

Ny Opera i Bjørvika

Sikring av Operaen mot skipsstøt

20001583-12

17 september 2002



rapport rapport

Ny Opera i Bjørvika

Sikring av Operaen mot skipsstøt

20001583-12

17 september 2002

Oppdragsgiver: Reinertsen Engineering AS

Kontaktperson: Tore Steigen

Kontraktreferanse: Avtale H-042 datert 22.12.00
mellom Statsbygg og RREH

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:


Rolf Lauritzsen

Rapport utarbeidet av:


Tor Georg Jensen

Kontrollert av:


Rolf Lauritzsen

Arbeid også utført av:

Kjell Karlsrud
Astri Eggen
Jan K. Holme

RREH

Reinertsen Engineering AS, Ingeniør Per Rasmussen AS, Erichsen & Horgen AS
Prosjekteringsgruppe for Nytt Operahus

 STATSBYGG
ARK.BET. 495047
02 AUG 2002
2002/00948 - 80
SAK- og DOKUMENTNUMMER

STATSBYGG
Postboks 8106 Dep
0032 Oslo

Att.: Per Jørgen Østensen

KONTORADRESSE : Thunesvei 2
POSTADRESSE : Postboks 415 Skøyen
0213 Oslo
TELEFON : 24 11 14 00
TELEFAX : 24 11 14 01
BANKGIRO : 8601 05 77 030
F.NR : 982 905 184

DERES REF.
J.Simenstad

DERES BREV

VÅR REF
RREH-SB-B-0145

FIL REF

DATO
01.08.02

95047 INGENIØRARBEIDENE FOR NYTT OPERAHUS Skipsbarriere utfyllende kommentarer.

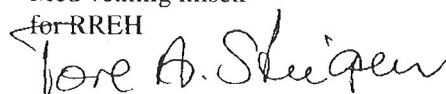
Det vises til telefonhenvendelse 30. juli 2002 med hensyn til behovet for å berøre terrenget på land i forbindelse med etablering av skipsbarrieren.

Skipsbarrieren skal hindre skip av en viss størrelse å seile inn i Operabygget. For at en skal oppnå dette, må barrieren bygges opp av stein og grusmasser med tilstrekkelig volum (dybde, høyde og bredde). Kvaliten på massene i skipsbarrieren er vesentlig for resultatet. For at en skal kunne komme dypt nok med gode masser må slam og leire på deler av sjøbunnen under framtidig skipsbarriere mudres. Det partiet som må mudres ligger inn imot land der Havnevesentes rampe ligger i dag. I forbindelse med mudringsarbeidene må en sørge for at stabiliteten mot grunnbrudd er tilfredsstillende. Det innebærer behov for noe avlastning inn imot og på land.

Konsekvensen av at en ikke mudrer ut de dårlige massene er at skipsbarrieren ikke blir av god nok kvalitet til at den beregningsmessig kan stoppe dimensjonerende skip før de når Operabygget.

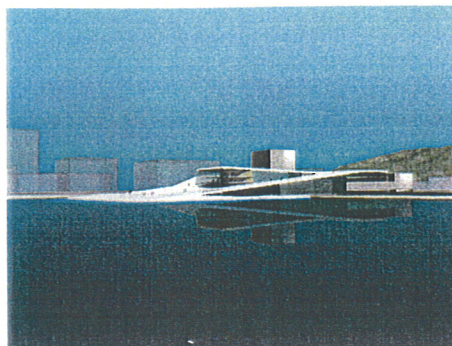
Med hensyn til mer detaljert informasjon om Skipsbarrieren vises til Teknisk notat 95047-00-G-000-N-120 C02 datert 31.08.01.

Med vennlig hilsen
for RREH



Tore A. Steigen
Prosjektleder

Astri Eggen
Disipliningeniør



NYTT OPERAHUS I OSLO

GEOTEKNIKK

FORSTERKNING AV SKIPSBARRIEREN

C02	07.01.03	Oversendelse Statsbygg			TAS
A01	03.01.03	Intern utgivelse	RAL	KK	TAS
Rev	Dato	Tekst	Laget	Kontr.	Godkj

Utarbeidet av Reinertsen Engineering AS Ingeniør Per Rasmussen AS Erichsen & Horgen AS Prosjekteringsgruppe for Nytt Operahus Thunesvei 2 N-0213 Oslo Telefon Telefax 24 11 14 00 24 11 14 01		Oppdragsgiver: Statsbygg Prosjekt: 95047 Nytt operahus i Oslo Tittel: GEOTEKNIKK FORSTERKNING AV SKIPSBARRIEREN						
Prosjekt	Område	Fag	Systemkode	Type	Løpenr.	Rev		
95047	000	G	000	N	122	C02		

Til: Reinertsen Engineering AS
v/: Tore Steigen
Fra: Norges Geotekniske Institutt
Dato: 2003-01-03
Prosjekt: 20001583 Ny Opera i Bjørvika
Utarbeidet av: Rolf Arne Lauritzsen *Rolf Lauritzsen*
Kontrollert av: Kjell Karlsrud *Kjell Karlsrud*

Tittel: Forsterkning av Skipsbarrieren.

Sammendrag.

NGI har fått i oppdrag av Statsbygg å vurdere konsekvensene av at skipsbarrieren kan bli utsatt for større båter med større dypgående og dermed må forsterkes. Vurderingen skal baseres på skjønn ut fra tidligere beregninger og det skal vurderes 2 situasjoner:

1. At kravet til forsterkning håndteres nå i forkant av byggestart og at designen endres for nåværende barriere.
2. At barrieren bygges som forutsatt og at endringer utføres senere, dersom det blir nødvendig.

Basert på den utførte vurderingen finnes det løsninger for begge de to skisserte situasjonene. Kostnadsoverslag basert på priser fra Syltern's anbud på K211 tyder på tilleggskostnader på henholdsvis 4,1 og 3,6 mill. kr. for de to alternativene.

Løsninger valgt for situasjon 1 innebærer ekstra mudring, ekstra grunnforsterkning med vertikaldren og midlertidig fylling samt utvidelse av toppen av barrieren fra 10 til 17,5 m.

Løsningen valgt for situasjon 2 innebærer avlastning av barrieren og sjøbunnen ved bygging av tunnellen samt en utvidelse av barrieren på 23,5 m på sydsiden.

Begge situasjonene må kontrolleres og verifiseres på et senere tidspunkt dersom de skulle komme til utførelse.

De vurderingene som ligger til grunn er beskrevet i mer detalj på de etterfølgende sider.



OPPDRAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Forsterkning av barrieren

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. *RAL*

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE
2

DATO
DATE
3/1-03

DATO
DATE

FORSTERKNING AV BARRIERE

Nye båter : BRT 90.000 tonn

Dypgående 8,5 m

Antatte størrelser :

Displacement : $300 \cdot 35 \cdot 8,5 \cdot 0,7 = 62.500 \text{ t}$

Hastighet : 8 knop = 4 m/sek

Støtenergier : $\frac{1}{2} \cdot \frac{62.500 \cdot 000}{10^6} \cdot 4^2 \cdot 1,1 = 550 \text{ MJ}$

SITUASJON 1: Kravet til nye båter håndteres nå,
ved forsterkning av nåværende barrierer.

Tiltak : (se FIG. 1 og 2)

1.1 Det kreves minimum 0,5 m med friksjonsmasse
under kjølen av båten når den treffer. Områder
av sjøbunnen høyere enn kote - 9 må mudres,
dvs. ca. 3300 m².

1.2. Endring av tunneldybde og en ny tunneltrase
fører til at det må foretas en grunnforsterkning
på den østre halvdel av barrierens ytterside.
Området med vertikaldren økes med ~ 900 m²
og fyllingsfronten flyttes midlertidig 10 m
ut for å konsolidere leiren i det drenerte
området. Den ekstra fyllingen må fjernes
når tunnelen skal bygges.



OPPDRAG
JOB TITLE

Ny Opera

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
2000 1583

SIDE
PAGE 3

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Forsterkning av barriere

SIGN. *Plc*

DATO
DATE 3/1-03

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

- 1.3. Bredden av toppen av barrieren utvides fra 10 til 17,5 m. 2,5 m på utsiden og 5 m på innsiden. Fyllingsfronten flyttes tilsvarende 5 m nordover (innover).

(se FIG. 3 og 4)

SITUASJON 2: Barrieren bygges som forutsatt, endringer utføres senere, dersom det vedtas at de større båtene skal trafikkere Bjørviha.

- 2.1 Stabiliserende tiltak må utføres på den østre halvdel av barrierens ytterside. Barrierens nivå^o kote - 4 angraves midlertidig 1 m i en bredde av 10 m samtidig som det mudres til kote - 9 på utsiden av barrieren mot tunnelen. Det antas at disse tiltak er tilstrekkelig til å bringe bergningsmessig sikkerhet opp fra 1,37 til godt over 1,4.

- 2.2. Etter at tunnelen er bygget fylles sjøbarrieren opp til kote - 9, og fyllingsfronten for barrieren flyttes utover 23,5 m.

OPPDRA
JOB TITLEFORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Førsterkning av barriere

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIGN. *RAE*KONTR.
CONTR.SIDE
PAGE 4DATO
DATE 3/1-03DATO
DATEKOSTNADER (med priser fra SYLTERN'S ANDUD)SITUASJON 1:

1.1. 1. Mudring	$2410 \text{ m}^3 \cdot 1,6 \cdot 30$	=	115.680,-	
2. Transport	$2410 \cdot 1,6 \cdot 35$	=	134.960,-	
3. Deponi	$2410 \cdot 1,6 \cdot 340$	=	1.311.040,-	1.561.680
1.2. 1. Vertikaldren	$900/2,25 \cdot 60$	=	24.000,-	
2. — " —	$900/2,25 \cdot 15 \cdot 22$	=	132.000,-	
3. Midl. fylling, Grus	$475 \cdot 180$	=	85.500,-	
4. — " —	Sten $3325 \cdot 130$	=	432.250,-	
5. Mudre stein/grus	$3800 \cdot 50$	=	190.000,-	
6. Transport	$3800 \cdot 2 \cdot 35$	=	266.000,-	
7. Deponi	$3800 \cdot 50$	=	190.000,-	
8. Tildekking	$950 \cdot 22$	=	20.900,-	1.340.650
1.3. 1. Vertikaldren	$800/2,25 \cdot 60$	=	21.333,-	
2. " "	$800/2,25 \cdot 15 \cdot 22$	=	117.333,-	
3. Fylling stein	$7760 \cdot 130$	=	1.008.800,-	
4. Armeringsduk	$625 \cdot 100$	=	62.500,-	1.209.966
SUM		=	4.112.296,-	

(Kostnadene er et tillegg til dagens løpning)



OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Forsterkning av barrierer

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. RAL

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE 5

DATO
DATE 3/1-03

DATO
DATE

SITUASJON 2: (med priser fra SYLTERN'S ANBUD)

2.1.1. Mudring	$650 \text{ m}^3 \cdot 1,6 \cdot 30$	=	31.200	
2. Transport	$650 \cdot 1,6 \cdot 35$	=	36.400	
3. Deponi	$650 \cdot 1,6 \cdot 340$	=	353.600	
4. Mudre stein	$90 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 50$	=	45.000,-	
5. Transport	$900 \cdot 2 \cdot 35$	=	63.000,-	
6. Deponi	$900 \cdot 50$	=	45.000,-	
7. Stein	$1550 \cdot 130$	=	201.500,-	775.700
2.2.1. Stein	$21.800 \cdot 130$	=	2.834.000,-	
			<u>3.609.700,-</u>	

(Kostnadene er et tillegg til dagens løsnings,
prisstigning for utførelse på et senere tidspunkt
er ikke tatt med.)



OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREKNING
SUBJECT

Ny Opera
Forsterket skipsbarriere
Situasjon 1

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. *RAL*

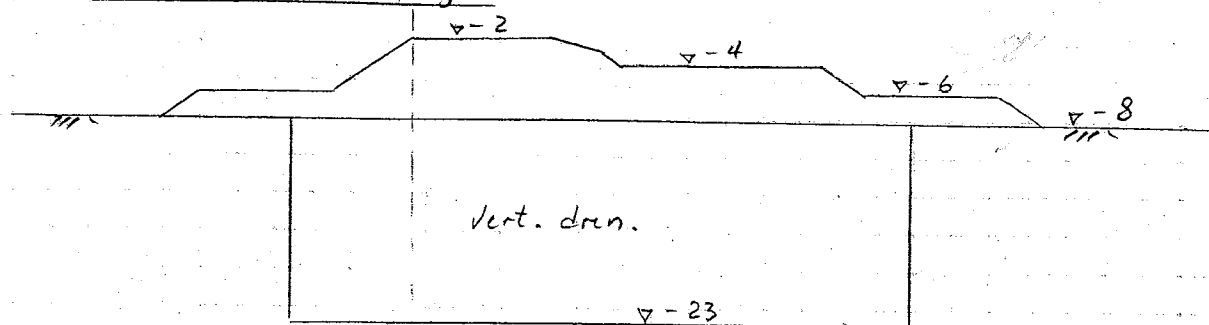
KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE
FIG.
1

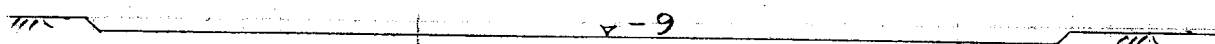
DATO
DATE
3/1-03

DATO
DATE

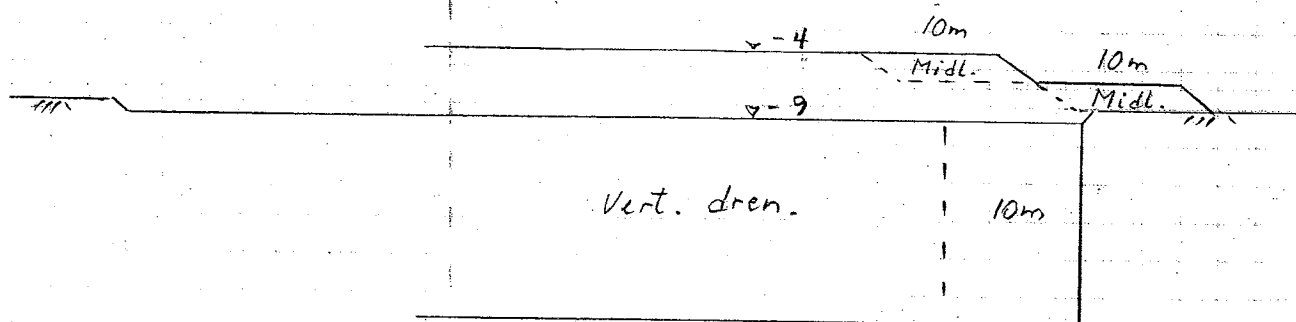
1.0 K211 - Design



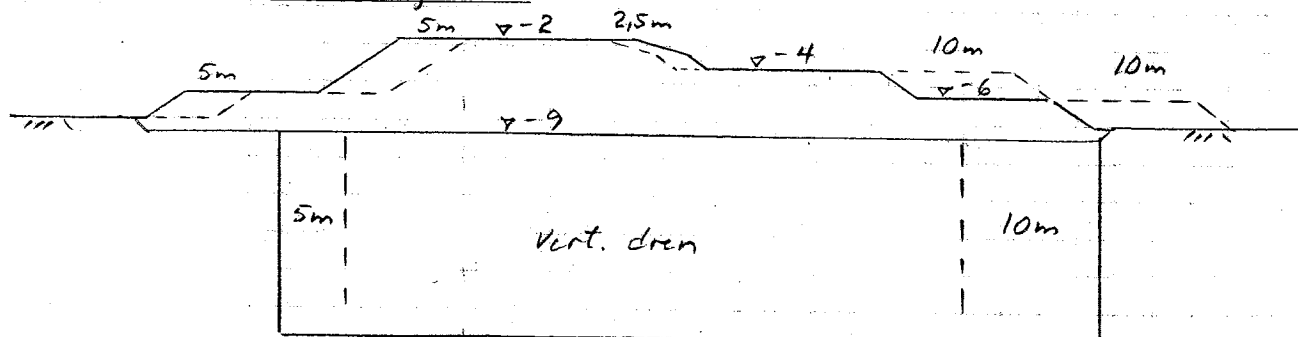
1.1 Mudring



1.2 Grunnforsterkning



1.3 Situasjon 1.





OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREKNING
SUBJECT

Ny Opera

Førsterkning av barrieren

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. *RA*

KONTR.
CONTR.

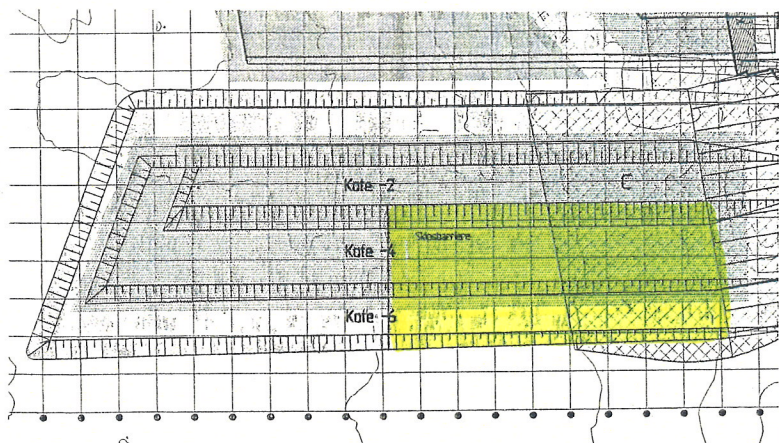
SIDE
PAGE
FIG.
2

DATO
DATE
3/1-03

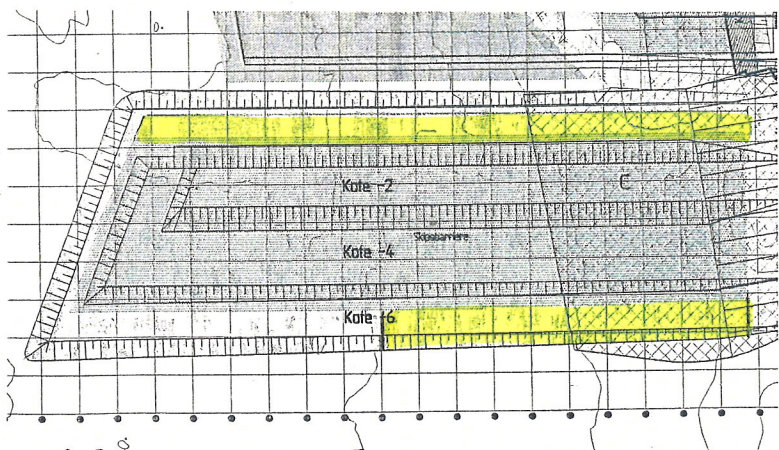
DATO
DATE

SITUASJON 1

Mudring :

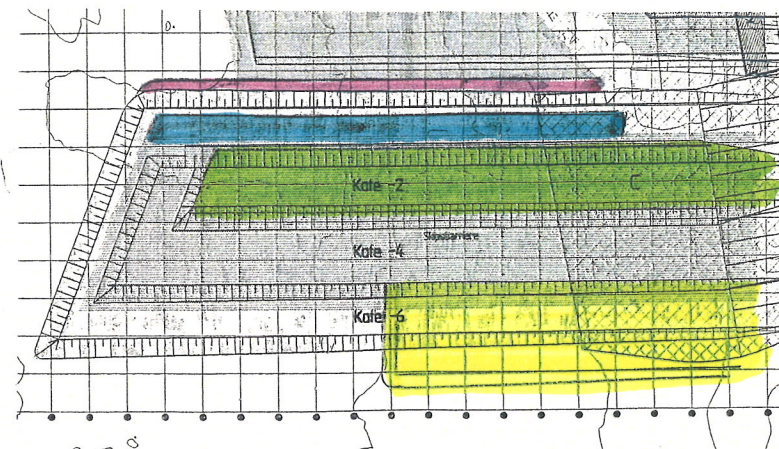


Vertikaldren :



Bredere fylling :
Ny armeringsduk:
Bredere topp

Midlertidig fylling:





OPPDRAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera
Forsterket skipsbarriere
Situasjon 2

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. RAL

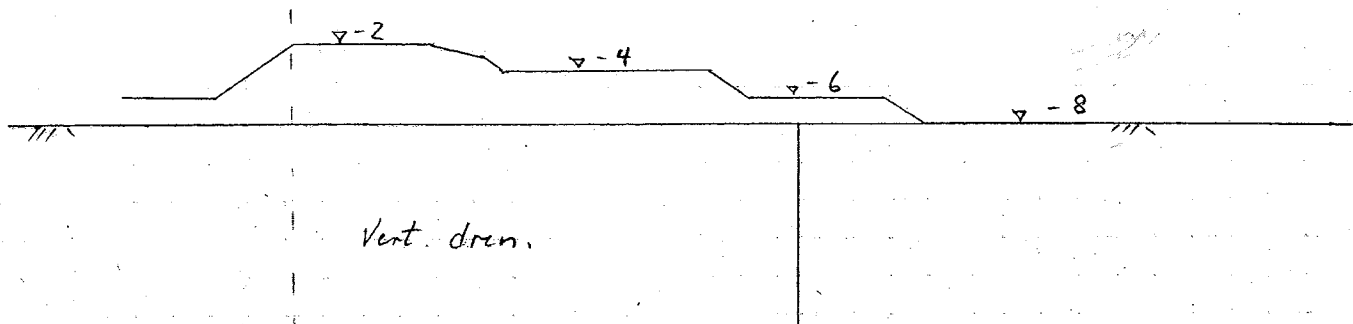
KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE
FIG. 3

