (polyvinylchlorid) Glasfiberarmeret polyester Stålrør	Pris Kvalitet Egnethed
-------------------	---	------------------------------

Ballastering	Betonrør - ekstra godstykkelse Plast - betonballast Stål - betoncoating	Interne påvirkninger Opdrift, luft Eksterne påvirkninger Bølger, liquefaction
--------------	---	--

Diffusor	Portudformning Portantal Rensemuligheder	Fortyndingskrav Projektkrav
----------	--	--------------------------------

Prisoverslag	Totalomkostninger	
--------------	-------------------	--

MYNDIGHEDSBEHANDLING

Kystinspektoratet	Amt/kommune Færvandsdirektoratet Fiskerikontrollen Industriministeriet Min. for off. arbejder	Godkendelse
-------------------	---	-------------

DETAILPROJEKT

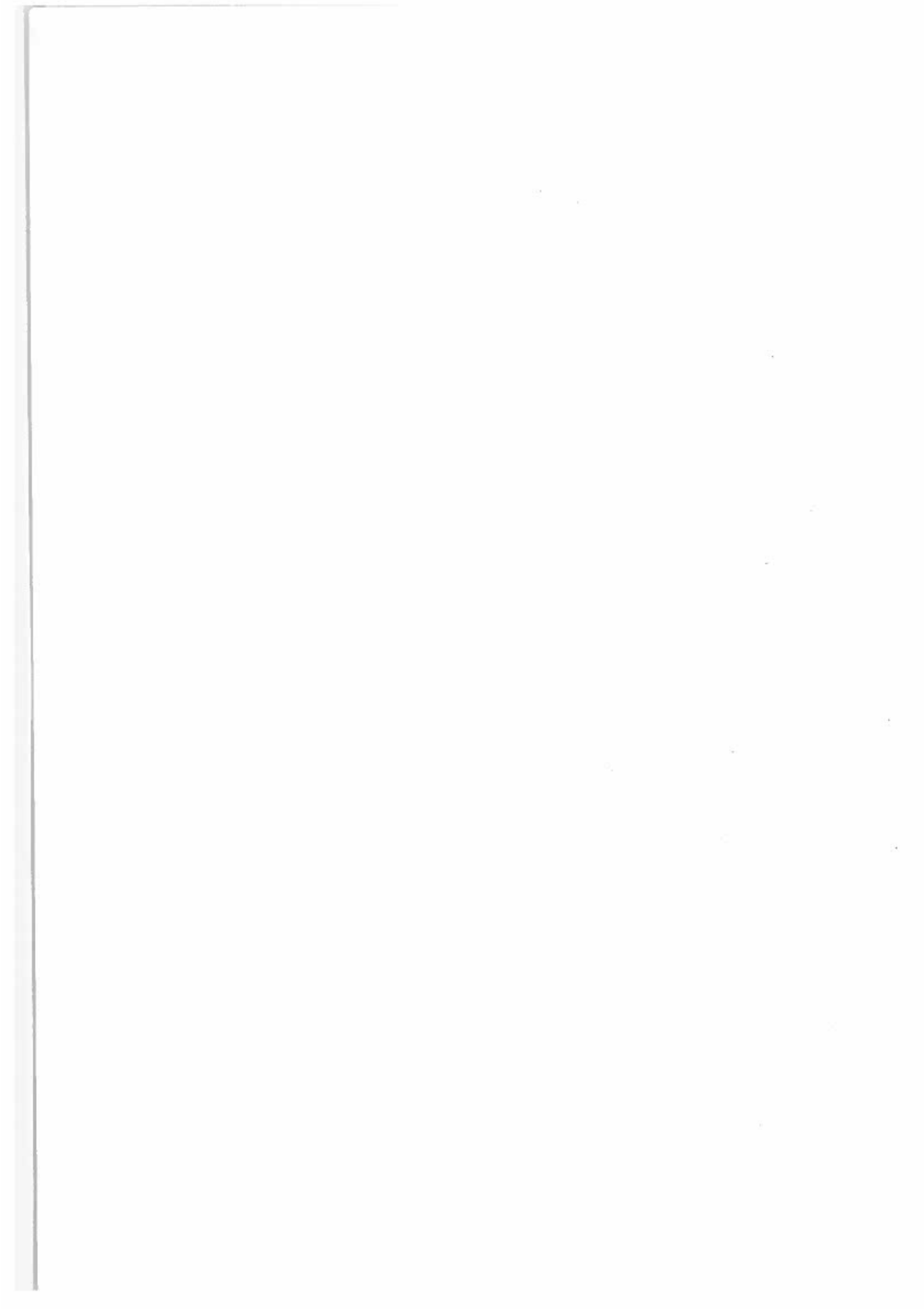
Detailberegninger	Ledninger Bygværker, armering	Intern/eksterne belastninger og påvirkninger
-------------------	----------------------------------	---

Detailtegninger	Diverse projektd dele	
-----------------	-----------------------	--

Udbudsmateriale	Særlige betingelser Særlige arbejdsbeskrivelser Tilbudslister	
-----------------	---	--

Udbud	Licitation	Kontrakt
-------	------------	----------

TILSYN



ILANDFØRING AF GASLEDNINGER

Jens Chr. Schmidt
Rambøll & Hannemann

Faint header text, possibly a title or page number.

Several lines of very faint, illegible text.

Another block of faint, illegible text.

Text block containing faint, illegible characters.

Text block with faint, illegible content.

Final block of faint, illegible text at the bottom of the page.

INDLEDNING

Projekteringen for ilandføring af den planlagte naturgasledning på den jyske vestkyst ved Kærgård Plantage har på grund af ledningens store dimension (ca. 1,0 m i udvendig diameter), den udsatte placering på kysten og de relativt store økonomiske omkostninger nødvendiggjort, at man i endnu højere grad end ved de fleste andre ledninger i kystzonen må gøre sig helt klart, hvilke problemer man står overfor.

Meget kort kan hovedproblemerne sammenfattes til:

1. Hvorledes skal ledningen placeres horisontalt og vertikalt for at opnå den fornødne sikkerhed mod de påvirkninger der må forventes i udførelses- og driftsfaserne.
2. Hvilke udførelsesmetoder kan bringes i anvendelse.
3. På hvilket tidspunkt er det optimalt at udføre ledningen set i relation såvel til tidsplanen for den øvrige del af projektet som til de forventelige vejrforhold på udførelsestidspunktet.

Problemerne er nært indbyrdes forbundne og hænger nøje sammen med udførelsesmetoden for den øvrige del af gasledningen.

Den første del af projekteringen, som blev afsluttet midt på sommeren havde til formål dels at give en løsning på de nævnte hovedproblemer og dels at fastslå det nødvendige omfang af supplerende undersøgelser (geotekniske, bølge, strøm m.v.), således at der tilvejebragtes det fornødne grundlag for detailprojekteringen.

I det følgende resumeres hovedtrækkene i undersøgelserne og nogle af de væsentligste konklusioner, idet tiden ikke tillader at komme ind på detaljer.

Ledningens placering

Ilandføringsstedet ved Kærgård Plantage var valgt i et tidligere arbejde og skal ikke nærmere omtales her.

Hed hensyn til bestemmelse af den nødvendige nedgravningsdybde blev følgende overvejelser lagt til grund.

Ud fra gamle kort kunne det konstateres at kysten som helhed på det pågældende sted er under fremrykning taget over den periode det har været muligt at skaffe oplysninger, og dette forventes ikke at ændre sig i ledningens levetid.

I de senere år har Kystinspektoratet i en række linier langs den jyske vestkyst foretaget pejlinger af havbunden (se bilag 1). En af pejlelinierne ligger ret tæt ved ilandføringsstedet, og karakteristiske profiler fra denne linie er vist på bilag 2.

Det ses heraf, at kystprofilet undergår ret drastiske ændringer i den observerede periode, bl.a. flyttes revlerne 3-400 m mellem to på hinanden følgende pejlinger. For at bestemme det lavest sandsynlige kystprofil er derfor optegnet indhyldningskurven for alle målte profiler i de ti pejlelinier som ligger nærmest ved ilandføringsstedet, dvs. da der findes pejlelinier fra 5 års målinger er 50 profiler behandlet. Tilsvarende er indhyldningskurven for alle de højeste punkter på profilerne indtegnet.

Ved optegning af indhyldningskurven for de ti pejlelinier blev strandlinien benyttet som det fælles punkt pejlelinierne samles i. Man begår derved en tilnærmelse, idet strandlinien imellem de ti pejlelinier danner en bølgelinie med en bølgehøjde på ca. 125 á 150 m, og for at kompensere for dette, blev indhyldningskurven for de laveste profilpunkter trukket 70 m ind mod land.

Efter således at have bestemt laveste indhyldningskurve for de pejlede profiler var næste problem at vurdere, hvorledes kystprofilet måtte formodes at være i en stormsituation, og her kom det til hjælp, at Kystinspektoratet tidligere havde lavet en række sandsøjleforsøg ved Hvide Sande, hvor man havde konstateret erosion til en dybde af indtil 1,2 m på stranden i forbindelse med storm, se bilag 3. I denne forbindelse bemærkes, at opbygningen af kystprofilet efter storm sker så hurtigt, at man ikke kan erkende erosionen ved traditionel pejling efter stormen. Det blev derfor foreløbig antaget, at erosionen i trugene mellem revlerne ikke ville være større end 1,2 m. Regnes endvidere med, at gasledningen under alle forhold skal have mindst 1,0 m dækning, kan nedgravningsdybden således bestemmes til 2,2 m under laveste indhyllingskurve.

Kontrol af ledningens stabilitet i driftsfasen med de fremkomne nedgravningsdybder gav til konklusion, at dette ikke ville give problemer.

Udførelsesmetoder

For selve ilandføringen af ledningen har tre alternative udførelsesmetoder været vurderet.

1. Efter uddybning af en kanal til rørledningen opankres en laybarge så tæt ved land, som det i praksis er muligt. På laybargen sammensvejses rørstykkerne og trækkes gradvist i land af et spil på stranden (se fig. 4). Når røret er nået ind til land, fortsætter laybargen med normal rørlægningsprocedure ud mod gasfeltet.
2. Rørene sammensvejses på land og trækkes ud v.h.a. enten en slæbebåd, en laybarge eller en pullbarge.

3. En rørstreng med en længde på ca. 2500 m præfabrikeres på en egnet arbejdsplads eller evt. på en laybarge og transporteres med slæbebåd til ilandføringsstedet, hvor ledningen trækkes ind v.h.a. et spil på land. Når laybargen ankommer, samles den ydre rørende op, og rørlægningen ud mod gasfeltet begynder.

Alle tre metoder har tidligere været benyttet, idet dog metode 1 er den mest almindelige, og det er på grundlag af denne metode detailprojektet udformes.

Som følge af kravene til nedgravningsdybden, ligger bunden af ledningsgraven ved revlerne helt op til ca. 7 m under toppen af revlerne. Det påregnes, at ledningen nedføres til denne dybde ved at der uddybes en kanal inden ledningen trækkes, samt at ledningen umiddelbart efter lægningen nedføres til endelig dybde med en trenching-maskine.

På stranden og i den yderste del af klitterne, hvor ledningen ligger under grundvandsspejlet etableres en dobbelt spunsvæg for at sikre udgravningen i anlægsperioden.

Udførelsestidspunkt

Lægning af gas- og olieledninger i Nordsøen foregår normalt i perioden april-oktober. Af forskellige praktiske og økonomiske årsager er det hensigtsmæssigt først at udføre selve ilandføringen og derefter lægge rørledningen ud til feltet.

Med de meget store daglige omkostninger til det materiel som er involveret i arbejdet, er det af allerstørste betydning at have de bedst mulige arbejdsforhold, og der er derfor foretaget en analyse af de tilgængelige vejrstatistikker. Når det optimale udførelsestidspunkt er valgt, kan man så kun håbe, at vejret opfører sig statistisk korrekt.

På bilag 5 er vist den statiske fordeling af vindstyrker og retninger måned for måned. Det bemærkes, at vestlige vinde først og fremmest er almindelige i månederne juni-oktober.

Tilsvarende ses på bilag 6 den statistiske fordeling af bølgehøjder i forskellige retninger.

På bilag 7 er vist den beregnede sedimenttransport. Eksempelvis vil sedimenttransporten i april måned overskride 10.000 m³/dag over en 24 timers periode ti gange på ti år, dvs. denne sedimentmængde må forventes at forekomme hvert år i 1 dag.

Den gennemsnitlige sedimenttransport pr. måned er i øvrigt beregnet til at være af størrelsesorden:

Marts	165.000 m ³
april	130.000 -
maj	80.000 -
juni	130.000 -
juli	150.000 -
august	150.000 -

Sedimenttransporten foregår hovedsagelig på revlerne og i strandzonen.

På bilag 8 er beregnet, hvor stor en del af sedimenterne, der bundfældes i en uddybet kanal afhængigt af kanalbredden, vanddybden, kanaldybden, strømhastigheden og kornstørrelsen.

Endvidere indgår strøm- og vandstandsstatistikker i undersøgelsen.

De oplysninger om vind, bølger, strøm, sedimenttransport og vandstandsforhold som kan udtrages af det behandlede statistiske grundmateriale indgår derefter i vurderingen af det mest egnede tidspunkt for udførelsen, hvilke typer og størrelser af materiel det vil være nødvendigt at anvende (f.eks. til uddybning før ledningen trækkes), nødvendige dimensioner af renden til rørledningen samt til at opstille en realistisk tidsplan for arbejdet.

Det ses af bilagene 5,6 og 7 at månederne april-maj fremstår som de mest velegnede til arbejdets udførelse, og da dette er foreneligt med projektets tidsplan i øvrigt, er tidspunktet for ilandføring af naturgasledningen ved Kærgård Plantage berammet til primo maj 1982.