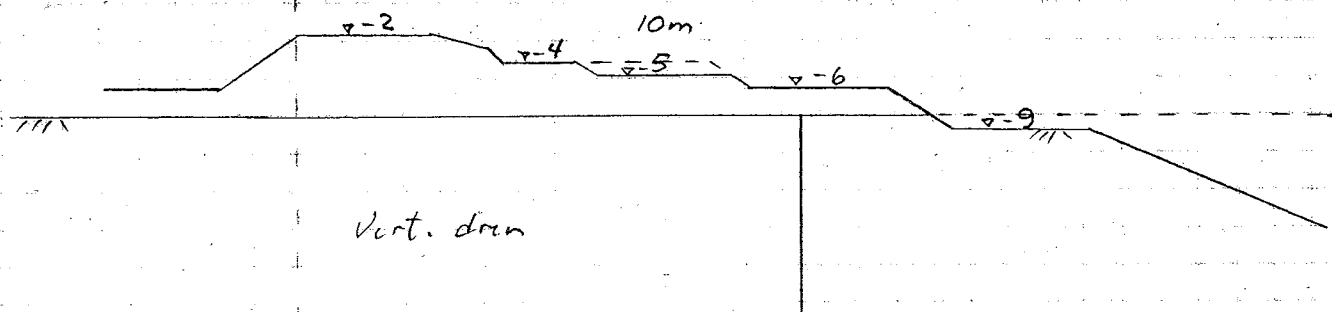
DATO
DATE
3/1-03

DATO
DATE

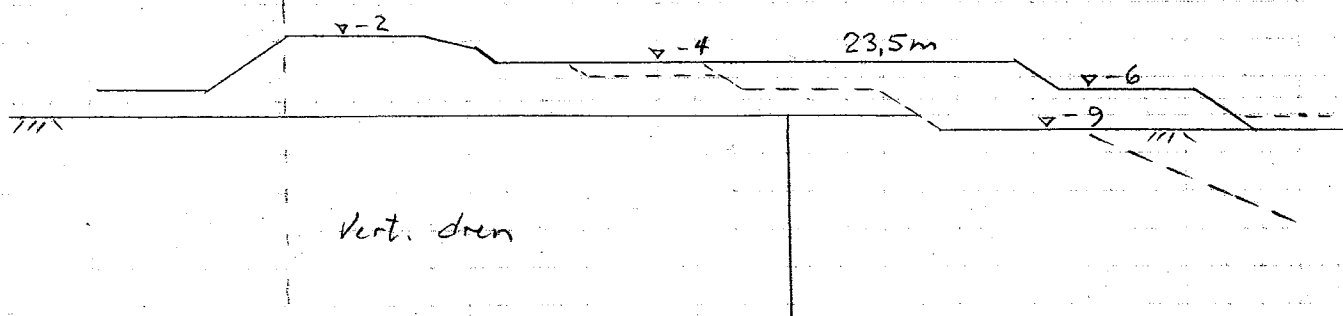
2.0 K211 - design.



2.1 Stabiliserende tiltak



2.2. Situasjon 2





OPPDRAG
JOB TITLE

Ny Opera

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
2000/1583

SIDE
PAGE
F16,
4

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Forsterkning av barrier

SIGN. *PK*

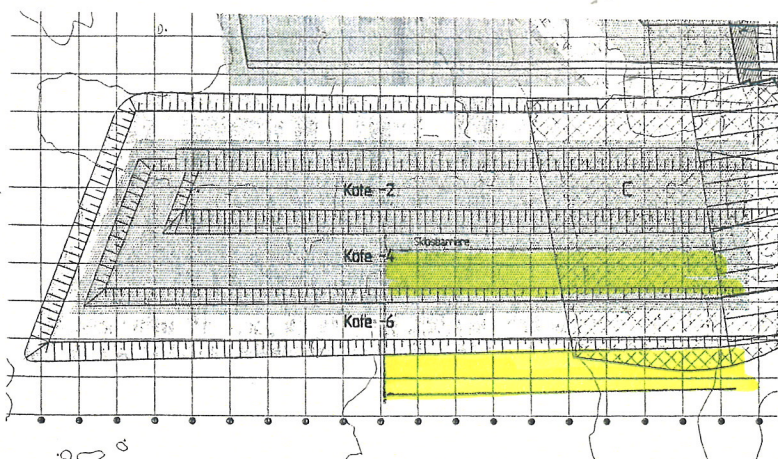
DATO
DATE
3/1-03

KONTR.
CONTR.

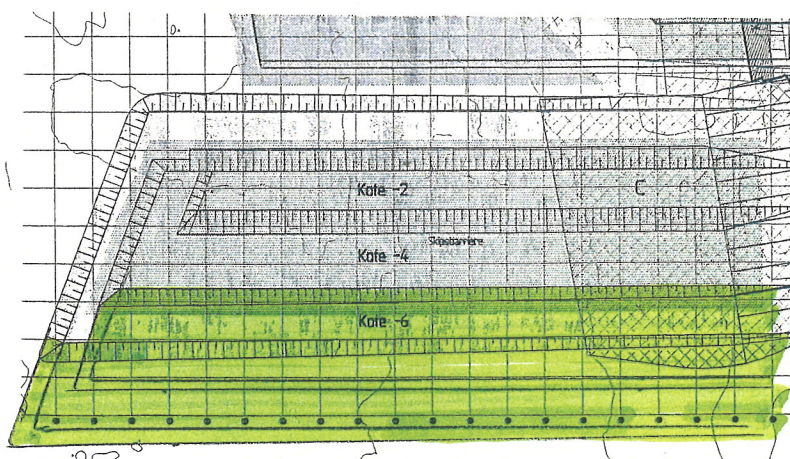
DATO
DATE

SITUASJON 2

Avlasting:



Ny fylling:



Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

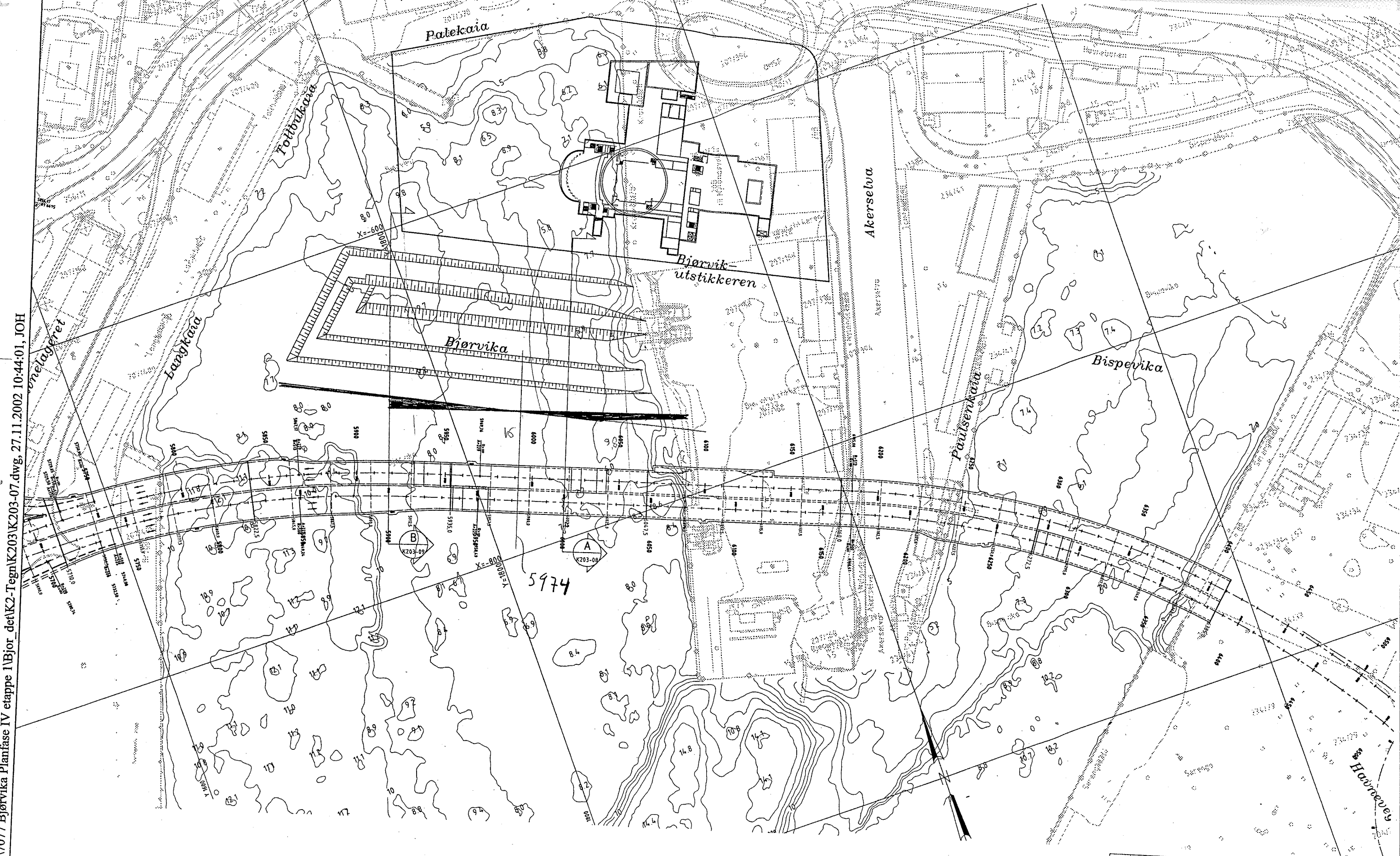


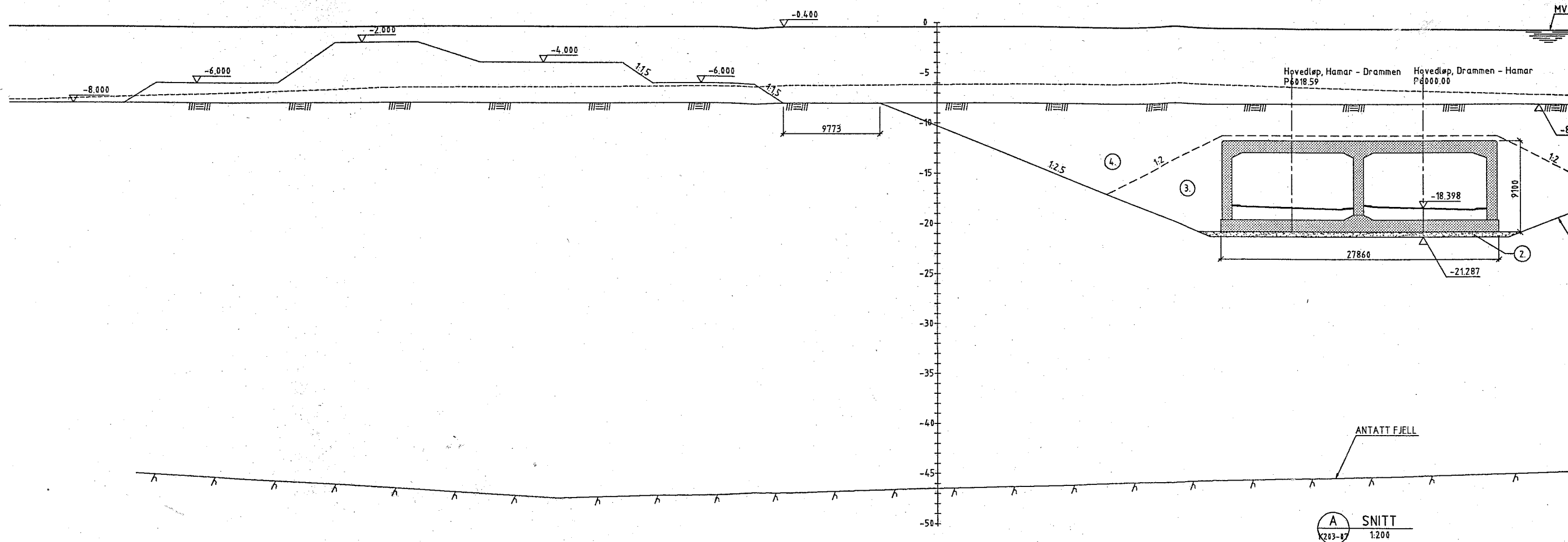
Oppdragsgiver/Client Reinertsen Engineering AS		Dokument nr/Document No. 20001583
Kontraksreferanse/ Contract reference Tore Steigen		Dato/Date 2003-01-03
Dokumenttittel/Document title Forsterkning av Skipsbarrieren. Prosjektleder/Project Manager Rolf Arne Lauritzsen Utarbeidet av/Prepared by Rolf Arne Lauritzsen		Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Emneord/Keywords Skipsstøt, fylling, bløt leire.		
Land, fylke/Country, County Norge, Oslo. Kommune/Municipality Oslo Sted/Location Bjørsvika Kartblad/Map M711:1914 IV Oslo UTM-koordinater/UTM-coordinates 32V NM 981 424		Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001								
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2		
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	
	Helhetsvurdering/ General Evaluation *							
	Språk/Style							
KK	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	06.01.03	RLK					
	Utforming/Layout							
RAL	Slutt/Final	06.01.03	RLK					
	Kopiering/Copy quality							
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation								