5760
5770
5780
5790
5800
5810
5820
5830
5840

5850

5860
5870
5880
6010
6020
6030
6040
6050
6060
6070

NATURGAS-
LEDNING

6080
6090
6100
6110
6120
6130
6140
6150
6160

6180
6190
6200

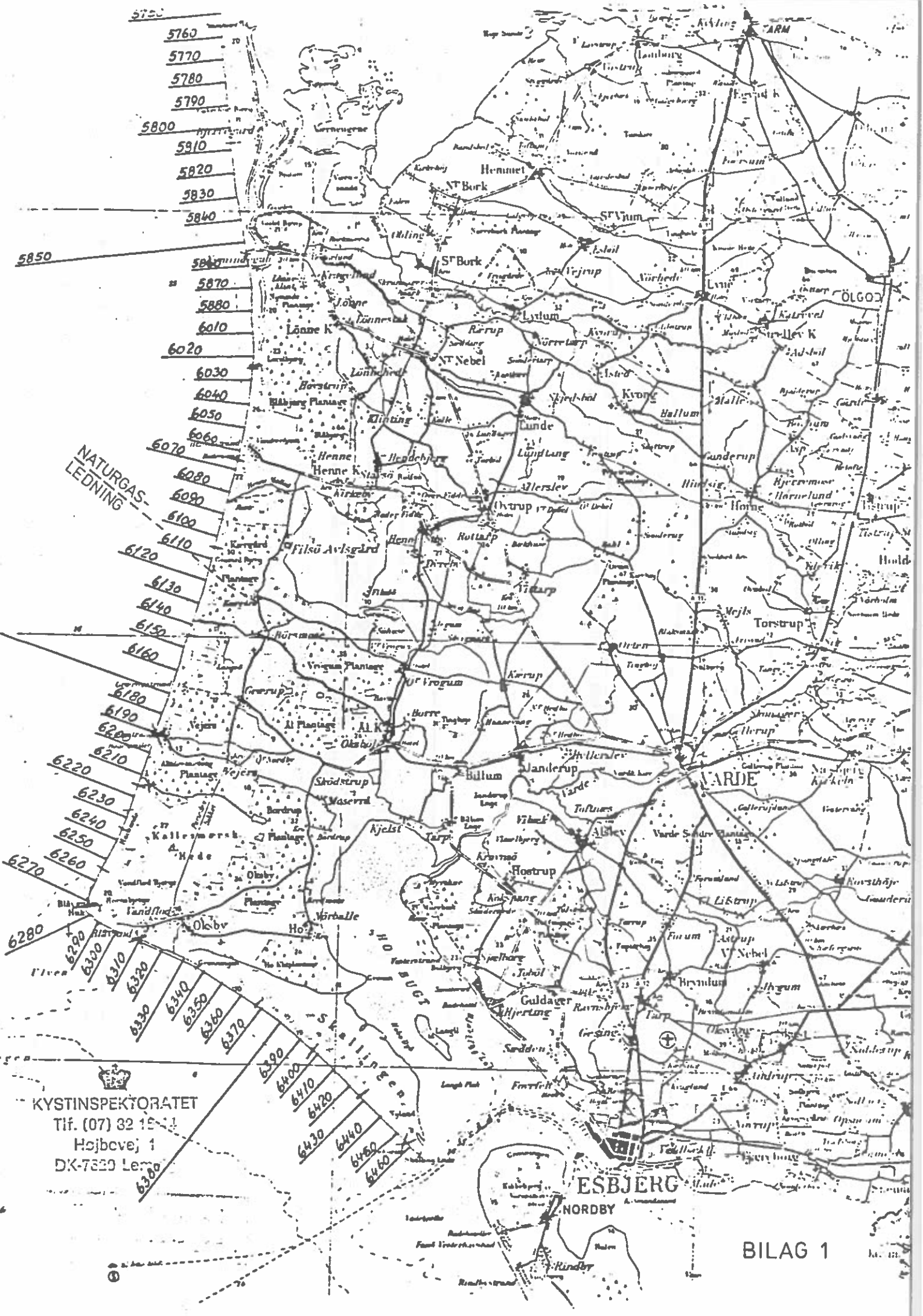
6220
6230
6240
6250
6260

6270
6280

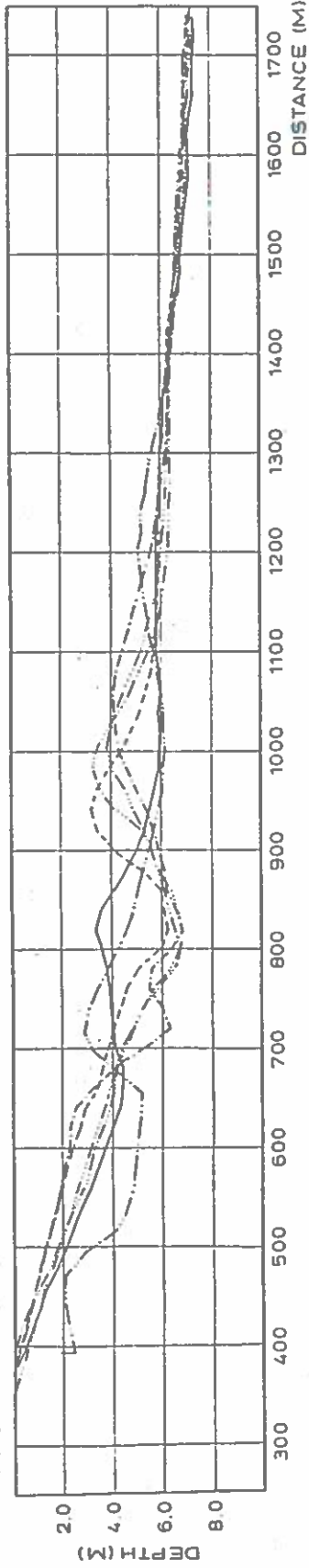
6290
6300
6310
6320
6330
6340
6350
6360
6370

KYSTINSPEKTORATET
Tlf. (07) 32 15 11
Højbevej 1
DK-7820 Lemø

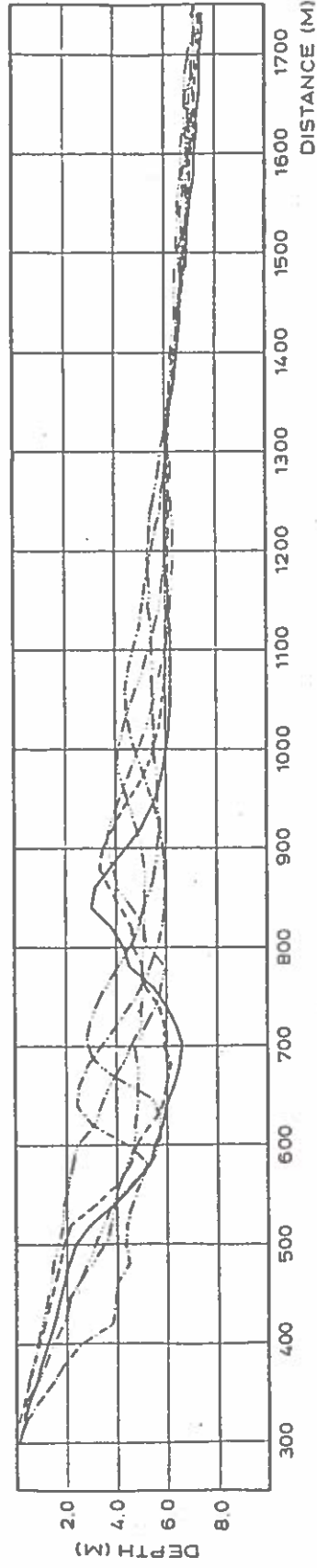
6380
6390
6400
6410
6420
6430
6440
6450
6460



PROFILE NO. 6100



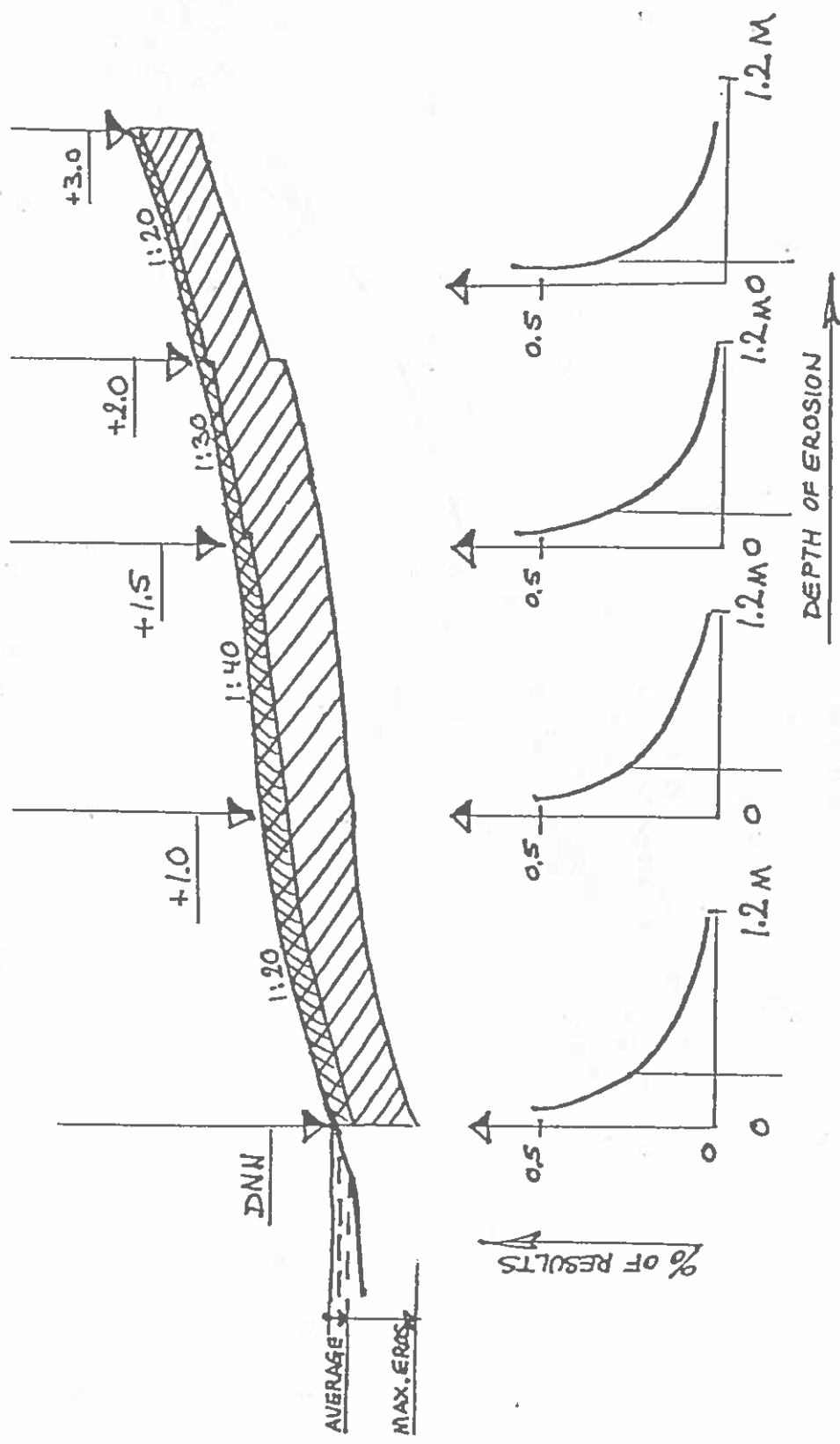
PROFILE NO. 6120



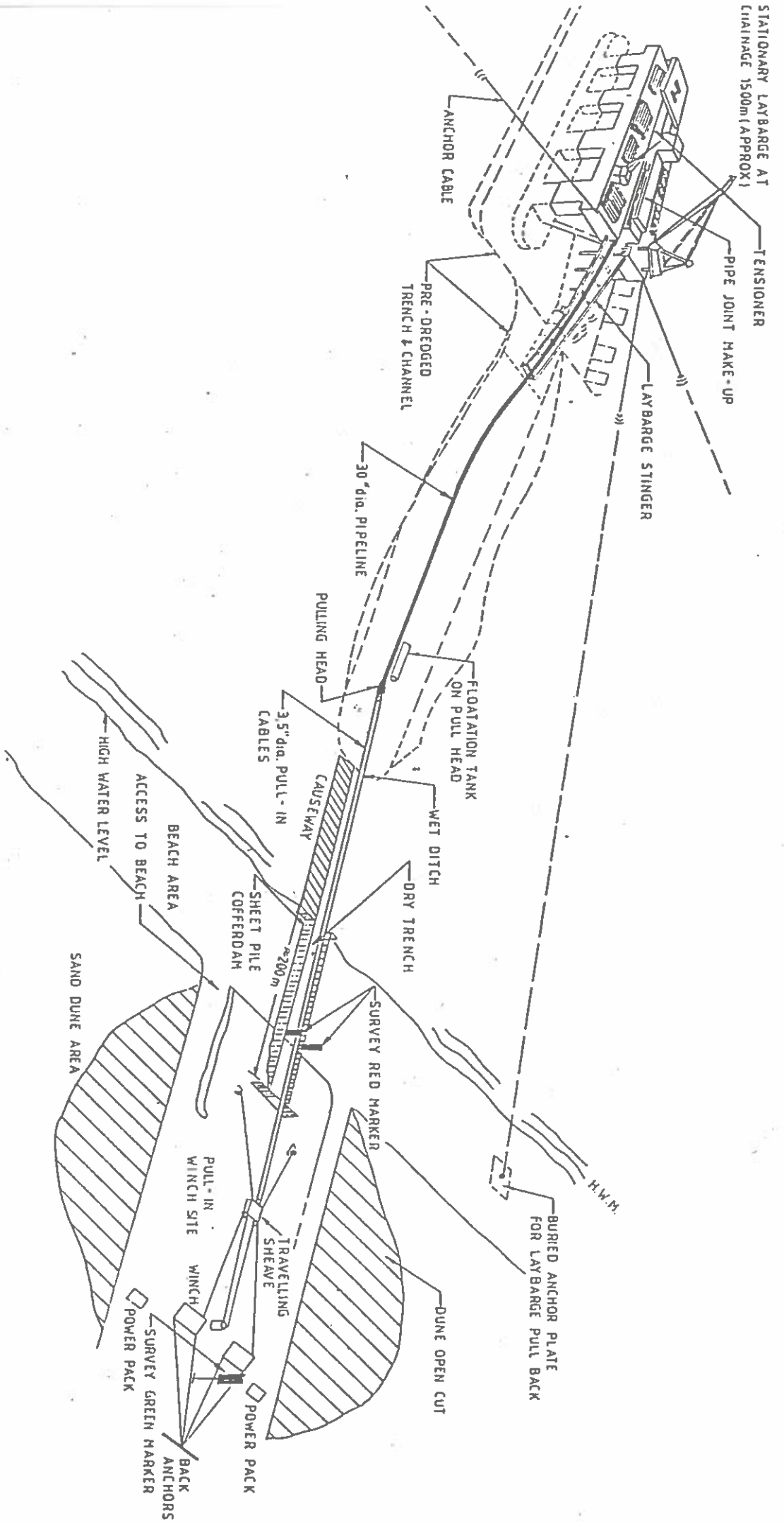
LEGEND (SURVEY DATE):

- 700623
- - - 710510
- · - · 720830
- · · · 730528
- - - - 750417
- - - - 770217

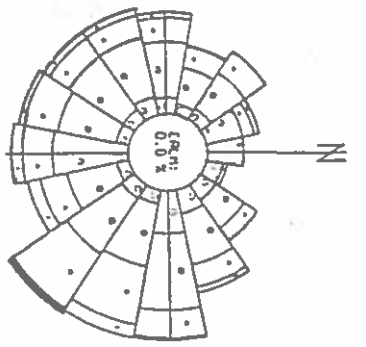
DATUM: DNN
LOCATION OF PROFILES SHOWN ON DRAWING NO. 5.5
SURVEYS PERFORMED BY THE GOVERNMENTAL COASTAL AUTHORITY



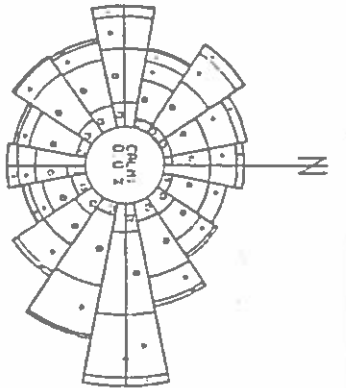
EROSION IN BEACH AREA



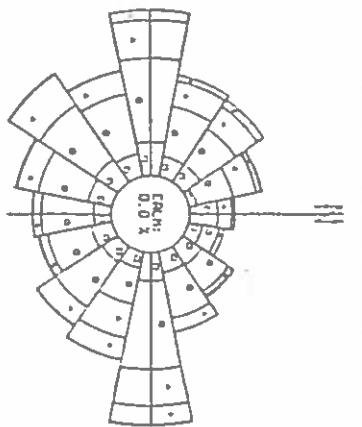
SHORE APPROACH
BILAG 4



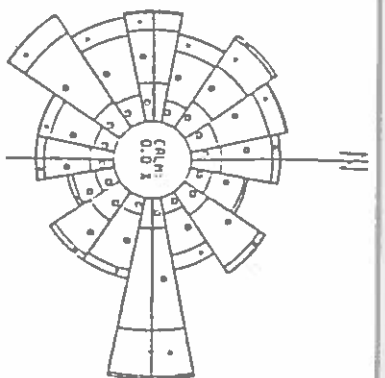
JANUARY



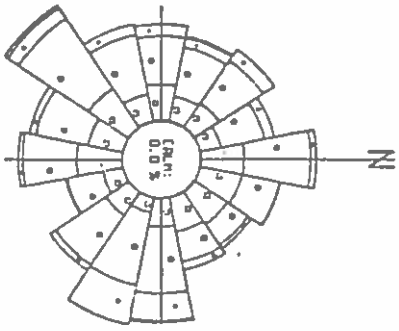
FEBRUARY



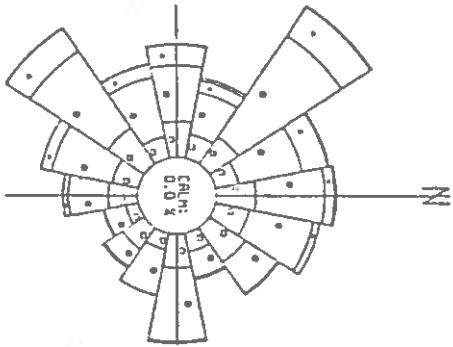
MARCH



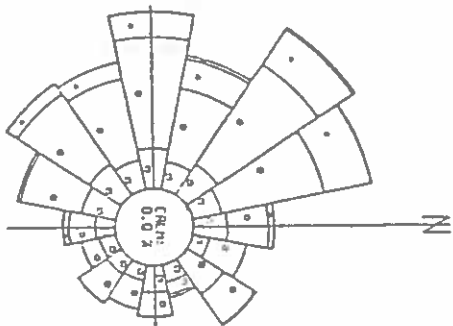
APRIL



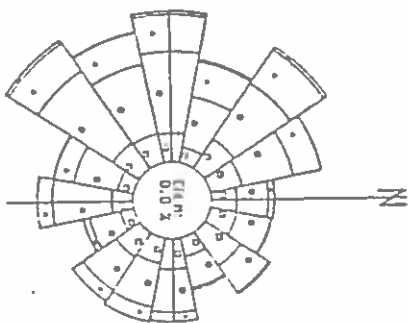
MAY



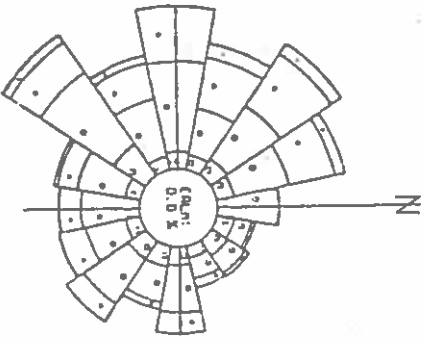
JUNE



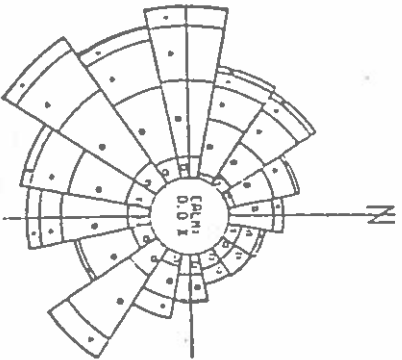
JULY



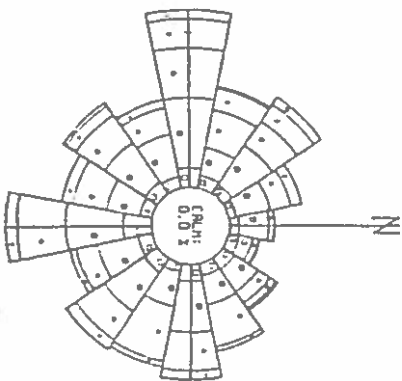
AUGUST



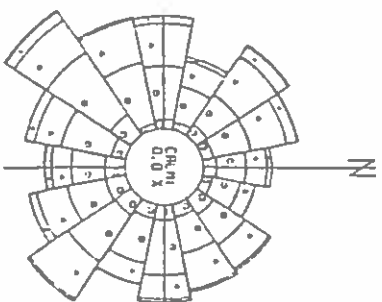
SEPTEMBER



OCTOBER



NOVEMBER

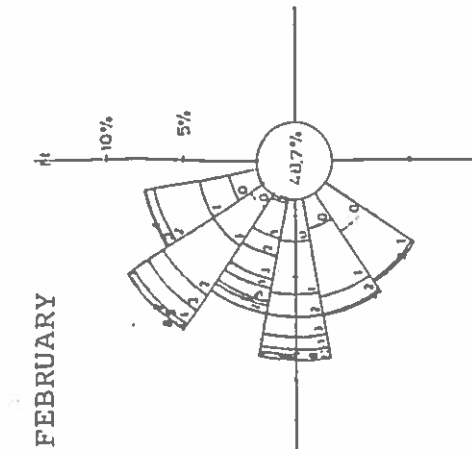
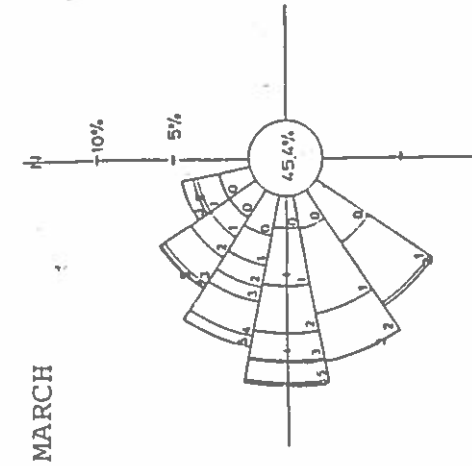
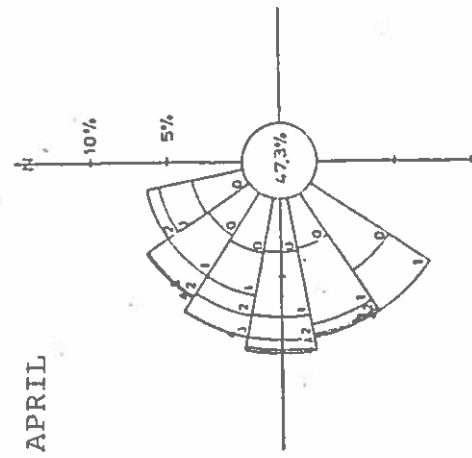
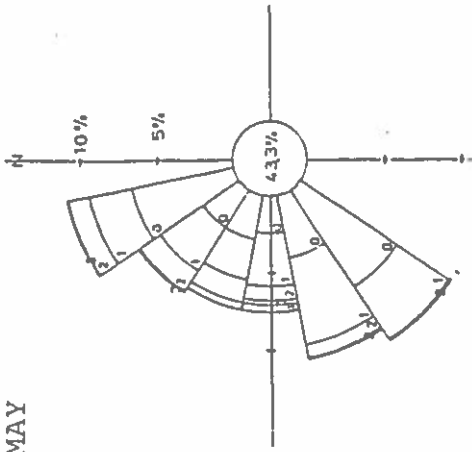


DECEMBER

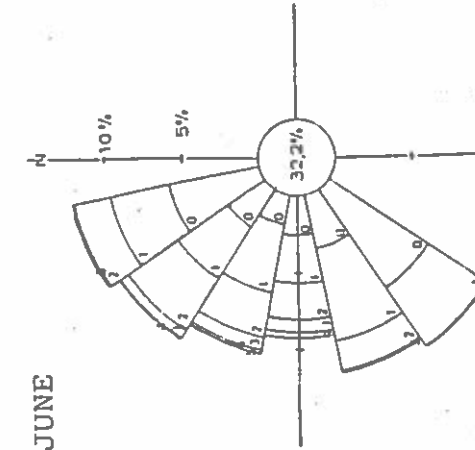
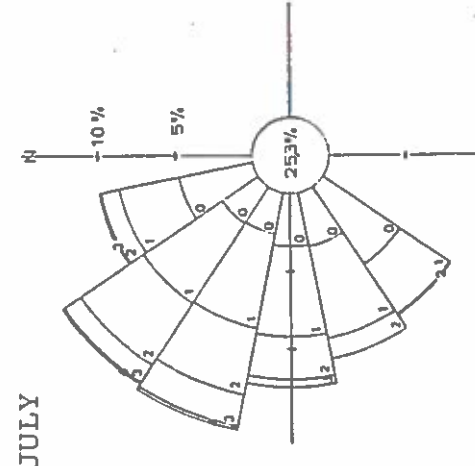
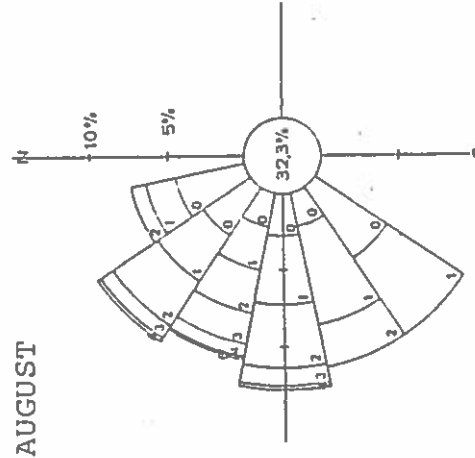
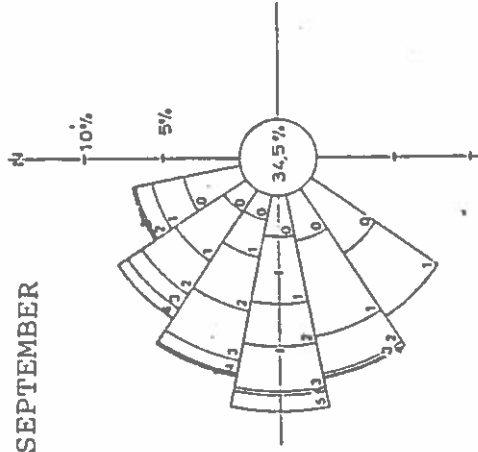
WIND SPEED (M/S):
 □ 0.00-5.00
 ○ 5.00-10.00
 △ 10.00-15.00
 + 15.00-20.00
 × 20.00-25.00

DATA COVERAGE 90 %
 10 % FREQUENCY
 VIL LIGHT VESSEL

MAY



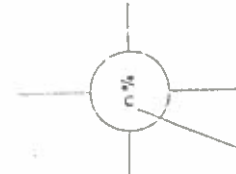
SEPTEMBER



SUMMARY OF WEIBULL EXCEEDENCE ANALYSES

EXCEEDENCE FREQUENCY	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
3 days 1 ft. or more	1.3	1.2	0.7	0.7	0.9	1.0	1.3	
12 hrs. per month	2.5	2.3	1.6	1.4	1.6	1.9	2.2	
1 hr. per month	3.9	3.6	2.7	2.2	2.3	2.6	3.4	

Exceeded visual wave heights at a water depth of approx. 10 m.
Wave direction between 090 and 315.



Percentage of time with locally generated waves from shore, i.e. wave directions between 090 through 315.

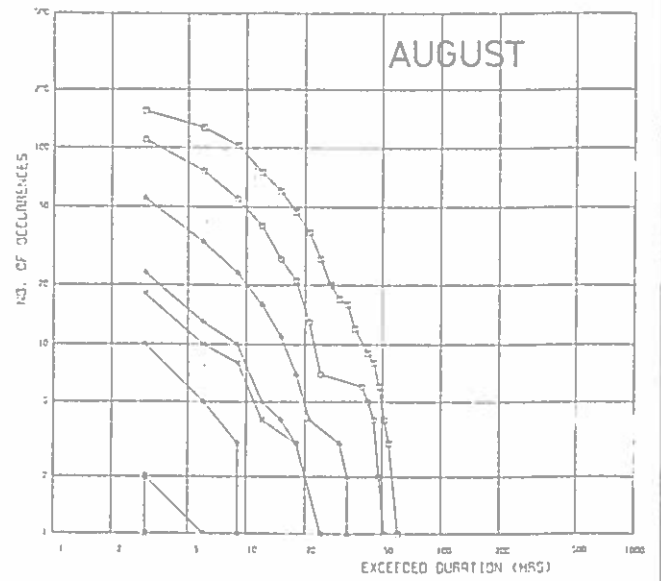
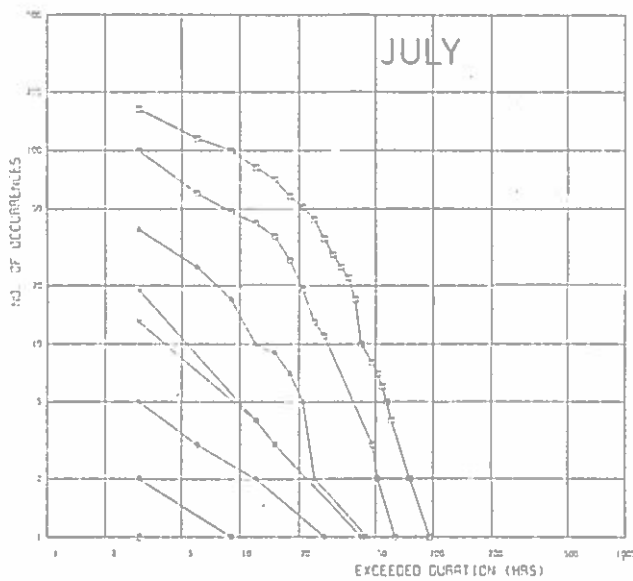
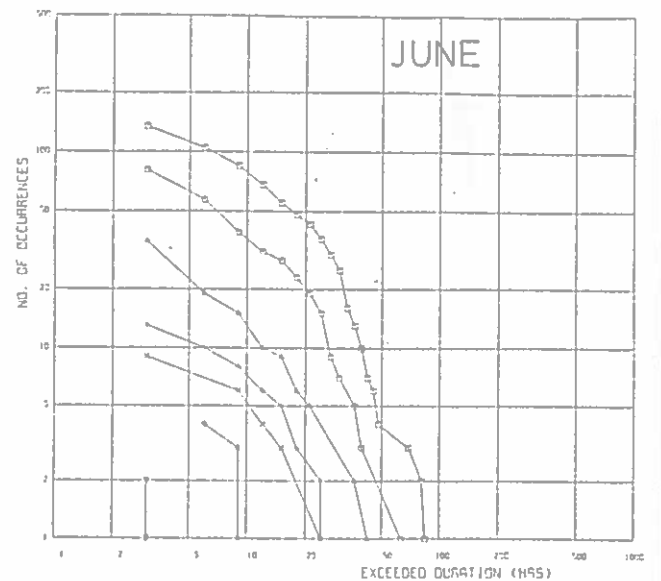
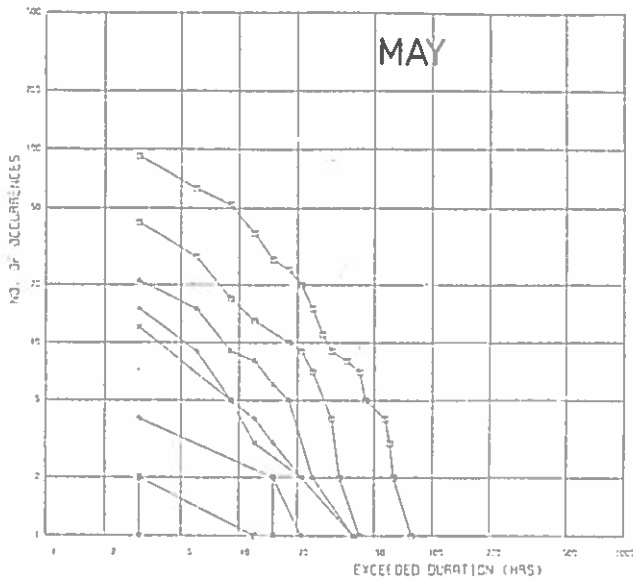
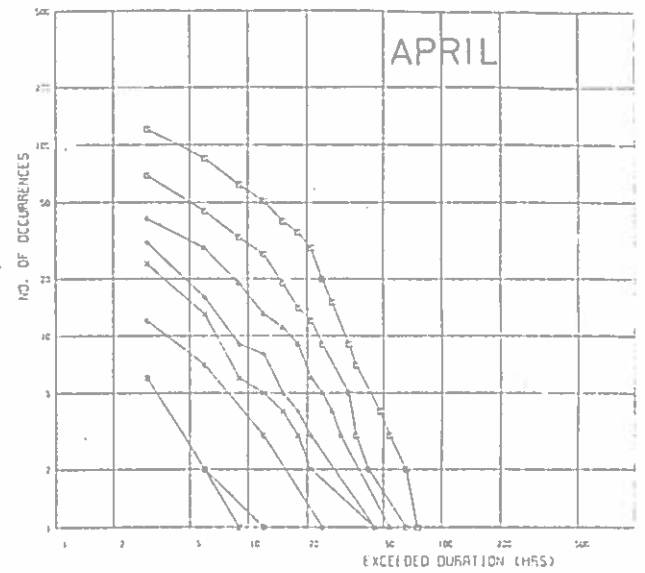
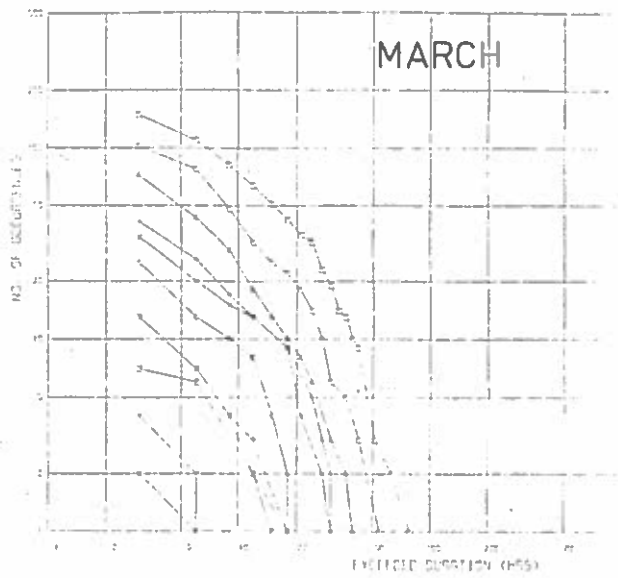
LEGEND FOR WIND ROSES