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 6/1-03	Sign. Rolf Lauritzsen
--	---------------------	--------------------------

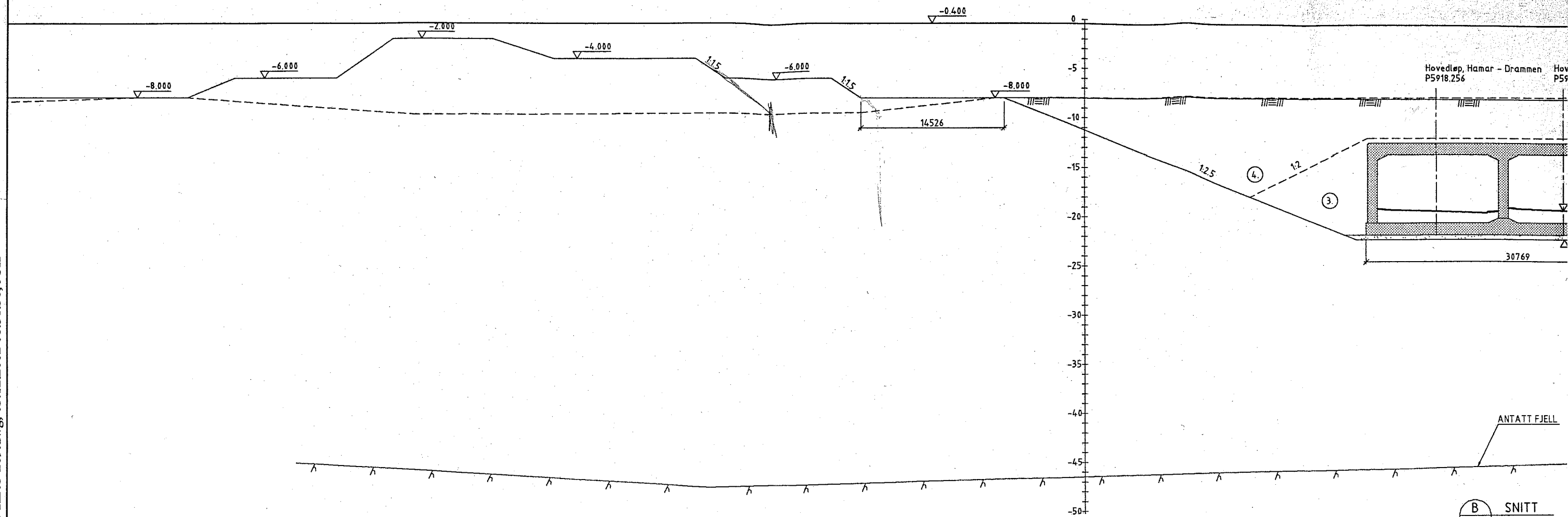
J:\Arkiv\Samferds\7077 Bjørvika Planfase IV etappe 1\Bjor_det\K2-Tegn\K203\K203-07.dwg, 27.11.2002 10:44:01, JOH

[illegible]



BEMERKNINGER :

1. ALLE MÅL ER ANGITT NORMALT PÅ PROFILLINJEN DRAMMEN - HAMAR.
- ② AVRETNING MED GRUS TIL NØYAKTIGHET ±25mm VERTIKALT.
- ③ TILBAKEFYLLING INNTIL TUNNELEN MED GRUS ELLER PUKK.
- ④ TILBAKEFYLLING MED SPRENGSTEIN ELLER ANDRE EGNEDE MASSER.



BEMERKNINGER

1. ALLE MÅL ER ANGITT NORMALT PÅ PROFILLINJEN DRAMMEN - HAMAR.
2. AVRETTING MED GRUS TIL NØYAKTIGHET $\pm 25\text{mm}$ VERTIKALT.
3. TILBAKEFYLLING INNTIL TUNNELEN MED GRUS ELLER PUKK.
4. TILBAKEFYLLING MED SPRENGSTEIN ELLER ANDRE EGNEDE MASSER.

B SNITT
1:100

Sammendrag

Operaens plassering i Bjørvika er slik at den kan treffes av skip som trafikkerer havna. Denne rapport oppsummerer forutsetninger og valg av tiltak for å sikre Operabygget mot skipsstøt.

Innhold

1	INNLEDNING	4
2	RISIKOVURDERING - DIMENSJONERENDE HENDELSER	4
3	UTFORMING OG PLASSERING AV BARRIERE FOR Å STOPPE STORE SKIP	6
3.1	Generelt	6
3.2	Utforming og plassering av hensyn til stabilitet	6
3.3	Utforming og plassering for å ivareta energiopptak og fare for direkte treff med større skip	7
3.4	Utforming for å ivareta støt med mindre skip	8
3.5	Fare for at hekken på skip når ned på tunneltaket	8
3.6	Sikring mot skip fra syd som går over barrieren	9
3.7	Sikring mot skip fra vest inn i kaiplaten	9
4	REFERANSER	10

Figurer

Figur 1	Oversiktskart med skipsbarriere og trase for tunnel.
Figur 2	Snitt A – A, Prinsippskisse barriere.
Figur 3	Skipsbarriere for skip A. Energiopptak og løft baug.
Figur 4	Skisse av skip A etter påkjørsel av barriere.
Figur 5	Energiopptak ved skipsstøt, Skip C.
Figur 6	Posisjon av skipet i forhold til senketunnelen etter treff med barrieren.

Vedlegg

Vedlegg A	Skipsstøt notat fra DNV av 18.07.2001
Vedlegg B	Skipsstøt notat fra DNV av 29.08.2001
Vedlegg C	Stabilitetsberegninger
Vedlegg D	Konsekvens av støt mot kaifront (notat fra RREH)
Vedlegg E	Anbudstegninger skipsbarriere
Vedlegg F	Setningsberegninger
Vedlegg G	Skipsbarriere – vurdering av betongplate

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

Operaens plassering i Bjørvika er slik at den kan treffes av skip som trafikkerer havna. Da det er vurdert som uøkonomisk å skulle dimensjonere bygget for støt fra skip med dypgang større enn 2 meter, er det besluttet å bygge en skipsbarriere i sjøen utenfor Operaen. Denne rapport oppsummerer forutsetninger og valg av tiltak for å sikre Operabygget mot skipsstøt.

2 RISIKOVURDERING - DIMENSJONERENDE HENDELSER

Figur 1 viser Operaens beliggenhet i Bjørvika. Her fremgår også den prosjekterte E18 tunnelen og den barrieren som opprinnelig var planlagt for å beskytte denne tunnelen mot skipsstøt. Den 30. august 2000 besluttet imidlertid Statens vegvesen i Oslo å senke tunnelen inn mot Havnelageret slik at E18-tunnelen ikke lenger gir behov for noen skipsbarriere i det hele tatt. Dette innebærer at operaprojektet selv må sørge for tilstrekkelig sikring mot skipsstøt.

DNV har i forbindelse med E18 tunnelen gjort en ganske omfattende vurdering av skipstrafikken i Bjørvika-området og risikoen for ulike hendelser som kan føre til at skip kommer ut av kontroll, ref.1. DNV har også utført noen supplerende vurderinger spesifikt knyttet til Operaen, Vedlegg A.

I disse forutsetter DNV at Operaen skal dimensjoneres for skip som kommer ukontrollert rett inn mot bygget fra syd som er identiske med hva som ble lagt til grunn for å dimensjonere barrieren rundt E18 tunnelen, kfr. vedlegg A.

Disse hendelsene er som angitt i tabell 1 for noen ulike karakteristiske skipstyper.

DNV har også sett på mulige scenarier for skip som vil kunne komme inn fra vestsiden av Operaen og skli oppå den skrå "kaiplaten" som her går ut i sjøen. For denne hendelsen har de foreløpig anbefalt å legge til grunn en hendelse som angitt ved scenario G i tabell 1 under, jfr. vedlegg B.

Tabell 1- Sammenstilling av dimensjonerende skipsstøt hendelser

Scenario	Støtenergi (MJ)	Hastighet (m/s)	Bredde (m)	Lengde (m)	Dypgang (m)	Kote vannstand ¹⁾ (m)
A – Ferge/cruiseskip, Deplasement = 25,000 tonn	225	4	30	122,2	7,5	-0,60 → -0,15
B – Linje/Ro-Ro-skip Deplasement = 20,000 tonn	100	3	26	118,3	6,5	-0,60 → -0,15
C – Tilfeldige skip Deplasement = 3,000 tonn	42	5	11	75,7	3,5	-0,80 → +0,10
D – Passasjerferge Deplasement = 700 tonn	10	5	10	55,6	2,6	-0,80 → +0,10
E - Andre planlagte skip Deplasement = 900 tonn	13	5	9	69,7	3,1	-1,20 → +0,60
F – Små båter som går over barriere Operaen (kote -2.0) Deplasement = 320 tonn	4,6	5	7,7	35	2,0	-1,20 → +0,60
G – Båter inn fra vest mot Operaens "kaiplate" Deplasement = 700 tonn	0,8	1,5	10	45	2,6	1,20 → +0,60

1) Koter refererer seg til kotesystem brukt for E18 prosjekt hvor middelvannstand ligger ved kote -0,4. Dette er i praksis likt Oslo kommunes kotesystem (brukt for Opera) hvor middelvannstand er definert til kote -0,36 jfr. teknisk notat 15 høydesystemer i Oslo.

Eneste aktuelle metode for å stoppe de største skipene er med en barriere/fylling som skissert i fig.1. Hvis toppen av den fyllingen legges på kote -2,0 slik som planlagt for tunnelen, vil små ferger/båter kunne gå over og fortsatt kjøre inn i Opera konstruksjonene. DNV har i vedlegg B foreløpig angitt dimensjonerende hendelse i denne sammenheng som karakterisert ved scenario F i tabell 1.