Height-direction distribution of refracted visual waves at a water depth of approx. 10 m.

Sign. Code $H_{1/10}$

- 0 ≤ 0.25
- 1 0.25-0.75
- 2 0.75-1.25
- 3 1.25-1.75
- 4 1.75-2.25
- 5 2.25-2.75
- 6 2.75-3.25
- 7 3.25-3.75

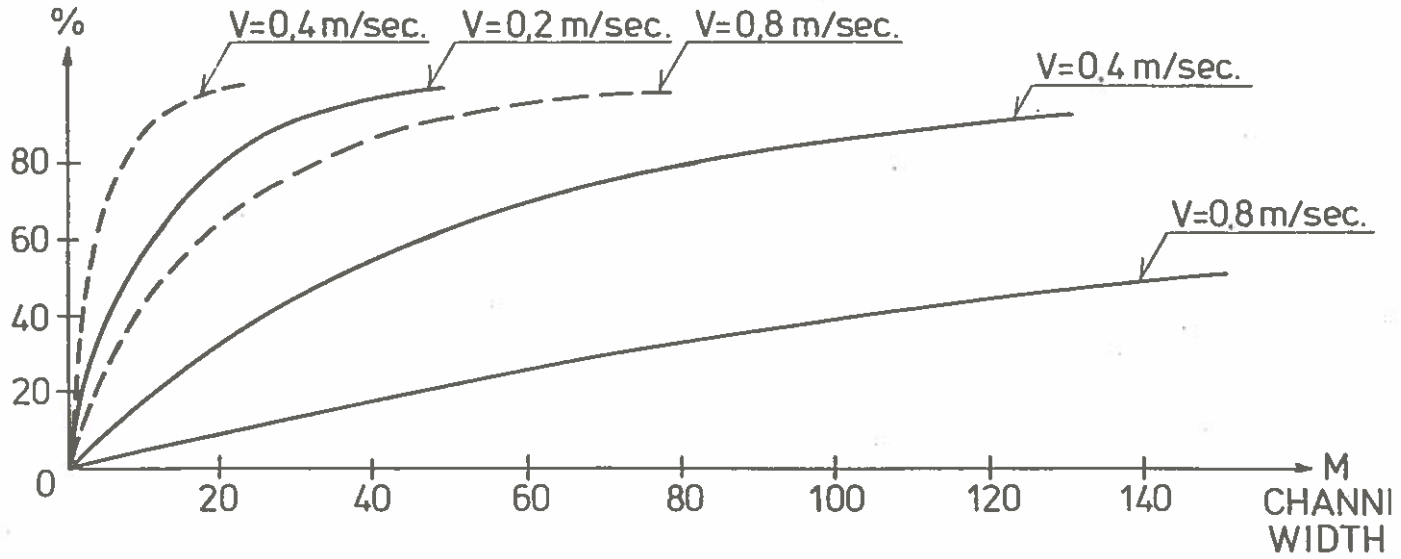
SUMMARY OF WEIBULL EXCEEDENCE ANALYSE
DIIAC 6



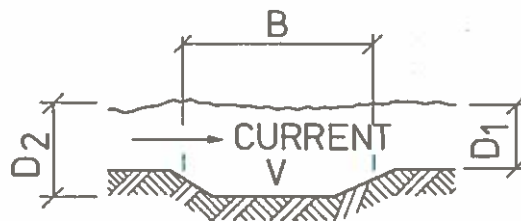
- x = 140,000 m³/day
- ∧ = 120,000 m³/day
- ∇ = 100,000 m³/day
- ⋄ = 80,000 m³/day
- ⋆ = 70,000 m³/day
- ⋈ = 60,000 m³/day
- ⋊ = 40,000 m³/day
- ⋋ = 30,000 m³/day
- ⋌ = 20,000 m³/day
- ⋍ = 10,000 m³/day
- ⋎ = 2,000 m³/day

MONTHLY SEDIMENT TRANSPORT
BILAG 7

SETTLED AMOUNT



— GRAIN SIZE 0,1 mm
 - - - GRAIN SIZE 0,2 mm



KYSTPROBLEMER I RELATION TIL UDLØBSLEDNINGER

**Per Roed Jakobsen
Dansk Hydraulisk Institut**

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
58 CHEMISTRY BUILDING
CHICAGO, ILLINOIS 60637
TEL: 773-936-5000
FAX: 773-936-5000
WWW: WWW.CHEM.UCHICAGO.EDU

RESEARCH INTERESTS
IN THE LABORATORY OF
PROFESSOR [Name]
INCLUDE THE STUDY OF
[Topic]

STUDENT POSITIONS
ARE AVAILABLE FOR
[Topic]

FOR MORE INFORMATION
CONTACT [Name]
AT [Phone Number]

APPLY TO [Address]
[City, State, Zip]

KYSTPROBLEMER OG UDLØBSLEDNINGER

v/ Per Roed Jakobsen

NOTER

1. INDLEDNING

Kystproblemer i relation til ilandføring af gasledninger og tilførsel af udløbsledninger er i princippet ikke forskellige.

Naturligvis er der forskel på problemernes størrelsesorden:

En 1 m gasledning på Vestkysten med 140 bars tryk er ikke helt sammenlignelig med et Ø 20 betonrør, bart, og godt gemt væk i en jysk fjord.

Det glemmes imidlertid ofte, at mange af vore kyster inden for Skagen kan ligge ret så udsatte og være udformede i et sedimentært, let bevægeligt kystmateriale.

Med andre ord, en dynamisk kystzone.

Det bliver ikke bedre af, at de ledninger der føres i denne zone ofte er lette P.E.H. rør - ganske vist ballasterede.

Der kendes desværre da også et betydeligt antal tilfælde, hvor problemerne har været undervurderede og kollaps været følgen.

En række kedelige voldgiftssager er fulgt i kølvandet eller spildevandet.

2. VEJLEDNING FOR ANBRINGELSE AF RØRLEDNINGER PÅ SØTERRITORIET

(Min. f. off. arb. 1977)

Det er i erkendelse af de talrige tekniske og administrative problemer knyttet til disse ledninger at ovennævnte vejledning er udgivet.

Desværre læses vejledningen ikke altid med den fornødne omhu og forståelse, især er det galt fat når vejledningen opfattes som norm og maximalkrav.

Derfor skal der i det følgende knyttes nogle bemærkninger til udvalgte citater fra cirkulæret:

- "Afsnit I. Almindelige bemærkninger, 2. spalte.
Det fremhæves at generelt gældende regler ikke kan fastsættes".
- Kommentar: Dette forbehold er ganske naturligt, netop fordi der arbejdes i en dynamisk kystzone, hvor lokale forhold kan have altafgørende betydning. Endnu engang, der er tale om en vejledning ikke norm.
- "Afsnit V i vejledningen, Projektets udformning.
Ledningen med forankring skal nedgraves, nedspules til erosionssikker dybde i hele sin længde.
- Kommentar. Erfaringen har vist, at dette krav hyppigt under- vurderes.

Det er et meget centralt krav, hvis korrekte implementering i projekter i de fleste tilfælde vil kræve særlig kystteknisk ekspertise, hvilket - og det viser erfaringen - ikke alle firmaer i branchen umiddelbart er i besiddelse af.

Der bør således altid i projektet foretages en kystbedømmelse der bør omfatte:

- A. Vurdering af kyststrækningens exponering d.v.s. udsathed for bølge og strømpåvirkning. Kattegat og Østersøvendte kyster vil i særlig grad være udsatte, for ikke at tale om Vestkysten.
- B. Kystmorfologisk bedømmelse. Generel kysttype:
 - Blød kyst (f.eks. sandkyst)
 - Hård kyst (Moræne kyst)
 - Fast kyst (klippe)
- C. Sedimenttransport.

3. KYSTUDVIKLING

Kyster er meget forskellige det kan bl.a. illustreres med nogle profileksemples (Bilag 1).

Såfremt kystbedømmelsen fører til, at der er tale om en dynamisk kyst, må der gennemføres omhyggelige undersøgelser.

Disse vanskeliggøres af, at der i regelen ikke foreligger et langtidsmateriale, der umiddelbart egner sig til støtte for bedømmelse af kystens langtidsudvikling (frem/tilbage). Der henvises i den forbindelse til det gode baggrundsmateriale for nordsøilandføringen.

Et tilsvarende eksempel fra Skagen er vist her (Bilag 1).

Som minimum bør der på kyster af denne type udføres en pejling i ca. 5 linier vinkelret på kysten med en afstand af ca. 50 m. Denne pejling bør gentages efter en stormfuld vejrperiode. Med henblik på identifikation af profilvariationers korttidsvariationer.

Der bør foretages et antal skylleboringer til bestemmelse af sedimentlagets mægtighed, suppleret med bundprøver til visuel bedømmelse.

Endelig foretages med fordel en dykkerinspektion, især på kyster der ikke er udprægede sandkyster.

Endelig foretages en samlet bedømmelse af materialet med henblik på bestemmelse af erosionssikker dybde.

Det vil sige en bedømmelse af kystudviklingen inden for ledningens levetid.

Det må stærkt anbefales, at denne vurdering foretages af en specialist. Materialet vil p.g.a. tidsnød ofte være af utilfredsstillende kvalitet, især for bedømmelse af langtidstilstanden, hvorfor det må suppleres med erfaringer fra lignende lokaliteter.

4. UDLØBSBYGVÆRKET

- Citat "Vejledningens kapitel V. Projektets udformning. Pkt. 3. Udløbsbygværket for spildevandsledninger eller lignende anlægsdele skal udformes på en sådan måde, at ingen del af anlægget rækker mere end højst 20 cm op over havbunden".

Der gives i vejledningen en række minimumskrav til udformning af bundsikring omkring anlægget. Der synes også at være tale om rimelige foranstaltninger, når det drejer sig om værker der udføres på vanddybder uden for den dynamiske kystzone.

Man kan spørge, hvor er den?

Ja igen må kystanalysen vise, hvor langt vi skal ud, men på udsatte kyster gøres det næppe under 6-8 vanddybde.

Jfr. eksemplet fra Skagen.

Er vi inden for denne zone og udføres indløbsværket bogstaveligt talt på toppen af en revle, kan det omtalte krav - de 20 cm - sandsynligvis ikke tilfredsstilles af den anførte minimumsdækning og en ny projektering må foretages.

5. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

De fremførte glimt af projekteringsproblematikken har forhåbentlig givet anledning til eftertanke.

Kystproblemer er et meget specielt speciale hvis behandling kræver specialister, såvel blandt projekterende som blandt godkendende myndigheder.

I denne sidste forbindelse skal opmærksomheden henledes på:

"Bekendtgørelse om anbringelse af høfder og andre kystsikringsanlæg, kabler og rørledninger på søterritoriet".