Havnevesenet har sendt på høring "Utredning om lokalisering av Fergeterminal i Oslo". Utredningen har tre alternativer, det ene dekker nåværende terminal på Vippetangen. I et slikt alternativ må det påregnes båter med større deplasement enn det som er dekket av tabellen over. Havnevesenet har videre angitt at det, uavhengig av lokalisering av fremtidig havneterminal, må påregnes cruisetrafikk til Revierkaia, med minst like store skip som fergene. I møte 06.05.02 ble det besluttet at dette skulle utredes nærmere i en fornyet gjennomgang av risikoanalysen. Foreløpig er vi ikke kjent med at en slik gjennomgang foreligger og dimensjonering av skipsbarrieren er basert på tabellen over.

3 UTFORMING OG PLASSERING AV BARRIERE FOR Å STOPPE STORE SKIP

3.1 Generelt

Det er lagt til grunn å bygge en barriere med topp på kote -2.0 som vist i plan i fig.1 og typisk snitt i fig.2. Vedlegg E inneholder relevante anbudstegninger for den prosjekterte barrieren.

Barrierens utforming skal både ivareta krav til stabilitet av barrieren i seg selv og kravet til å stoppe skip slik at det ikke kan komme i kontakt med Operaen. I det etterfølgende er det kort beskrevet hvorledes disse to faktorene påvirker utforming og plassering av barrieren.

3.2 Utforming og plassering av hensyn til stabilitet

Ved stabilitetsberegningene er det for leira lagt til grunn et udrenert styrkeprofil som er det samme som ble benyttet for E18- tunnelen over Bjørvika. Disse styrkene er noe lavere enn hva NGI generelt har anbefalt for Opera bygget, kfr. vedlegg C.

Både av hensyn til stabilitet og energiopptak er det valgt å mudre ut til kote - 8,0 under hele barrieren og frem til uttrauingen for senketunnelen før den bygges. Figur E2 viser mudring som gjøres i denne omgang (for Operaprojektet).

For å ivareta stabilitet av barrieren må grunnen forbedres ved installering av vertikaldren ned til kote - 23, (13 - 15 m dybde under sjøbunn) og utlegging av en armeringsduk, jfr fig. E 3 og E 4. Deretter fylles det opp til kote - 4,0 (trinn 1). Før videre oppfylling (til kote - 2,0) er det forutsatt at området med vertikaldren har fått konsolidere i så lang tid at man har oppnådd minst 90% konsolideringsgrad. Det vil med foreslått avstand på vertikaldrenene på 1,5 m ta ca. 6 måneder. Det er i stor grad stabiliteten som har avgjort bredden på nivåene som ligger på kote -4,0, selv om disse partiene også påvirker energiopptaket. Barrieren og grunnen under barrieren instrumenteres med setnings- og poretrykks-målere for overvåkning.

Barrieren for Operaen må bygges før arbeidene med E18-tunnelen tar til. Det innebærer at man må ivareta stabiliteten når det traues ut for tunnelen på utsiden. Denne uttrauingen vil på det dypeste gå ned til kote - 20,7. For denne tilstanden, som kan være ganske kritisk, er det valgt å dimensjonere ut fra valgt materialfaktor (sikkerhetsfaktor) på 1,5. Det krever en minste avstand fra ytterste fot av barrieren til topp av graveskråning på 15 m, kfr. resultat av stabilitetsberegningene i vedlegg C. Det er også denne plasseringen som er forslått i fig. E1.

3.3 Utforming og plassering for å ivareta energiopptak og fare for direkte treff med større skip

Beregning av energiopptaket for en slik barriere er utført med en regnemodell utviklet av NGI og beskrevet i ref.2. For E18-tunnelen ble det utført en rekke parameterstudier med denne modellen for å se på hvorledes ulike forutsetninger eller antagelser vil påvirke energiopptaket og skipets inntrenging i barrieren (ref. 2).

Alle tidligere beregninger med denne modellen viser at det er skipsstøt scenario A som generelt er avgjørende. I relasjon til valg av dimensjonerende forutsetninger/parametre kan det kort nevnes at vi har valgt en friksjonsvinkel på 40° for fyllingen (som er forutsatt å være sprengstein) og en midlere udrenert styrke den underliggende leira på 8 kPa. Merk at dette er en representativ udrenert styrke for den sonen som blir utsatt for plastiske bruddforskyvninger under skipets inntrenging i barrieren.

De valgte styrkeparametere ansees å være forsiktig anslåtte karakteristiske styrkeparametere. Merk også at fordi skipsstøt er å betrakte som en ulykkeshendelse er det ikke lagt noen materialfaktor på styrkeverdiene. Dessuten viser tidligere parameterstudier at beregningene ikke er særlig sensitive for valg av styrkeparametere.

Figur 3 viser beregningsresultater for den valgte utforming av barrieren i form av energiopptak og løft av baugen under penetrasjonen inn i barrieren for scenario A. Det fremgår at når energiopptaket har nådd den dimensjonerende energien på 225 MNm ligger forkant av skipets kjøll (representert ved bulben) i en posisjon tilsvarende ca. 1,5 – 2 m fra innerkant av barrierens kote -2,0 nivå.

Ekstreme cruiseskip kan iflg. Vedlegg A ha en midlere helning på baugen regnet fra overgangen mellom bulb og kjøll på 30° med horisontalen. Det innebærer at fremste punkt på et slikt skip kan ligge ca. 23 m foran fremste punkt på bulben.

På dette grunnlag vil avstanden mellom skipets fremste punkt og Opera bygget være 17 m når fullt energiopptak er nådd og skipet har stoppet. Denne situasjonen er skissert i figur 4.

Figur 4 kan kanskje for noen gi et noe skremmende bilde av de marginer man har å gå på. Til dette kan det imidlertid nevnes at beregningene i figur 3 viser at skipets støt energi måtte økes til hele 495 MNm før fremste punkt på baugen vil nå helt frem til Opera bygget.

3.4 Utforming for å ivareta støt med mindre skip

Som det fremgår av vedlegg G har barrieren blitt gitt en varierende helning på 1 : 3 og 1 : 4 i toppen mellom kote – 2,0 og – 4,0. Hensikten med dette er som beskrevet i ref. 1 å sørge for at mindre skip blir presset opp på barrieren uten å pløye seg inn i den. Skulle man for disse skipene tatt opp energien ved en pløyemekansime slik som for de store skipene måtte barrieren gjøres vesentlig bredere på toppen.

For å sikre at de små skipene ikke penetrerer skråflaten er den forutsatt beskyttet av en betongkappe, jfr. fig. E5. Vurderinger omkring fare for penetrasjon av skråflaten er behandlet i et eget teknisk notat, vedlegg G.

Tidligere beregninger viser at scenario C i tabell 1 gir den største "bremselengden". Figur 5 viser beregningsresultater for dette tilfellet. Det fremgår at skipet stopper ca. 12 m etter første treffpunkt med barrieren, noe som innebærer at fremkant av bulben ikke vil passere innerkant av fyllingens kote –2,0 nivå. Det er følgelig meget god margin mot at et slikt skip skal kunne treffe Operaen.

3.5 Fare for at hekken på skip når ned på tunneltaket

Under inntrenging av skipet i barrieren vil baugen løftes samtidig som hekken presses noe ned. Det er derfor kontrollert om det er noen fare for at bakre del av skipenes kjøll kan komme i kontakt med tunneltaket. Tidligere beregninger viser at det er scenario A som er mest kritisk i denne sammenheng.

I det aktuelle området ligger tunneltaket på det høyeste på kote –8,65. Beregningene for skip A, i figur 3, viser at når skipet stopper har baugen hevet seg 2,5 m og hekken senket seg 1,3 m. Det innebærer at det fortsatt vil være en minste klaring på 80 cm mellom skipets kjøll og tunneltaket. Det er da lagt til grunn at skipet har en lengde på 180 m, og at hekken vil ligge 48 m lenger ut i sjøen enn ytterkant av tunneltaket, kfr. fig. 6.

Beregningen over tar ikke hensyn til at et skip i fart skyver vann til siden, noe som gir et vannspeil inntil skipet som er lavere enn den generelle sjøtilstanden (dette kalles på fagspråket "squat-effekt"). Det vil si at skipet blir liggende tilsvarende dypere i forhold til den generelle vannstanden. Denne "squat-effekten" utgjør iflg. DNV bare ca. 10 cm for skip A med en hastighet på 4m/s. Det vil derfor fortsatt være en minste klaring mellom kjølen og tunneltaket på 70 cm.

Beregningene over gjelder for et skip som treffer barrieren på høyeste dimensjonerende vanntilstand (kote – 0,15), og som er dimensjonerende med hensyn til inntrenging i barrieren. Vi har imidlertid også kontrollert for en

sjøvannstand på kote $-0,6$. Det gir mindre inntrenging, løft og rotasjon enn en sjøvannstand på kote $-0,15$, og omtrent samme minste klaring til tunneltaket.

3.6 Sikring mot skip fra syd som går over barrieren

Dette tilfellet er dekket av scenario F i tabell 1. Foreløpige beregninger utført av DNV i vedlegg B viser at den oppgitte støtenergi på $4,6 \text{ MNm}$ vil gi en støtkraft mot Opera konstruksjonen på maksimalt 6 MN hvis konstruksjonen betraktes som uforskyvelig. Det innebærer at hele energiopptaket tas opp ved knusing/plastiske deformasjoner i skipet.

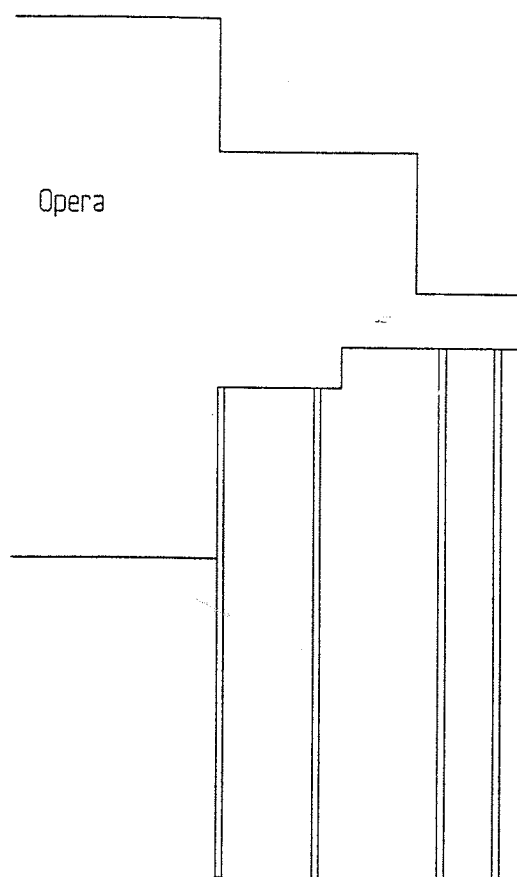
I følge overslagsberegninger RREH har utført, vedlegg D, vil en slik støtkraft kreve en viss forsterking eller tilpassing av konstruksjonene som vender ut mot sjøen. Detaljer omkring dette er håndtert av RREH.

3.7 Sikring mot skip fra vest inn i kaiplaten

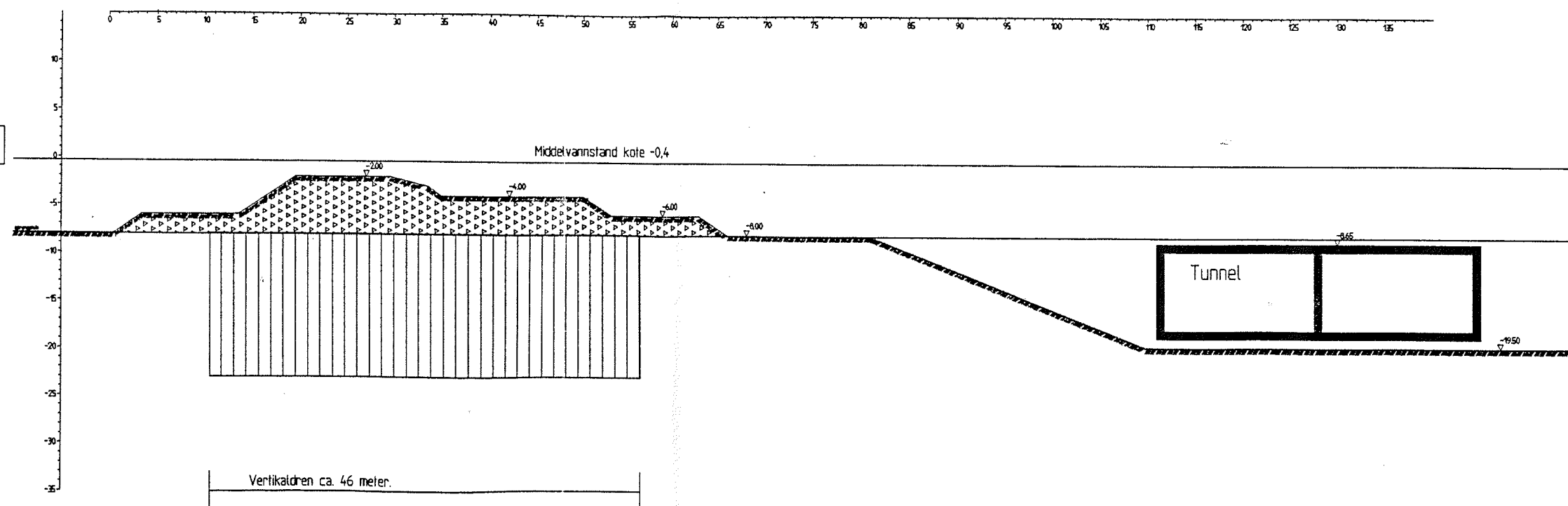
Støtenergien som i dette tilfellet skal tas opp er $0,8 \text{ MNm}$, vedlegg B. Hvis "kaiplaten" forutsettes helt stiv vil dette gi en støtkraft på 3 MN mot kaiplaten. En slik kraft kan kaiplaten relativt enkelt dimensjoneres for. Detaljer er håndtert av RREH.

4 REFERANSER

- 1 DNV (2000) , Oppdatering av Bjørvika Risikoanalyse, Rapport nr. 99-3240, rev.03
- 2 NGI (2000), Detalj-og reguleringsplan E18 Bjørvika- Sammenstilling og dokumentasjon av geotekniske beregninger for sjødelen. Rapport 990016-5 av 10.10.2000



Opera



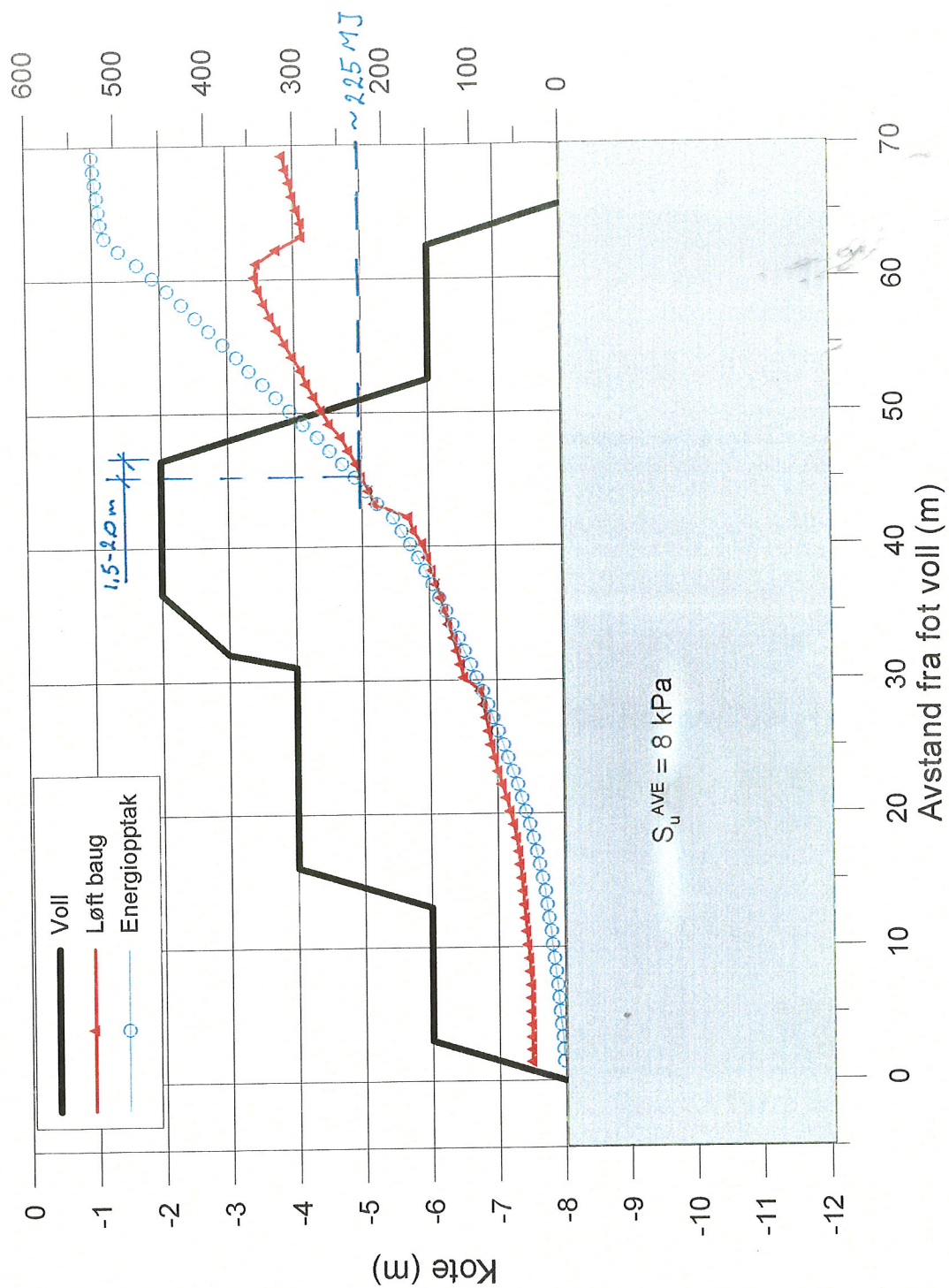
NY OPERA I BJØRVIKA

Snitt A - A

Prinsippskisse barriere

Rapport nr. 20001583	Figur nr. 2
Tegner TGJ	Dato 01.08.28
Kontrollert	
Godkjent	





NY OPERA I BJØRVIKA

Skipsbarriere for skip A (Ferge/Cruiseskip) . Barrierebredde ved kote -2.0: 10 m.
 Tilfelle middelvann + 0.25 meter gir vanndyp 7.85 m fra kote - 0.15.
 Dypgang 7.5 m. Støtenergi = 225 MJ. Grafene viser forkant av skipets bulb ved
 forflytning gjennom barrieren og tilhørende energiopptak.