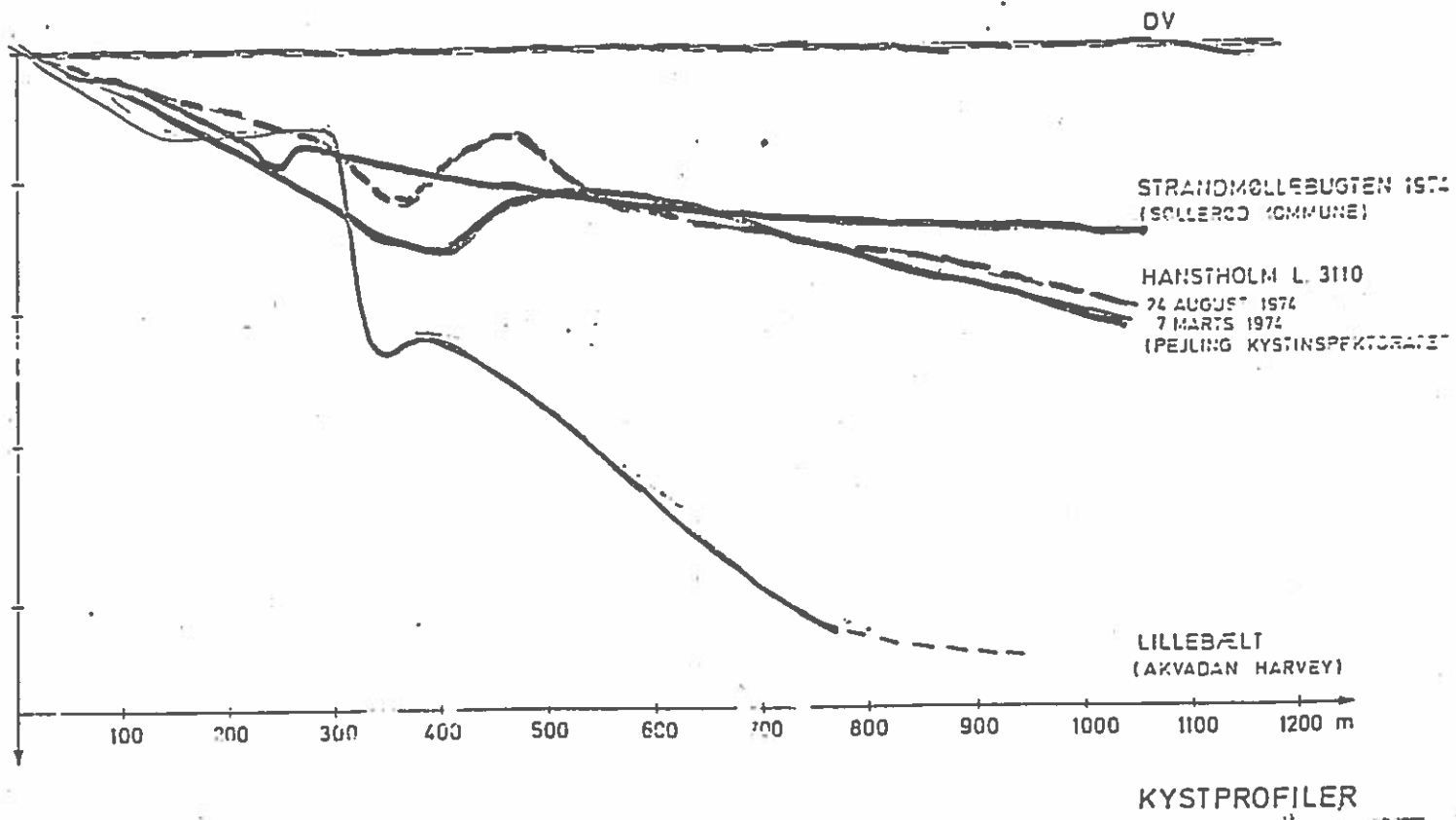
"Min. f. off. arb. 1980, 17. Oktober".

Ifølge denne meddeles de pågældende tilladelser, med enkelte undtagelser, af Kystinspektoratet i Lemvig.

Om de har tid giver de sikkert gerne råd.

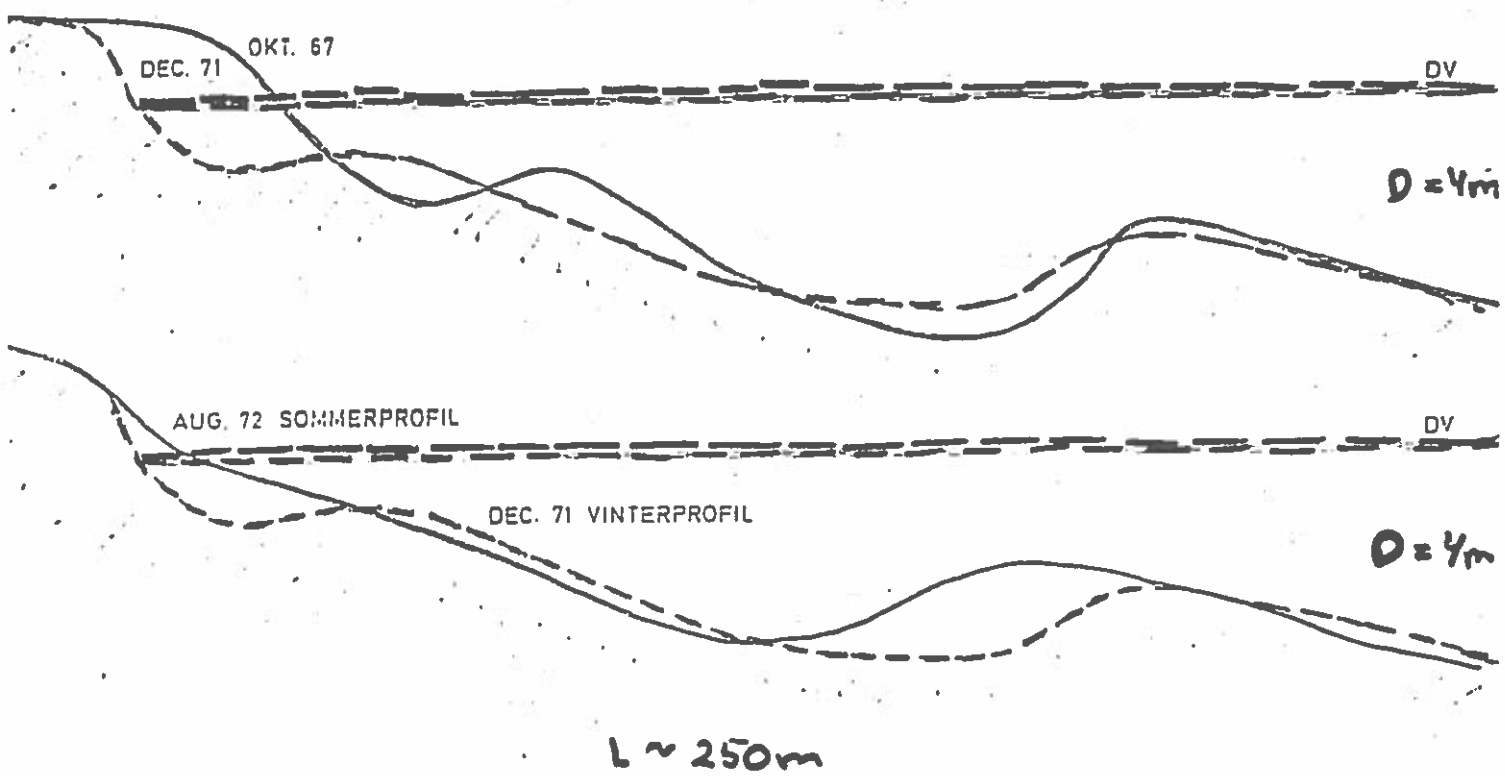
Også visse private firmaer og ATV-institutter besidder særlig ekspertise.

HUSK UNDER ALLE OMSTÆNDIGHEDER AT SPØRGE.

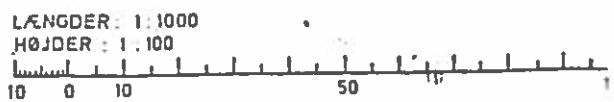


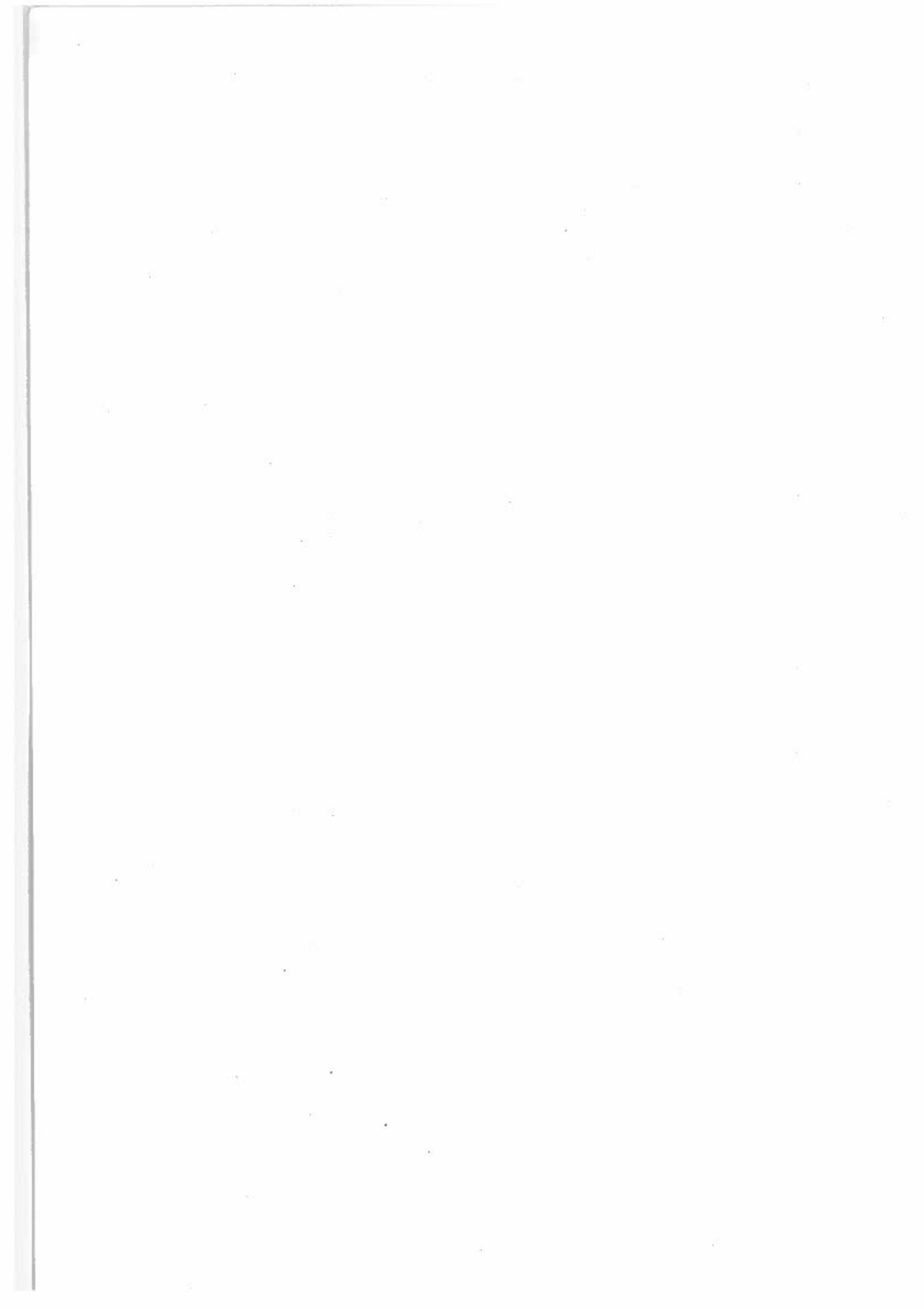
KYSTPROFILER

KYSTTILBAGERYKNING



KYSTPROFILER VED SKAGEN FYR.
PEJLING VANDRYGNINGS/ÆSSENET





**A SURVEY ON BACKFILLING EXPERIENCES
IN THE SHORE APPROACH ZONE OF DANISH WATERS**

**Jørgen Færch Knudsen
Cowiconsult**

1. INTRODUCTION

The purpose of this technical note has been to investigate and evaluate on existing sea outfalls in areas with environmental conditions similar to the ones found in Storebælt and Lillebælt.

The technical note is prepared during Detailed Engineering at the Marine Pipeline Project Office, NGG.

2. INVESTIGATIONS

The investigations on existing sea outfalls have been carried out through contact to consulting engineers, communities and contractors.

The investigations have concentrated on the following items:

- Environmental data: especially soil conditions and currents and waves.
- Design data: especially length of pipeline, trench depth, water depth, and backfill material.
- Dredging and backfilling methods
- Experiences after installation: especially concerning scour.

The investigations have been performed for two types of costal areas, one with conditions similar to the ones found in Storebælt (wave and current exposed coasts), and one with conditions similar to the ones found in Lillebælt (mainly current exposed coasts). The results of the investigations are summarized in Table 2.1 and 2.2. In Figur 1 the localities of the investigated sea outfalls are shown.

3. DESIGN PRACTICE

In the past 10 years numerous sea outfalls have been established in many places along the Danish coasts.

A typical sea outfall has a cover of 0.5 m to 1.5 m and has a length of 600-800 m with outlet at a water depth of 8-15 m. The conditions for shore approaches for the gas pipelines therefore appear to be very similar to those for sea outfalls.

In the following design practice for sea outfalls relevant to the shore approaches for the gas pipelines is outlined. The design data are derived from existing sea outfalls established since 1969. Before that time it was more common, and accepted by the authorities that the pipelines were placed more or less unburied on the sea bed.

3.1 Depth of Burial

The authorities' requirements in general are that the pipe shall be buried to a depth so that the backfilled cover will not be removed by scour. In certain areas an undefined anchor safe depth is introduced. This is, however, not the normal criterion for the burial depth.

The burial depth has in the past few years stabilised at about 1 m cover, which is now normal practice in areas with no littoral drift, strong current or the like. If littoral drift occurs the pipe is normally buried below the lowest estimated sea bed profile, with a depth that has to be determined in each case.

3.2 Backfill Material

The backfill consists of either the dredged material (spoil) or supplied material.

The decision on whether to choose dredged or supplied material depends on:

- Soil conditions
- Wave and current conditions.

Other factors that can influence the choice are:

- Dredging method
- Available quantities of suitable backfill material

- Available equipment.

The last three factors are a matter of economy for each contractor.

As can be seen from Table 2.1 there are two major differences in the use of backfill depending on whether the backfill is exposed to a strong current as occurring in Lillebælt or to a weaker current combined with waves as occurring in Storebælt.

3.3 Current Exposed Coasts

In areas with strong currents the dredged material is removed and dumped. The backfill will in these cases be supplied material like gravel with a layer of pebbles or stones on top forming a filter. In areas where the currents are weaker and the waves without specific influence the dredged material has been used.

There are some major reasons for not reusing the dredged material in areas with strong currents.

- A great part of the dredged material when placed alongside the trench might disappear due to the current, so that the contractor has to get supplied material anyway
- The dredged material when placed alongside the trench might slide into this due to the current
- Gravel, pebbles and stones can be placed more accurately than fine dredged material.

The problems will decrease with decreasing current velocity. This can be seen from the sea outfalls in Guldborgsund and Alssund, where the spoil has been used as backfill.

In Lillebælt very rapid currents have not been able to make scour in backfilled layers of stones with sizes between 40 mm and 60 mm and unsorted pebbles and stones. (Fredericia Cellulose Factory).

In an other place in Lillebælt the current has not been able to level heaps from excess material (pebbles) and holes to a plane sea bed (Fredericia Community) whereas in Storstrømmen where rapid currents occur no scour problems have been reported although the trench was backfilled with dredged material in some areas, but heaps of up to 1.5 m above natural sea bed were levelled after a year.

3.4

Wave and Current Exposed Coasts

In areas with a combined wave and current interaction it can be read from Table 2.1 that in most cases the backfill consisting of supplied material like sand or gravel and dredged material (clay, sand or gravel) have been used.

Sea Bed Consisting of Sand

For sea outfalls where the dredged material is sand it is normal practice to use the same material as backfill.

In water depths less than about 5-6 m the dredged material will be used directly as backfill. In greater depths it can sometimes be difficult to find the dredged material again even if it is placed alongside the trench, so two methods are used:

1. The dredged material is dumped and backfilling is carried out with supplied material.
2. The dredged material is placed near to the trench and backfilling is carried out with available dredged material and necessary supplied material.

Sea Bed Consisting of Moraine Clay or Silt

Where the dredged material is moraine clay or silt the sea outfall is placed in supplied sand or gravel to secure the stability of the plastic pipe. For the backfill hereover is then used the dredged material.

As for the areas with sand the dredged material will often be placed alongside the trench in water depth less than about 5-6 m. After placing the sand or gravel around the pipe the dredged material will be placed in the trench. Excess material will be spread around the trench without significantly decreasing the water depth (i.e.: a decrease less than 20 cm), as required by the authorities.

If the water depths are greater than about 5-6 m the dredged material can, as mentioned above for sand, either be dredged and dumped or dredged and placed alongside the trench. After backfilling with sand or gravel around the pipe the dredged material or supplied sand or gravel might be used.

No scour in the backfill has been reported for the investigated sea outfalls trenched and backfilled as described above.

In a few occasions the bottom profile has changed more than expected due to a general change in the seabed profile so that the pipeline has been exposed. It has not occurred due to instable backfill.

4.

CONCLUSION

General practice for trenching and backfilling sea outfalls in the Danish coast areas can be summarized as follows:

Areas Exposed to Rapid Currents

Stable backfill has been reported to be a filter consisting of gravel around the pipe and a toplayer with stones with a grainsize of 40-60 mm or unsorted pebbles and stones. The use of gravel around the pipe is very much associated with the backfilling methods in a rapid current.

Areas Exposed to Waves and Currents

Using the dredged material as backfill seems not to have caused any scour problems.



FIG. 1. LOCALITIES OF THE INVESTIGATED SEA OUTFALLS.

Table 2.1 Investigated Sea Outfalls

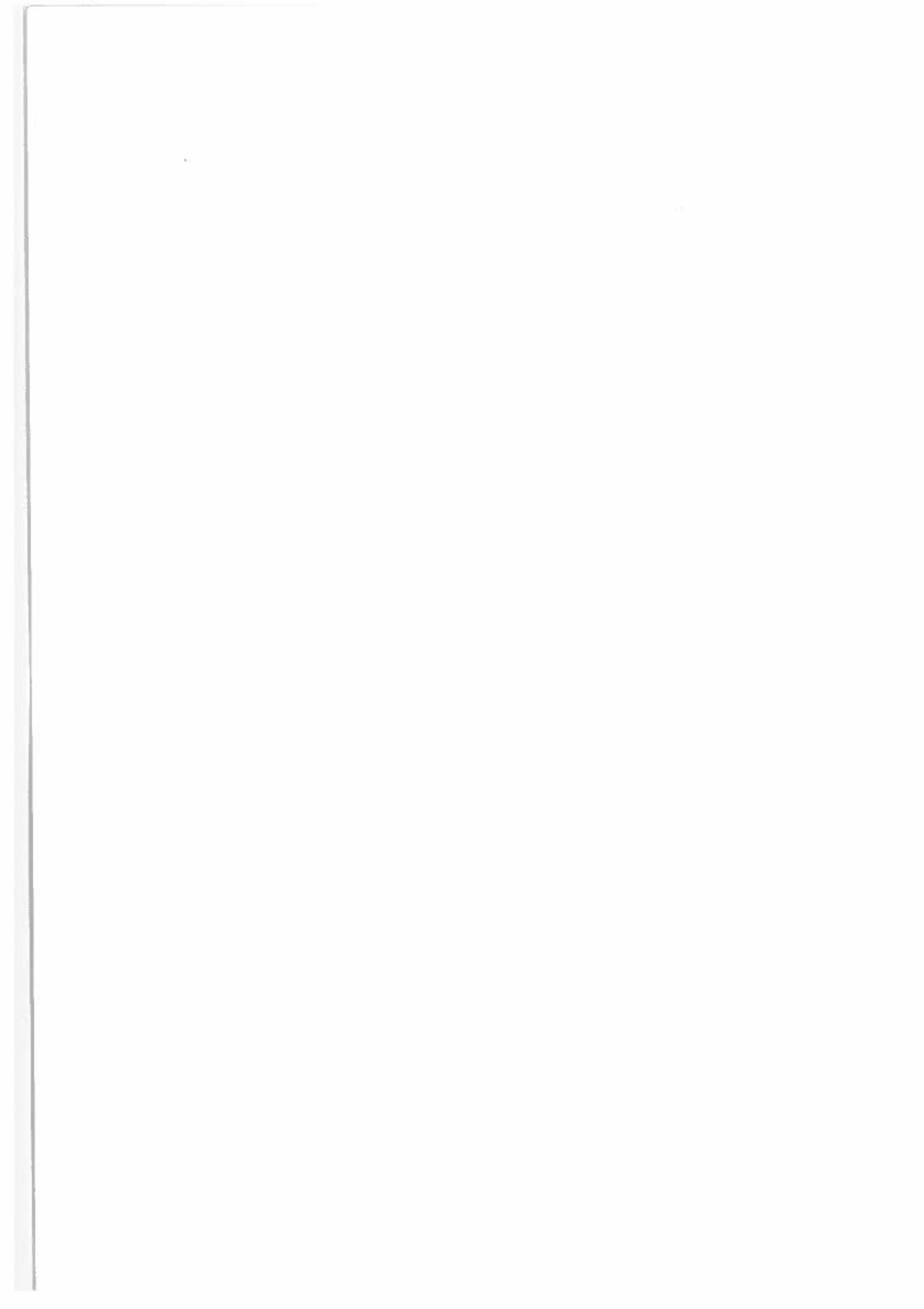
No.	Owner	Year	Locality	Coast w: waves c: current	Diameter mm	Length m	Max. water depth m	Minimum Cover m	Average Cover m	Soil	Backfill	Equipment	
												Dredging	Backfilling
1	Ebeltoft Community	77	Hjelm Dyb, Kattegat	w	600	640	12	0.5	1.0	sand	dredged sand	dipper dredger wire grab	dipper dredger wire grab, hoppper split barge
2	Gudme Community	80	Elsehoved, Storebælt	w	315	700	8.5	0.8	1.5	sand/clay/ mud	supplied sand dredged sand/clay	backhoe from causeway, dipper dredger, vessel with dragline	backhoe from cause- way, wiregrab
3	Ørbæk Community	76	Kløverhage, Storebælt	w	355	550	7.5	0.2	0.5	sand/clay/ mud	supplied sand dredged sand/clay	backhoe from causeway, dipper dredger, wiregrab	backhoe from cause- way, dipper dredger, wiregrab
4	Egebjerg Community	78	Sydfynske Øhav	w	500	850	11	0.5	1.5	sand/clay/ mud	supplied sand dredged sand/clay	dipper dredger, bucket dredger	dipper dredger suction dredger hopper split barge
5	Græsted- Gilleleje Community	77	Ødholt Strand Kattegat	w/c	400	600	8.5	0.5	1.0	sand/clay	dredged sand	backhoe from causeway, dipper dredger	backhoe from causeway, suction dredger natural backfilling
6	Haderslev Community	74	Halk Hoved Lillebælt	w/c	280	820	9	0	0.5	sand/clay	dredged sand/clay	backhoe from shore, air lift	backhoe from shore, air lift
7	Assens Community	79/80	Åkrog Bugt Lillebælt	w	400	700	11	-	1.0	sand/gravel	-	-	-
8	Sønderborg Community	78/79	Alsund	c	800	150	13	0.5	1.5	mud/clay/ sand	dredged mud/ sand/clay, supplied sand	backhoe from shore, wiregrab	backhoe from short wiregrab
9	Nykøbing Sugar Factory	76	Guldborgsund	c	800	600	6	0.5	0.8	moraine clay, stones	dredged material	pontoon with backhoe, wiregrab	pontoon with backhoe, wiregrab
10	-	80	-	c	600	150	5	0.5	0.8	sand/mud/ silt/clay	dredged material	pontoon with backhoe	pontoon with backhoe
11	Middelfart Community	79/80	Lillebælt	c	1000	380	22	1.3	-	sand	supplied filter: gravel, pebbles	dipper dredger, bucket dredger	pontoon with wiregrab, suction dredger
12	Kolding Community	78	Lillebælt	c	900	150	30	1	1.5	sand/moraine/ clay	supplied filter: gravel, pebbles, stones	dragline from land, pontoon, blasting	hopper split barge
13	Fredericia Community	75	Lillebælt	c	1200	750	24	1	1.5	sand/clay	supplied filter: gravel, pebbles 40/60	pontoon with wiregrab, backhoe from land	pontoon with wiregrab
14	Fredericia Cellulose Factory	76/77	Lillebælt	c	710	100	10	1	1	clay	supplied filter: sand, pebbles < 40 pebbles 40/60	bucket dredger	vessel with wiregrab
15	Kalundborg Community	69	Jammerland Bugt Storebælt	w/c	1000	1200	6.5	1	-	sand/clay	dredged material	-	-
16	Odder Commu- nity	78	Hov, Tunø Bælt	w	315	500	5.5	0.5	-	sand	dredged sand	-	-
17	-	79	Saksild, Tunø Bælt	w	315	700	10	0.5	-	sand	dredged sand	-	-
18	-	78	Tunø, Tunø Bælt	w	160	160	6	0.5	-	sand/clay	supplied sand	-	-
19	-	75/76	Kysing, Tunø Bælt	w	315	425	6	0.5	-	sand/clay	dredged sand	-	-

Table 2.1 continued

Owner	Year	Locality	Coast exposed to w: waves c: current	Diameter mm	Length m	Max. water depth m	Minimum Cover m	Average Cover m	Soil	Backfill	Dredging	Equipment
Vordingborg Community	78/79	Masned Sund	c	2 x 560	200	8	-	2	hard clay/sand/stones	supplied gravel and unsorted pebbles < 50/100	vessel with legs and hydr. grab, vessel with dragline	Backfilling vessel with wiregrab
Vordingborg Community	78	Masned Sund	c	2 x 450 steel pipe	200	7	-	2 Depth as anchor	"	"	"	"
Vordingborg Community	78/79	Kalvestrømmen Storstrømmen	w/c	2 x 560	500	9	-	1.5	clay/sand	<4m supplied sand and unsorted pebbles >4m supplied sand/dredged material	vessel with wiregrab	vessel with wiregrab

Table 2.2 Experiences with the Investigated Sea Outfalls

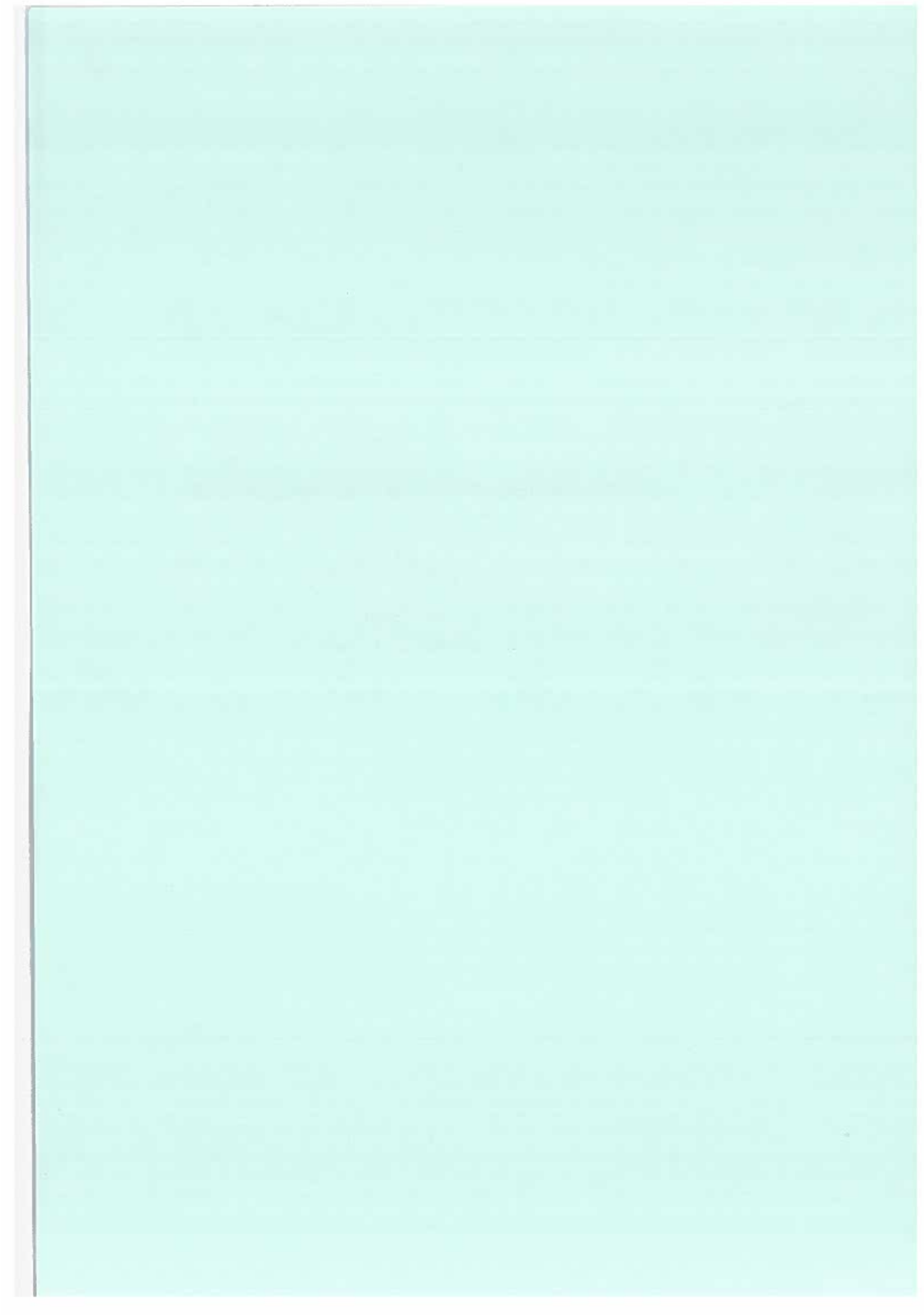
No.	Owner	Remarks
1	Ebeltoft Community	No scour problems reported.
2	Gudme Community	No scour problems reported, heaps of clay left so that the break down can be observed.
3	Ørbæk Community	From shoreline to a water depth of 4 m, there is no sign of the pipe. From 4 to 7.5 m there is still some clay heaps left.
4	Egebjerg Community	Same picture as for Ørbæk.
5	Græsted-Gilleleje Community	From shoreline to a water depth of 7-7.5 m, there is no sign of the pipe. At 7.5 to 8.5 a general change of seabed profile has taken place so that the pipe has been partly exposed.
6	Haderslev Community	Between the water depths 1.5-3 m there has been a general change of seabed profile. Otherwise no problems have been reported.
7	Assens Community	From shoreline to a water depth of 3-4 m, there is no sign of the pipe.
8	Sønderborg Community	No scour problems reported.
9	Nykøbing Sugar Factory	No scour problems reported.
10	-	No scour problems reported.
11	Middelfart Community	No scour problems reported. Some natural backfilling occurred during construction.
12	Kolding Community	No scour problems reported. The contractor had difficulties with placing the backfill due to rapid currents.
13	Fredericia Community	No scour problems reported. The contractor had difficulties with placing the backfill due to the rapid current. Holes of a depth of up to 2 m have not been filled with sand. Heaps of pebbles are not levelled.
14	Fredericia Cellulose Factory	No scour problems reported. The contractor had great difficulties with placing the backfill due to the rapid current.
15	Kalundborg Community	Only minor problems have been reported.
16	Odder Community	No scour problems reported.
17	-	No scour problems reported.
18	-	No scour problems reported.
19	-	No scour problems reported.
20	Vordingborg Community	During the backfilling operation it was experienced that it was very difficult to backfill with sand and gravel.
21	-	Backfilled sand and gravel disappeared from the trench when the top of the layer was 1 m below the sea bed. Scour problems have not been reported but underwater inspection have not yet been possible due to rapid current velocity (up to 3-3.5 m/s) and low visibility.
22	-	No scour problems have been reported although the current velocity is very rapid (up to 3 m/s). Heaps of clay up to 1.5 m above the sea bed were levelled after a year.