Rapport nr.
20001583

Figur nr.
3

Tegner
TGJ

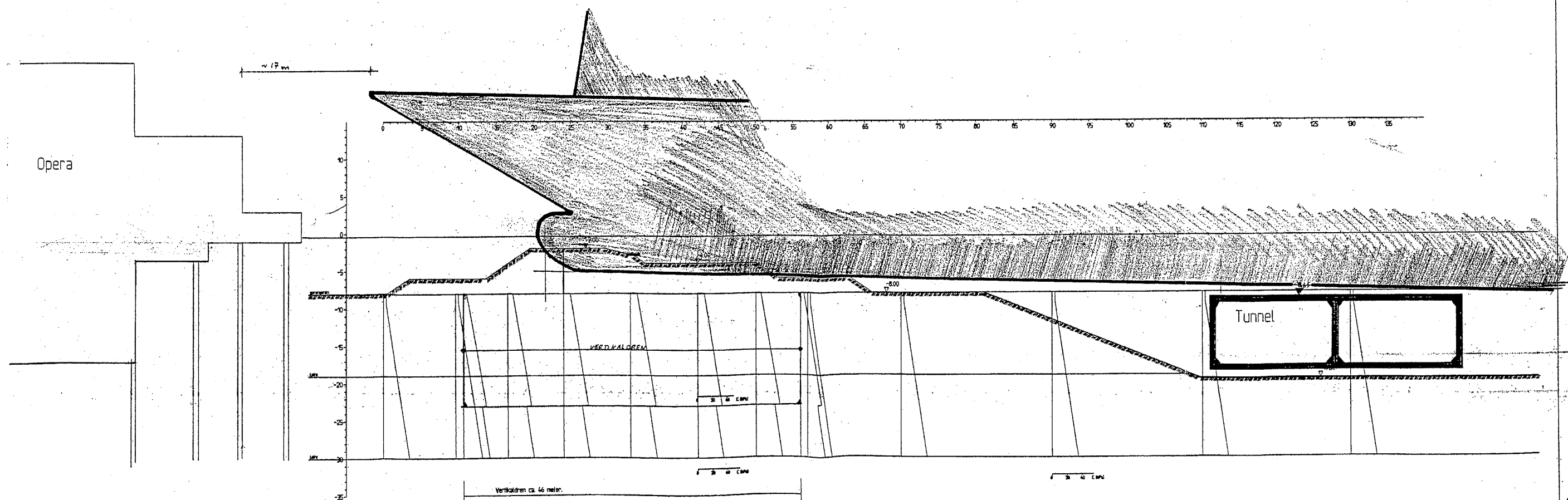
Dato
01.08.2002

Kontrollert

Godkjent

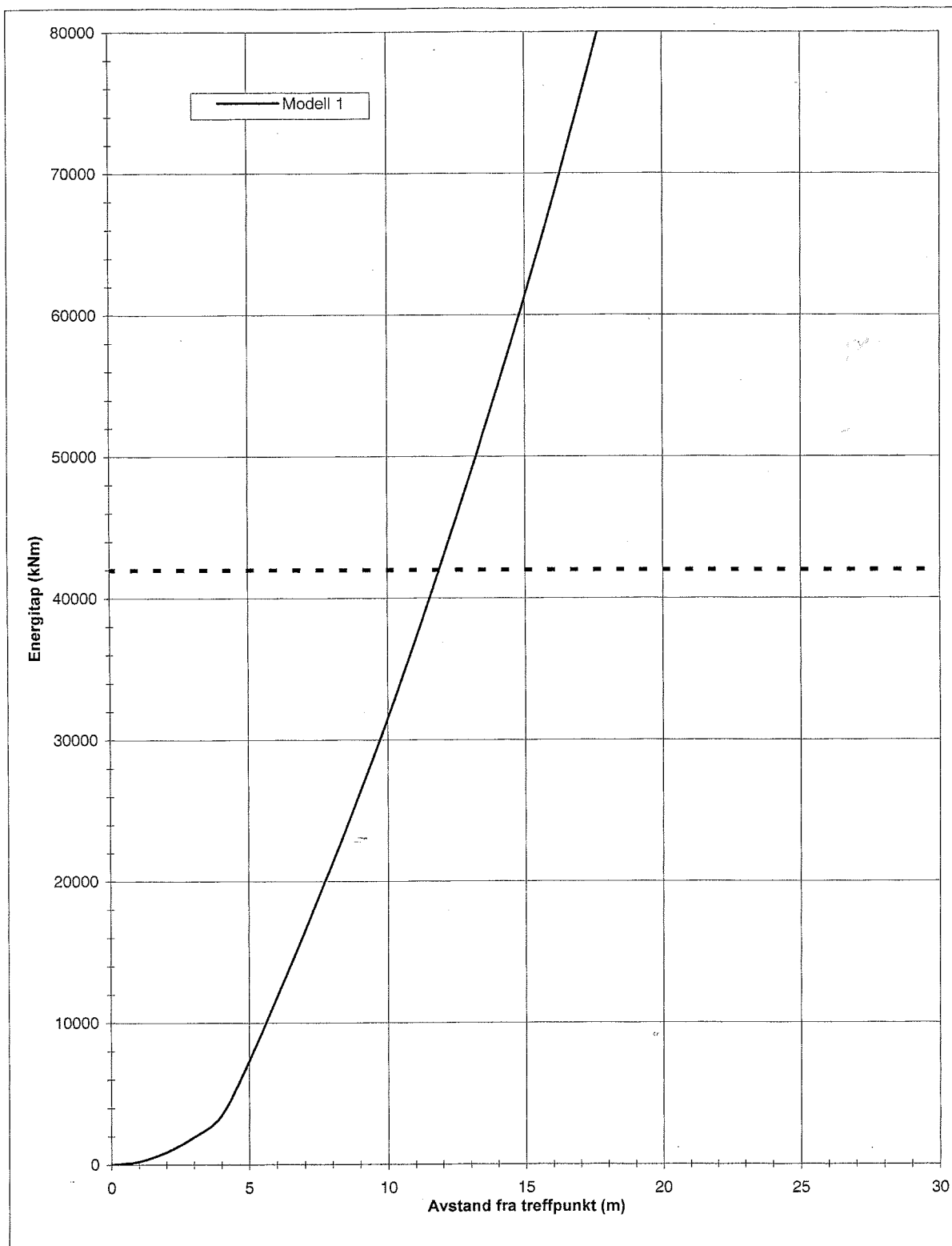
[Signature]






Material	nr	Dersitel	R	C	Aa	Ad	Ap
stein	1	105	400	0.0			
Lere	2	078	—	—	C-profil 143	100	0.57
Lere	3	090	—	—	C-profil 143	100	0.57

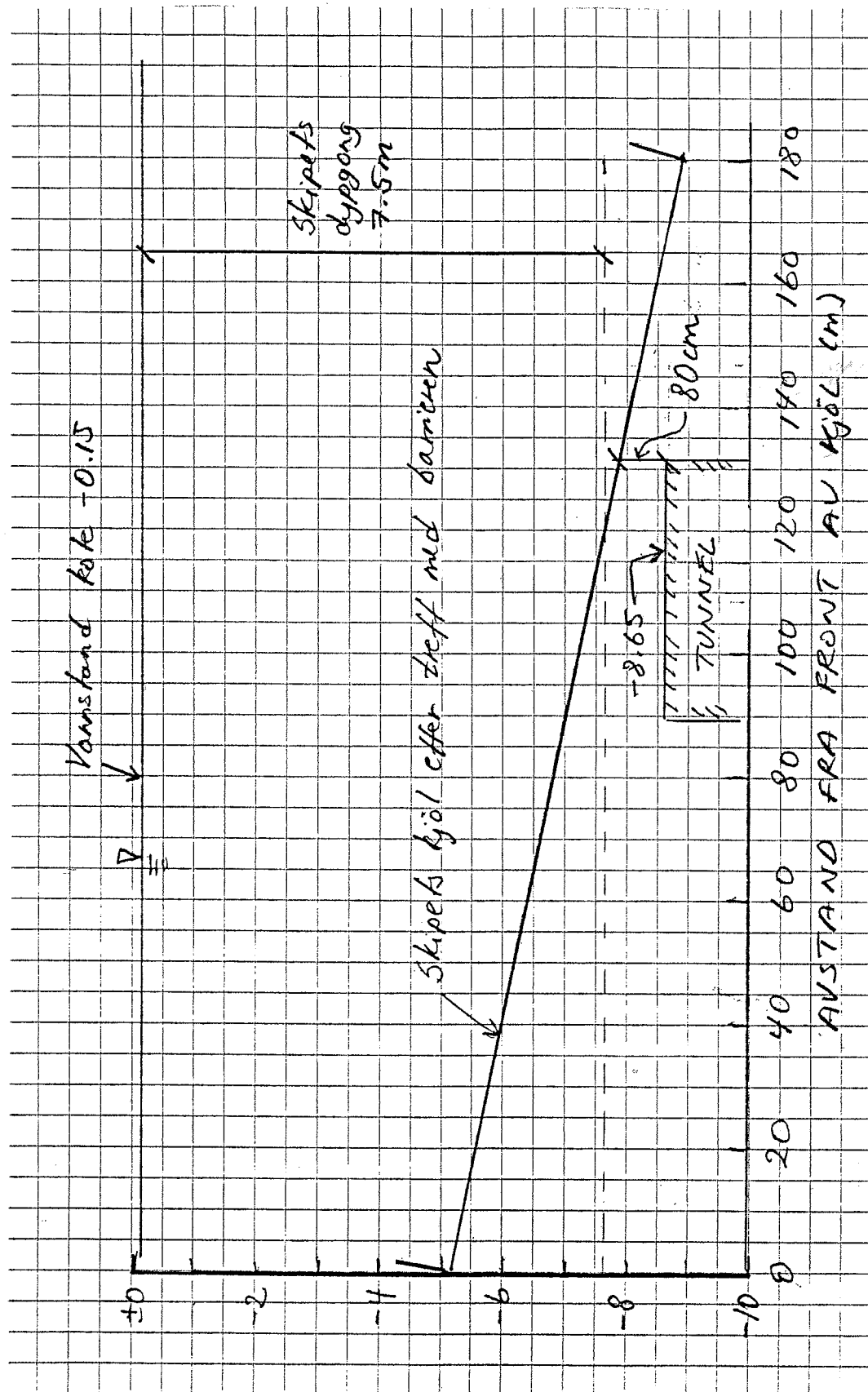
NY OPERA I BJØRVIKA		Rapport nr.	Figur nr.
		20001583	4
Skisse av skip A Etter påhyrset.		Tegner	Dato
		TGJ <i>TGJ</i>	01.08.28
		Kontrollert	
		Godkjent	



Bredde skip:	11 (m)	Kote topp voll:	-2 (m)
Lengde skip:	78 (m)	Vannstand:	0,1 (m)
Dypgang skip:	3,5 (m)	Helning voll (1:?):	3

F:\PI\2000\15\20001583\Div\skipsstot\skipC.xls\Plott energi

NY POERA I BJØRVIKA	Rapport nr.	Figur nr.
	20001583	5
	Tegner	Dato
	TGJ	04.09.2002
Energiopptak ved skipsstøt, Skip C	Kontrollert	
	Godkjent <i>RH</i>	



NY OPERA I BJØRVIKA

Posisjon av skipet i forhold til senketunnelen etter treff med barrieren.

Rapport nr.
20001583

Figur nr.
6

Tegner

Dato
01-08-30

Kontrollert

Godkjent





NORGES
GEOTEKNISKE
INSTITUTT

NORWEGIAN
GEOTECHNICAL
INSTITUTE

Vedlegg A – Skipsstøt notat fra DNV av 18.07.2001

Postal address: P. O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY

Street address: Sognsveien 72, OSLO

Internet: ngi@ngi.no

Telephone: (+47) 22 02 30 00

Telefax: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no

Bank account: 5096 05 01281

Business No.: 958 254 318 MVA

NOTAT TIL: NGI

NOTAT NR. : ead/01aaaad2

FRA : Sikkerhets- og prosessrådgivning

DATO : 2001-07-18

SAKSBEH. : EMIL AALL DAHLE 

Kopi: -

Bjørvika. Støt mot operaen (51010361)

1. INNLEDNING

NGI har anmodet DNV om å belyse forholdene vedrørende skipsstøt mot operabygningen som er planlagt plassert i Bjørvika. Årsaken til anmodningen er at vegtunnelen, som i henhold til tidligere planer lå over havbunnen skulle beskyttes av en voll over hele Bjørvika. I de siste planene er imidlertid deler av tunnelen lagt under havbunnsnivå, og behovet for beskyttelse av tunnelen med en voll for denne delen faller dermed bort. Fordi tunnellen nedføres til havbunnsnivå strekker seg et stykke ut i Bjørvika er denne delen beskyttet av en voll, som dekker omtrent 50% av Bjørvika i omtrent øst-vest-retning. Det gjenstående, ubeskyttede området gir adgang for skip, som under gitte forutsetninger kan treffe en skipsstøtbarriere foran operabygningen.

Det er i utgangspunktet hensikten å evaluere relevansen for de samme utgangscenariene som i Ref./1/. Risikoreduserende tiltak ombord i de aktuelle skipene blir behandlet i notatet.

Et utsnitt av det aktuelle området er vist i Figur 1.

2. FREKVENSESTIMERING

Estimering av støtfrekvens for vollen som beskytter den vestre del av tunnellen er presentert i Ref. /1/. Frekvensene baserer seg på at 50% av skip som har mistet kontroll treffer vollen, men de øvrige 50% treffer åpningen i vollen. Denne frekvensen kan ikke anvendes uten videre fordi:

- Ikke alle skip med kurs inn mot den åpne delen av Bjørvika vil kunne treffe operaen av geometriske årsaker
- Potensialet for å gjenopprette kontroll før skipet når frem til operaen er tilstede fordi det er en relativt lang avstand fra enden av den eksisterende vollen og operaen (ca. 180m)
- For skip som har normale anløp inne i Bjørvika vil faren for å treffe en voll foran operaen være relativt større enn for å treffe vollen som beskytter tunnelen.

Disse forholdene er behandlet nedenfor.

1.1 Frekvensreduksjon av geometriske og andre årsaker

I Ref./1/ er de aktuelle skipene inndelt i 6 grupper, og for hver gruppe er det vurdert 4 skipsstøttypen. På grunnlag av dette er det i Ref./1/ beregnet en kumulativ kurve for støtffrekvens mot støtenergi. Ved åpningen av den opprinnelige vollen er det gitt mulighet for passasje inn i Bjørvika for skip som har mistet kontrollen av tekniske eller menneskelige årsaker.

For bevegelser i langskipsretning (baustøt) er det forholdsvis enkelt å beregne frekvensreduksjonen.