ENTREPRENØRERFARINGER MED UDLØBSLEDNINGER

P. E. Jensen
Saabye & Lerche A/S

G. Gudiksen
H. Hoffmann & Sønner



Brabrand 13 april 1981

GG/BMP

Entreprenørerfaringer med udløbsledninger

Følgende korte resume af indlægget er delt op i fire hovedpunkter:

Udbudsgrundlag/projekt.

Udbud.

Udførelse.

Aflevering.

Udbudsgrundlag/projekt

=====

Myndighedsgodkendelse:

Det må naturligvis tilstræbes af planlægningsmæssige grunde, samt for at kunne give "fast pris og fast tid tilbud", at man inden udbud har alle godkendelse af ledningen i orden. Af og til har vi mødt tilfælde hvor det ikke har været tilfældet.

Farvandsdirektoratet:

Direktoratets tekniske krav til anlæget samt kravene til afmærkning bør søges afklaret og anmeldt af de projekterende til annoncering i "efterretninger for søfarende", hvis det er nødvendigt for overholdelse af tidsprogrammet.

Forhåndsundersøgelser:

Forhåndsundersøgelser så som pejlinger, kystmorfologiske forhold, geotekniske undersøgelser, vindforhold, bølgeforskel, vandstandsforhold og strømforhold må undersøges eller fremskaffes i et sådant omfang at de i princippet giver de bydende entreprenører "fyldestgørende" oplysninger for afgivelse af tilbud.

Naturligvis må omfanget af de enkelte undersøgelser fastsættes for hver sag, idet man f eks et sted må udføre meget omfattende geotekniske undersøgelser på grund af manglende bæreevne eller meget varierende bundforhold, medens man et andet sted f eks må prioritere beskrivelsen af de kystmorfologiske forhold meget højt.

Omfanget af undersøgelserne er også meget afhængig af den geografiske placering.

Tekniske krav til udførelse og materialer:

Krav til ballasteringsbolte bør standardiseres til galvaniserede bolte, hvor der er taget hensyn til reduceret lagtykkelse på gevinddelen, hvis ikke et meget specielt aggressivt miljø nødvendiggør brugen af f eks rustfri-, tinbronce-, al-bronce- eller andre boltetyper.

Hvor der kræves tilfyldning om ledningen med andre materialer end de opgravede bør man af økonomiske grunde tilstræbe at disse findes i naturlige aflejringer i nærheden, og hvis der er tale om meget store tilfyldningsmængder bør disse findes i nærheden på søterritoriet, så de kan hentes med sand- eller ralsugere.

Tolerancekravene til f eks koterings af ledningen, afretning af tilfyldning mm er set med vore øjne tit unødvendig skrappe, så skrappe at de i praksis ofte umuligt lader sig overholde. Fremfor skrappe tolerancekrav på koterings er det tit en fordel istedet for at stille krav om minimum tilfyldningslag over ledning og krav om minimum fald (f eks at ledninger overalt skal have fald mod udløb), og dermed lempeligere krav til koterings.

På samme måde bør kravene til tolerancer på tilfyldning i hver enkelt sag tages op til en meget kritisk vurdering (eller dialog med Farvandsdirektoratet).

Generalt bør der ved fastsættelse af tekniske krav til udløbsledninger tages hensyn at der er tale om vandbygning, endda tit under meget ugunstige ydre betingelser, således at man opnår en teknisk-økonomisk optimal løsning.

Udførelsen af udløbsledninger kan og må ikke sammenlignes med udførelse af kloakledninger på landjorden.

En beskrivelse der kræver ledningen lagt på 20 cm afrettet grus med huller for ballastklodset (muffe på betonmufferør!) bør korrigeres.

Af og til ser man beskrivelser, der angiver alt for stejle skråninger i udgravningsprofilet.

Udbud

=====

Udbudsform:

Bygherren gør ofte klogt i, specielt ved mere komplicerede anlæg, at holde indbudt licitation blandt en kreds af kvalificerede entreprenører, der såvel økonomisk som teknisk kan magte opgaven. Mange firmaer har måttet lukke på grund af at de ikke har kunnet klare opgaven.

Der findes også en del eksempler på bygherrer der for sent har opdaget at den leverede ledning ikke har kunnet godkendes af myndighederne.

Udbudstidspunkt:

Udbudstidspunkt bør vælges således at man udnytter årets bedste måneder til arbejdets udførelse. Mange ledninger udføres på 4-8 mdr og her vælges sommerhalvåret fremfor vinterhalvåret til udførelsen.

Udførelse

=====

Materiel og metoder:

Geografisk placering (altså de ydre omstændigheder), gravesektionernes længde, og det indsatte material (hastigheden) afstemmes i forhold til hinanden, så der tilstræbes en optimal teknisk og økonomisk løsning.

Ofte udføres en del af uddybningen for ledninger fra land (ud til vanddybder på omkring 1 m), hvor der er tale om nogenlunde rolige forhold. Dette arbejde udføres oftest af hydrauliske- eller wiregravemaskiner eventuelt suppleret med sumpdozer.

Arbejdet på vand udføres afhængig af forholdene enten med spandkædemaskine, wire- eller hydraulisk gravemaskine på flåde/skib, wire- eller hydraulisk gravemaskine på platform (Jack-up), sandsugere eventuel med cutter eller i sjældnere tilfælde med spulegrej, der normalt ikke er egnet. Positionering udføres oftest med laser og distomat eller elektronisk afstandsmåler, eller med fremskæring med to theodolitter/theodolit og laser. Det bedste resultat opnås med dynamisk positionering med specielt udstyr (f eks Rangefinder).

Dybdemåling for gravning af rende udføres med ekkolod/sonde og ved lavere vanddybder eventuelt håndpejling, der dog må anses for unøjagtigere.

Efter gravning skal foretages kontrolmåling og kontrolinspektion, der skal omfatte kontrol af gravedybde og gravebredde, samt registrering af eventuelle forekomster af blød bund og større sten.

Sædvanligvis er de i projekterne viste bundbredder og anlæg ikke opnåelige, når der ses på materialets beskaffenhed, nødvendigt gravemateriel og vanddybde. Større vanddybde kræver sædvanligvis større tolerancer. På lokaliteter med kraftig strøm og deraf følgende materialevandring, må der kompenseres med større udgravningsvolumen.

Sannemsvejsning og ballastering:

Der bør foretages en grundig kontrol for svejsefejl og andre defekter i ledningen. Trykprøvning kan med fordel udføres både før og efter udlægning. Trykprøvning før nedlægning sikrer mod fejl i svejsninger, flanger mv og begrænser risikoen for ledningsbrud under nedlægningen. Da påvirkningen på ledningen sædvanligvis er hårdest i forbindelse med nedlægningsproceduren er en trykprøvning efter endelig placering og justering af ledningen absolut tilrådelig.

Afhængig af ledningens størrelse og længde kan ballasteringer udføres enten i dok eller på kysten tæt ved arbejdsstedet.

Kontrol af mellemlæggets placering mellem ballastklodser og ledning bør foretages, således at skader på ledningen undgås.

Under udlægning af ledninger i mindre dimensioner er brudårsagen ofte en fejlagtig eller måske manglende placering af mellemlæg.

Nedlægning og kontrol:

Efter placering af ledning i den udgravede rende foretages justering af ledning således at den er placeret i overensstemmelse med projektets krav (se foregående bemærkninger til tolerancekrav). Efter justering af led-

ning foretages bygherrekontrol bestående af tilsyn med trykprøvning og dykkereftersyn af ledning med kontrol af ballastplacering, kontrol af boltesamlinger ved flanger, samt placeringskontrol.

Efter tilfyldning og justering af materialer omkring og over ledning foretages påny bygherrekontrol af havbunden i ledningstraceen og dennes omgivelser.

Aflevering

=====

Afhjælperperioder længere end 1 år samt forlængede garantiforpligtigelser bør efter vor mening undgås, hvor der ikke er helt specielle forhold der taler for en forlængelse.

Arbejdet bør i så stor udstrækning som muligt udføres i henhold til "Almindelige betingelser for arbejder og leverancer".

Endelig godkendelse er som regel betinget af Farvandsdirektoratets godkendelse af afretning af havbund og diffusorarrangement. En hurtigere godkendelse kunne her være ønskelig, og hvis det overhovedet er muligt ville det være bedst om denne godkendelse forelå i forbindelse med afleveringen. Kan proceduren med Farvandsdirektoratet ikke ændres, bør bygherren ved afleveringen tage stilling til om han kan overtage anlægget.

BEHANDLING AF SAGER OM UDLØBSLEDNINGER

**O. J. Olesen
Farvandsdirektoratet**

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary data collection techniques. The primary data was gathered through direct observation and interviews with key stakeholders. Secondary data was obtained from existing reports and databases.

The third section details the results of the data analysis. It shows a clear trend of increasing activity over the period studied. The data indicates that the majority of transactions occur during the middle of the day, with a significant peak in the afternoon.

Finally, the document concludes with a series of recommendations based on the findings. It suggests that the current processes are largely effective but could be improved by implementing more robust data security measures. Additionally, regular audits should be conducted to ensure the ongoing accuracy of the records.

Farvandsdirektoratets sagsbehandling af udløbsledninger.

Farvandsdirektoratets behandling af og kontrol med udløbsledninger sker i henhold til Forsvarsministeriets bekendtgørelse af 12.8.1954, hvoraf fremgår, at det er forbudt at anbringe genstande i farvandene, der kan virke hindrende for sejladsen.

Sagsbehandlingen, der sker i overensstemmelse med Ministeriet for offentlige arbejders vejledning af 18. maj 1977, begrænser sig til ledningens rent fysiske tilstedeværelse på søterritoriet og foretages ud fra hensynet til:

- a. Skibsfartens og sejladsens tarv.
- b. Fiskerimæssige forhold.
- c. Tilstedeværelse af kabler og ledninger m.v. i området.
- d. Tilstedeværelse af anlæg på eller ved kysten.

Farvandsdirektoratets (Farvandsinspektionen)behandling af sager om udløbsledninger sker i 3 faser:

1. Projektbehandling.
2. Kontrol med ledningsarbejdet
3. Undersøgelse af det udførte arbejde.

Ad 1. Projektets sagsbehandling vanskeliggøres og forsinkes ofte på grund af utilstrækkelige oplysninger og detailtegninger eller manglende oplysninger vedrørende blandt andet bundforhold og vanddybder. Her må henvises til ministeriets vejledning.

Ad 2. Kontrollen med ledningsarbejdets udførelse giver jævnligt problemer henset til de i vejledningen anførte tidsfrister, ligesom det er af afgørende betydning, at Farvandsinspektionen underrettes om arbejdsmetoder, tidsterminer m.m. for at kunne fastsætte eventuel midlertidig afmærkning under arbejdets udførelse. Der opstår jævnligt konflikt med entreprenører, der ikke kan igangsætte arbejdet på grund af manglende avis.

Ad 3. Når Farvandsinspektionen har modtaget færdigmelding af arbejdet, vil der lejlighedsvis blive foretaget en dykkerkontrol af ledningen. Til det brug skal ledningen kunne stedfæstes ganske nøje for eks. med midlertidigt opsatte stager.

Undersøgelsen skal godtgøre, om ledningsarbejdet er udført i overensstemmelse med det godkendte projekt, og at der ikke er efterladt uvedkommende genstande eller materialer på havbunden.

Desværre har undersøgelserne vist, at mange ledninger navnlig for mindre projekters vedkommende er så dårligt eller mangelfuldt udført, at der må ske indberetning til ministeriet.

Manglerne eller fejlene sker navnlig med hensyn til erosionssikker placering, udløbsbygværkets udformning som en jævn forhøjning uden skarpe kanter, anlæggets højde over havbunden og havbundens retablering og udjævning.

For at imødegå de problemer der som nævnt jævnlig opstår i de anførte behandlingsfacer, er vi indforstået med, at der på et tidligt tidspunkt i såvel projektudarbejdelsen som i arbejdsplanlægningen sker henvendelse til Farvandsinspektionen.

VEJLEDNING OG BEKENDTGØRELSE OM RØRLEDNINGER
PÅ SØTERRITORIET

Ministeriet for offentlige arbejder

CONTENTS
Original Articles
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Editorial
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Correspondence
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Case Reports
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Book Reviews
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Announcements
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Advertisements
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Index
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Subscription Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Advertising Rates
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Copyright Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Reprints and Permissions
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Contributor Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Editorial Board
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Editorial Staff
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Publication Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Subscription Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Advertising Rates
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Copyright Information
The Role of the General Practitioner in the Management of the Patient with a Fracture of the Hip

Vejledning for anbringelse af rørledninger på søterritoriet.

I. Almindelige bemærkninger.

Etablering af faste anlæg på søterritoriet kræver tilladelse fra staten. Dette følger af statens højhedsret over søterritoriet. Sådan tilladelse meddeles almindeligvis af ministeriet for offentlige arbejder. Endvidere kan tilladelse være fornøden i henhold til særlig lovbestemmelse. Ifølge § 46 i lov om lodsvæsenet, lovekendtgørelse nr. 244 af 29. juli 1964, jfr. bekendtgørelse nr. 270 af 12. august 1954 om kontrol m. m. af foranstaltninger til vejledning for sejladsen i de danske farvande, må man således ikke uden tilladelse eller godkendelse fra forsvarsministeriet, der i henhold til nævnte bekendtgørelse har delegeret sin myndighed til farvandsdirektoratet, anbringe genstande i farvandene, der kan virke hindrende for sejladsen. Herved henvises også til § 5, stk. 4, i lov om skibsfartens betryggelse, lovekendtgørelse nr. 309 af 3. august 1965, samt § 4, stk. 1, i lov nr. 195 af 26. maj 1965 om saltvandsfiskeri.

Tilladelse til udlægning af stærkstrømskabler, telegrafkabler, telefonkabler, spildevandsledninger, andre afløbsledninger, vandledninger m. v. meddeles af ministeriet for offentlige arbejder efter forudgående kontakt med en række berørte myndigheder. For så vidt angår rørledninger, er man endes om at meddele nedenstående almindelige retningslinier for udfærdigelse af andragende om tilladelse til en sådan ledningsetablering og for udformning af ledningsanlægget.

Endvidere angives nogle af de vilkår, som almindeligvis kan forventes fastsat for en

tilladelse. Det fremhæves, at generelt gældende regler ikke kan fastsættes, da de lokale forhold, særlige besejlingsmæssige hensyn, specielle fiskeriinteresser m. v. kan motivere skærpede og yderligere krav. Ligeledes kan omstændighederne tilsige, at en fravigelse fra de angivne retningslinier tages under overvejelse.

II. Andragende om tilladelse.

Andragende med tilhørende bilag om tilladelse til etablering af en rørledning indgives i 7 eksemplarer i så god tid som muligt inden anlæggets udførelse til ministeriet for offentlige arbejder, Frederiksholms Kanal 27, 1220 København K.

Ledningens nøjagtige placering vises på et udsnit af søkort, eventuelt på et målebordsblad.

Det er væsentligt, at man allerede på det indledende projektstadium tager hensyn til, at ledningen så vidt muligt skal placeres på steder, hvor gener for sejlads, fiskeri m. m. er begrænsede (f. eks. undgå ankerpladser). Endvidere skal ledningen så vidt muligt placeres i eller i nærheden af eventuelt eksisterende ledningstracéer, dog med tilbørlig hensyntagen til de eksisterende ledningsanlæg. Særligt erindres om sikkerhedshensynet ved arbejder i nærheden af stærkstrømskabler og de herom gældende regler. Der bør optages kontakt med ejerne af eksisterende ledningsanlæg om det påtænkte nyanlæg, ligesom det anses for formålstjenligt at kontakte den stedlige fiskerikontrol, for at denne med de lokale fiskere kan finde frem til den for fiskerne bedste place-

ring af den påtænkte udløbsledning. Der tænkes herved særlig på ledningens retning, længde og afslutningspunkt samt eventuel fylds placering.

Ansøgningen, der bør indeholde en beskrivelse af ledningens konstruktion og udformningen af eventuelt udløbsbygværk, skal være bilagt et projekt til det pågældende anlæg, herunder detailtegninger, der viser ledningens længde og placering i havbunden med koteangivelse samt udformning af udløbsbygværk og ballast. Det bør af beskrivelsen for en spildevandsledning fremgå, at projektet søger at samle udledningen fra området (f. eks. inden for samme kommune eller ved samme afgrænsede recipient) til så få udløb som muligt. Rapport om eventuel foretagen recipientundersøgelse eller om andre foretagne undersøgelser bør vedlægges i 3 eksemplarer.

III. Forholdet til lov om miljøbeskyttelse.

Lov nr. 372 af 13. juni 1973 om miljøbeskyttelse kapitel 4 og de i henhold til denne lov udfærdigede bestemmelser, jfr. således bekendtgørelse nr. 174 af 29. marts 1974 om behandling af sager om tilførsel af spildevand til vandløb, søer eller havet m. v., indeholder bestemmelser om, hvorledes tilladelse til udledning af spildevand til havet opnås. Ved spildevand forstås alt vand, også regnvand, der afledes fra beboelse, erhvervsvirksomheder, bebyggelse i øvrigt samt fra befæstede arealer. Tilladelse til udledning af spildevand meddeles normalt af amtsrådet — i hovedstadsområdet af hovedstadsrådet — men undertiden også af kommunalbestyrelsen, jfr. ovennævnte bekendtgørelse af 29. marts 1974. En afgørelse om tilladelse til udledning kan indbringes for miljøstyrelsen og i visse tilfælde for miljøankenævnet, hvis den vedrører en kommunes eller en erhvervsvirksomheds spildevandsanlæg. Sagen om tilladelse til spildevandsudledning samordnes med sagen om tilladelse til anbringelse af en rørledning på søterritoriet på den i det følgende angivne måde.

Tilladelse til anbringelse af en spildevandsledning på søterritoriet kan ikke gives, før den i henhold til miljøbeskyttelsesloven og ovennævnte bekendtgørelse kompetente

myndighed har afgivet en udtalelse, der ikke taler imod det ansøgtes imødekommelse. Såfremt tilladelse til etablering af rørledningen kan gives, inden egentlig tilladelse til spildevandsudledningen foreligger, vil dette ske på vilkår, at udledningstilladelse efter miljøloven opnås.

Tilladelse til etablering af spildevandsudløbsledninger på søterritoriet gives, for så vidt angår miljømæssige forhold, på følgende vilkår:

1. Spildevandsanlægget må kun benyttes på de vilkår, som er fastsat i henhold til miljøbeskyttelsesloven, herunder om spildevandets mængde og sammensætning, om forudgående rensning og om kontrolforanstaltninger.

2. Anlæggets etablering må ikke påbegyndes, før den i miljøbeskyttelsesloven fastsatte klagefrist på 4 uger er udløbet, eller, hvis klage finder sted, før der foreligger en af klagemyndigheden meddelt tilladelse.

IV. Forholdet til dumpningsloven.

Lov nr. 290 af 7. juni 1972 om foranstaltninger mod forurening af havet med andet end olie (dumpningsloven), som trådte i kraft den 7. april 1974, indeholder et forbud mod dumpning. Ved dumpning forstås enhver bortskaffelse af stoffer eller materialer ved udkastning, udtømming eller sænkning i havet fra eller sammen med skibe, fly eller platforme. Efter bemyndigelse fra miljøministeren kan miljøstyrelsen under visse nærmere betingelser meddele tilladelse til dumpning.

Klapning, hvorved forstås deponering af opgravet havbundsmateriale andetsteds på havbunden, betragtes også som dumpning. Såfremt der i forbindelse med anbringelse af en rørledning på søterritoriet skal foretages klappning, er det således nødvendigt at indhente særlig tilladelse hertil. Denne tilladelse meddeles dog af farvandsdirektoratet.

Ansøgning til farvandsdirektoratet kan indsendes til ministeriet for offentlige arbejder sammen med ansøgning om tilladelse til anbringelse af rørledningen. Ansøgningen skal blandt andet indeholde følgende oplysninger, der er nødvendige til vurdering af, om tilladelse kan gives:

Forslag til klappads (eventuelt alternative pladser), bilagt udtalelser fra de lokale fiskeriforeninger, klappmaterialets mængde i m³, sedimentets art (ler, mudder, sand m. v.), gravemateriellets art (spandkædemaskine, sandsuger m. m.), tidspunktet for arbejdets påbegyndelse og afslutning (af hensyn til eventuel nærliggende badestrande, sommerhusområder, lystbådehavne m. m.).

Farvandsdirektoratet indhenter til vurdering af ansøgningen eventuelt en udtalelse fra miljøstyrelsen, som om fornødent anmoder om supplerende oplysninger, herunder analyseresultater til belysning af sedimentets fysiske og kemiske egenskaber (f. eks. tørstof, glødetab samt tungmetallerne kviksølv, cadmium, nikkel, crom, bly, kobber, zink, sølv og arsen).

V. Projektets udformning.

1. Ledningen med forankring skal nedgraves eller nedspules i havbunden til erosionssikker dybde i hele sin længde. Hvor fiskeri med bundskrabende redskaber eller sejladsmæssige forhold gør det påkrævet, kan der stilles skærpede krav til nedgravningsdybden og udløbsbygværkets udformning. Hvis ledningen undtagelsesvis tillades udlagt på en ankerplads, skal den nedgraves til ankersikker dybde, og udløbsbygværket udformes ankersikkert. Fyld, der oplægges langs ledningen, skal spredes således, at dybdeforholdene på stedet ikke ændres væsentligt.

2. Ledningen skal, såfremt der er risiko for, at den kan flyde op, belastes med et korrosionsbestandigt materiale, der er fastgjort til ledningen på en sådan måde, at den er sikret mod opstigning, og de projekterende skal ved fremsendt projektmateriale dokumentere, at ledningen ikke — alle forhold taget i betragtning (som f. eks. indtrædende el-stød, mekanisk pumpestop, for hurtig pumpestart m. v. med deraf følgende risiko for luftfyldning) — kan flyde op. Det overdækkende fyldmateriale kan i almindelighed ikke medregnes som sikkerhed mod ledningens opstigning.

Ledningen skal derfor i givet fald forsynes med forsvarligt fastgjorte ballaste med en effektiv vægt, svarende til mindst 80 pct. opdrift af en luftfyldt ledning, for så vidt der ikke udføres en „trykudlignings-

brønd“ eller anden sikkerhedsforanstaltning, der kan godkendes.

3. Udløbsbygværket for spildevandsledninger eller lignende anlægsdele skal udformes på en sådan måde, at ingen del af anlægget rækker mere end højst 20 cm op over havbunden.

Ved udløbsbygværket skal selve ledningen tildækkes til overkant + 10 cm med tilført meget groft sand eller perlegrus. Den efterfølgende opfyldning skal foretages med et materiale, svarende til groft ral, som danner fundament for udløbsarrangementet. Derudover skal der til sikring mod bunderosion udgraves for og plant med havbunden udlægges groft stenmateriale (ral og håndsten). Dette bundsikringsmateriale udlægges i et omfang ($d = \text{min. } 6,0 \text{ m}$) og i en tykkelse (40-60 cm), der afpasses efter de stedlige dybde- og strømforhold samt udstrømningen fra udløbsåbninger.

4. Ledningerne skal udføres med et enkelt udløb og udformes således, at der fremkommer en jævn forhøjning uden skarpe kanter. For så vidt der ved spildevandsledninger tillades anvendt diffusorer, skal de udføres af et sådant materiale og på en sådan måde, at de er til mindst mulig fare for sejladsen. Det bør imidlertid i alle tilfælde tilstræbes, at antallet af diffusorer begrænses mest muligt.

VI. Afmærkning.

I medfør af lov om lodsvæsenet, jfr. forsvarsministeriets bekendtgørelse nr. 270 af 12. august 1954 om kontrol m. m. af foranstaltninger til vejledning for sejladsen i de danske farvande § 2, er det forbudt uden tilladelse eller godkendelse fra farvandsdirektoratet at foretage afmærkning af farvandedene.

Såfremt hensynet til skibsfarten eller fiskeriet gør det nødvendigt, vil der blive stillet krav om, at ledningen afmærkes med båker i land.

Vedrørende afmærkning af ledninger stilles følgende vilkår:

1. Senest 6 uger forinden udlægningen af ledningen gives der farvandsdirektoratet meddelelse herom med henblik på eventuel etablering af midlertidig afmærkning under arbejdets udførelse.

2. Ved etablering af permanent afmærkning af ledningen skal der optages forhandling med farvandsdirektoratet senest 6 uger før afmærkningens etablering.

3. Alle omkostninger i forbindelse med ledningens afmærkning afholdes af ledningsejeren.

4. Ledningen skal efter udlægningen kunne påvises på stedet af hensyn til farvandsdirektoratets kontrol med, at ledningsarbejdet opfylder de stillede vilkår. Nærmere aftale herom træffes ved direkte henvendelse til farvandsdirektoratet.

VII. Oplysninger til brug ved bekendtgørelse for skibsfarten.

1. Senest 4 uger forinden tilstilles der farvandsdirektoratet meddelelse om tidspunktet for arbejdets påbegyndelse og afslutning. Meddelelsen skal ledsages af en kort arbejdsbeskrivelse og en tidsplan.

2. Umiddelbart efter, at arbejdet på søterritoriet er afsluttet, skal der gives farvandsdirektoratet meddelelse herom (eventuelt telefonisk) med henblik på underretning af skibsfarten.

3. Endvidere skal der ved arbejdets afslutning til farvandsdirektoratet indsendes en ajourført plan over den udlagte ledning med angivelse af de korrekte vanddybder over anlægget samt eventuel afmærkning.

VIII. Vilkår i øvrigt.

1. Der må ikke uden ministeriet for offentlige arbejds forudgående tilladelse foretages ændringer af det godkendte anlæg.

2. Ledningsejeren er forpligtet til at vedligeholde anlægget i forsvarlig stand og til for egen regning at fjerne ledningen med tilbehør fuldstændigt, såfremt den ikke længere benyttes, såfremt den odelægges og ikke istandsættes, eller forholdene i øvrigt efter ministeriets skøn gør dette nødvendigt.

3. Tilladelsen skal være udnyttet senest 1 år efter dens udfærdigelse. I modsat fald bortfalder den uden særskilt tilbagekaldelse.

4. Hvis tilladelsen er tidsbegrænset, skal ledningen ved fristens udlob fjernes ved ejerens foranstaltning og for dennes regning. Ønskes en fastsat frist forlænget, må andragende herom indsendes i god tid inden fristens udlob.

5. Til sikkerhed for opfyldelse af visse vilkår skal der på de ejendomme, der betjenes af ledningen, tinglyses en deklaration med prioritet forud for alle pantehæftelser og byrder med ministeriet for offentlige arbejder som påtaleberettiget, hvilken deklaration skal indsendes til ministeriet i tinglyst, anmærkningsfri stand. Deklarationen skal altid omfatte foranstående vilkår 1 og 2 under nærværende afsnit VIII. Den enkelte tilladelse bestemmer, om yderligere vilkår skal optages i deklarationen.

Såfremt der til ministeriet indsendes en tingbogsattest for vedkommende ejendom (me), vil ministeriet i hvert enkelt tilfælde overveje, om deklarationen vil kunne respektere tidligere på ejendommen tinglyste byrder helt eller delvis (pantehæftelser kan ikke respekteres).

Kravet om tinglysning af deklaration gælder ikke kommunale anlæg.

Det bemærkes, at tilladelsen ingen tilkendegivelse indeholder om ledningens stabilitet, konstruktionens sikkerhed m. v. og ikke fritager ejeren for et i forbindelse med anlæggets tilstedeværelse eventuelt opståede civilretligt ansvar.

Ministeriets vejledning af 10. juli 1972 for anbringelse af rørledninger på søterritoriet ophæves.

Ministeriet for offentlige arbejder, den 18. maj 1977.

Kjeld Olesen.

/ F. Reidar Jørgensen.

Bekendtgørelse om anbringelse af høfder og andre kystsikringsanlæg, kabler og rørledninger på søterritoriet

§ 1. I medfør af statens højhedsret over søterritoriet, jfr. straffelovens § 295, skal staten give tilladelse til, at der på søterritoriet anbringes faste anlæg og indretninger af enhver art.

§ 2. Tilladelse til anbringelse af høfder og andre kystsikringsanlæg, jfr. § 1 i lov nr. 235 af 12. juni 1922 om kystsikringsanlæg, meddeles af kystinspektoratet.

§ 3. Tilladelse til anbringelse af kabler og rørledninger meddeles med de i § 4 angivne undtagelser af kystinspektoratet.

§ 4. Kystinspektoratet kan ikke meddele tilladelse til anbringelse af:

- a) Ledninger, hvori der fremføres olie fra dennes indvindingssted.
- b) Ledninger, hvori der fremføres naturgas.
- c) Ledninger for fjernvarmeforsyning.
- d) Kabler og luftledninger for stærkstrømsforsyning.

§ 5. En af kystinspektoratet truffet afgørelse kan påklages til ministeriet for offentlige arbejder.

Stk. 2. En afgørelse kan påklages af den, som har fået afslag på en ansøgning om en tilladelse, eller som har fået en tilladelse, men ønsker de for denne fastsatte vilkår ef-

terprøvet. En afgørelse kan endvidere påklages af en offentlig myndighed eller en privat, der under sagens behandling over for kystinspektoratet har fremsat indsigelser eller forslag om vilkår, som kystinspektoratet ikke har taget hensyn til ved udfærdigelse af en tilladelse.

Stk. 3. Klage i henhold til stk. 2, 2. pkt., skal være ministeriet for offentlige arbejder i hænde senest 4 uger efter tilladelsens dato.

§ 6. Udfærdiger kystinspektoratet en tilladelse, hvorved en indsigelse eller bemærkning ikke tages til følge, får tilladelsen først gyldighed, når klagefristen i henhold til § 5, stk. 3, er udløbet, og påklage ikke sket.

Stk. 2. Det skal fremgå af en tilladelse, om bestemmelsen i stk. 1 gælder for den.

§ 7. Kystinspektoratet skal i hvert enkelt tilfælde gøre vedkommende opmærksom på reglerne i § 5.

§ 8. Ministeriet for offentlige arbejder kan på ethvert tidspunkt bestemme, at en sag skal fremsendes til afgørelse af ministeriet.

Stk. 2. Kystinspektoratet kan efter eget skøn undlade at træffe afgørelse i en sag og fremsende den til afgørelse af ministeriet for offentlige arbejder.

Ministeriet for offentlige arbejder, den 17. oktober 1980

J. RISGAARD KNUDSEN

/ F. Reidar Jørgensen