For bevegelser i tverrskipsretningen (sidestøt) kompliseres vurderingen av at skip kan treffe vollen med skipets midtpunkt utenfor (den østre) enden av vollen. Skipet vil da rotere, og fortsetter inn i Bjørvika med bauen eller hekken først. Dersom skipet ikke berører vollen vil det fortsette innover sideveis. Sannsynligheten for de ulike muligheten avhenger av skipenes lengde.

Det er her valgt å benytte den totale frekvens (uavhengig av støtenergi) fordi en konstruksjon som operaen ikke i utgangspunktet er konstruert for å motstå skipsstøt. Dersom det er ønskelig kan frekvensen deles inn for ulike støtenergier på et senere tidspunkt.

Det er forutsatt at skipsoperasjonene forgår som i dag. Spesielt bemerkes at taubåter ikke benyttes i Oslo for større skip. En taubåt er imidlertid bestilt av Oslo Havnevesen. Det er ikke tatt hensyn til dette i dette notatet.

1.1.1 Drivende skip

Når det gjelder geometriske forhold vil gruppene Cruiseskip, Linje RO/RO og Ferger, er disse så lange at de bare i ca. 10% av tilfellene vil kunne dreie, og gå inn i Bjørvika dersom de driver. Denne dreilingen skjer relativt langsomt slik at skipet før det driver videre inn enten har nødankret eller taubåt har kommet til. Muligheten for å feste i trosse i Bjørvikautstikkeren er også tilstede (dersom den ikke rives i forbindelse med utbyggingen). For andre skipstyper som skal inn til Bjørvika kan de begynne å drive inne i Bjørvika, eller like utenfor. Nødankring vil imidlertid være mulig også for disse.

1.1.2 Pådragsfeil, styremaskinfeil

Det er i Ref./1/ antatt at skip i 50% av tilfellene har kurs mot skipsbarrieren. Dette gjelder skip som ikke skal inn i Bjørvika. Ved pådragsfeil (skipet går forover i stedet for akterover grunnet trykktap i hydraulikksystemet til vripropellanlegget slik at propellen(e) låses i foroverposisjon) vil den godt og vel 150m større avstanden inn til vollen foran operaen gi mulighet for å redusere pådraget eller slå av motoren, men tiden er likevel kort, og farten til et større skip reduseres ikke særlig mye selv om pådraget reduseres eller motoren slås av. Frekvensen for støt blir derfor omtrent som i Ref./1/ for pådragsfeil. Ved feil i styremaskineri for store skip gjelder de samme forholdene, skipenes hastighet vil reduseres noe ved at pådraget reduseres eller motoren slås av, men støtffrekvensen blir omtrent som i Ref./1/. (Motoren kan slås av ved en spesiell avstengningsanordning som egentlig er beregnet for å kutte brennstofftilførslen ved brann i maskinrommet. Det tar imidlertid noe lengre tid å betjene denne på passasjerskip enn på andre skip fordi anordningen av naturlige grunner ikke er plassert inne på kommandobroen).

For mindre skip er forholdene omtrent som for store skip når det gjelder pådragsfeil, men det er i større grad mulig å styre slik at skipet treffer kaia og ikke barrieren foran operaen hvis pådragsfeil skjer i god avstand. Når det gjelder styremaskinfeil vil slike feil være mer kritiske fordi mindre skip som skal inn i Bjørvika er avhengig av at styremaskinen virker når de har passert barrieren og skal svinge til babord forbi operaen. Disse forholdene veier mot hverandre, men styremaskinfeil er tillagt større vekt slik at frekvensen er øket noe for mindre skip som skal inn i Bjørvika.

1.1.3 Menneskelige feil

Denne gruppen er den dominerende i Ref./1/. Den relativt store avstanden fra barrieren som beskytter tunnelen til barrieren foran operaen gjør at muligheten for å gripe inn i tide øker. For store skip som er kommet i godt sig vil det likevel være begrensede muligheter for å klare å stoppe i tide hvis man ikke griper inn tidlig i utviklingen. Muligheten for dette er langt større for mindre skip. Dette er det tatt hensyn til.

For den type menneskelige feil som er mest aktuelle her vil muligheten for helt eller delvis å rette opp feilen ofte være tilstede selv om det bare er en person på broen. Den mest sentrale feilmuligheten vil bestå i at offiserene tar helt feil av fergeleiets plassering ved dårlig sikt og ditto radarforhold (snøtykke eller kraftig regn kombinert med mørke).

1.2 Resultater

Med de momentene som er nevnt ovenfor er frekvensene for de ulike scenarier fra Ref./1/ revidert som vist i Tabell 1. Den første reduksjonsfaktoren dekker geometriske og andre årsaker, den andre dekker menneskelige forhold.

Tabell 1. Frekvens per år for støt mot operaen. Frekvensen dekker alle støtenergier

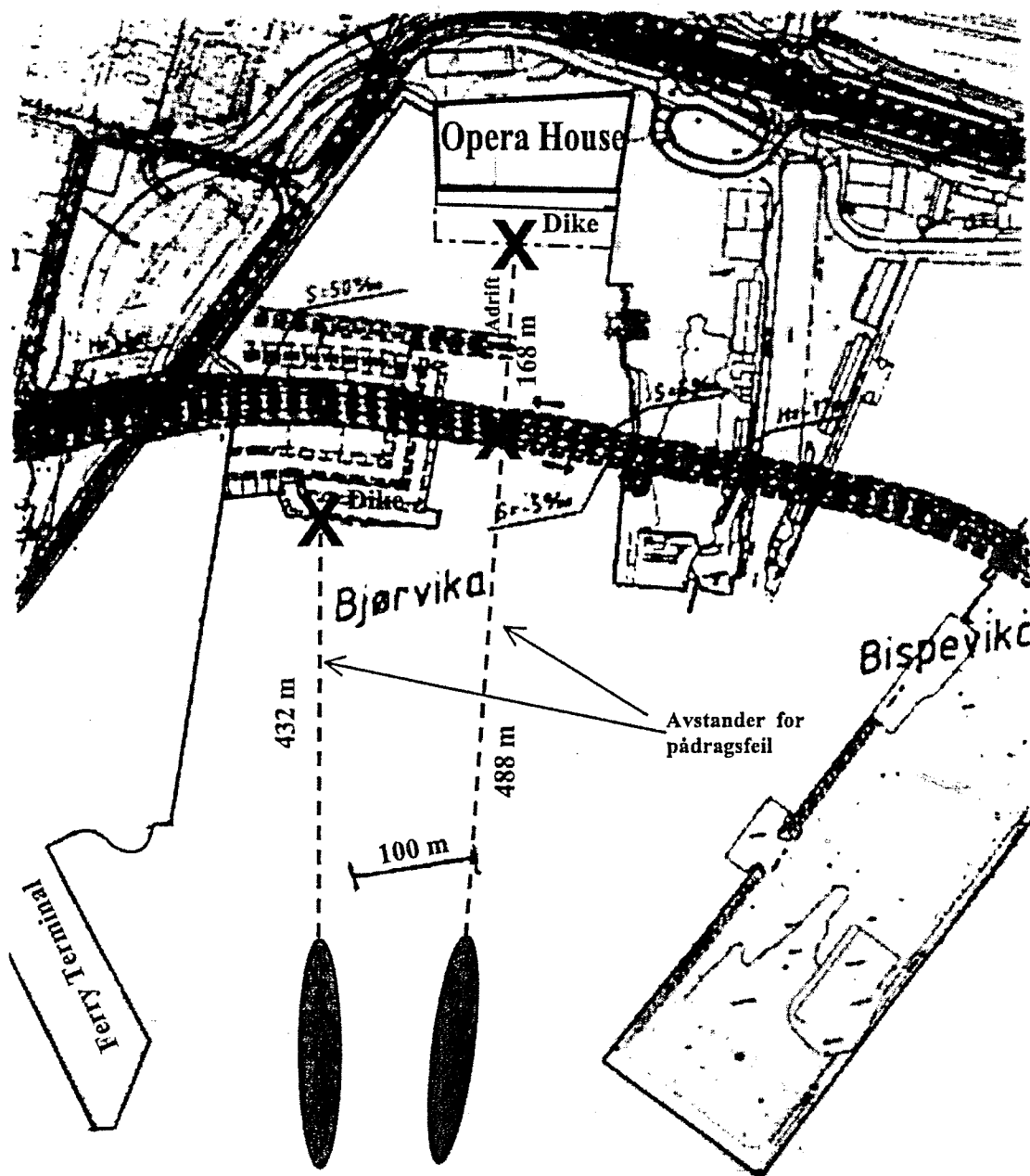
Skips-type	Drivende skip Tabell C-5 fra Ref./1/.				Pådragsfeil, Styremaskinfeil Tabell C-8 og C-9 fra Ref./1/.				Menneskelig svikt Tabell C-11 fra Ref./1/.				Total årlig støtffrekvens mot opera
	Frekvens fra Ref./1/, Tab C-7	Korr. Pga. geometri etc.	Korr. Pga. øket avstand	Korrigert frekvens	Frekvens fra Ref./1/, Tab C-7	Korr. Pga. geometri etc.	Korr. Pga. øket avstand	Korrigert frekvens	Frekvens fra Ref./1/, Tab C-7	Korr. Pga. geometri etc.	Korr. Pga. øket avstand	Korrigert frekvens	
Cruise	1,40E-4	0,1	0,7	9,8E-6	8,71E-5	0,3	0,7	1,83E-5	1,50E-3	0,3	0,6	2,7E-4	2,98E-4
Linje RO/RO	3,75E-3	0,1	0,7	2,95E-4	2,27E-3	0,3	0,7	4,76E-4	4,00E-2	0,3	0,6	7,2E-3	7,97E-3
Ferge	6,83E-3	0,2	0,7	9,56E-4	4,28E-3	0,3	0,7	9,00E-4	7,30E-2	0,3	0,6	1,31E-2	1,50E-2
Nesodd- ferge	8,20E-2	0,4	0,4	1,31E-2	4,92E-2	0,5	0,5	1,23E-2	8,76E-2	0,5	0,9	3,94E-2	6,55E-2
Annen båt i fast rute	6,83E-3	0,4	0,4	1,10E-3	4,14E-3	0,5	0,5	1,04E-3	7,30E-2	0,5	0,9	3,29E-2	3,50E-2
Marine- fartøy	1,40E-4	0,3	0,5	2,1E-5	8,80E-5	0,5	0,5	2,2E-5	1,50E-3	0,6	0,9	8,1E-4	8,53E-4

Sum 0.124

Tabell 2 Støtfrekvens, støtenergi og skipsdata

	Total årlig støt-frekvens mot opera	Deplase-ment (t)	Støt-energi (MJ)	Hastig-het (m/sek)	Bred-de (m)	Lengde (m)	Dyp-gang (m)	Av-vik fra MV (m)
Cruise	2,98E-4	25000	225	4	30	182	7.5	-0.20 +0.25
Linje RO/RO	7,97E-3	20000	100	3	26	118.3	6.5	-0.30 +0.25
Ferge	1,50E-2	3000	42	5	11	75.7	3.5	-0.40 +0.50
Nesodd-ferge	6,55E-2	700	10	5	10	55.6	2.6	-0.40 +0.50
Annen båt i fast rute	3,50E-2	900	13	5	9	69.7	3.1	-0.40 +0.50
Marinefartøy	8,53E-4	2300	32	5	11	35.4	3.6	-0.55 +0.70

Avvik fra MV er hentet fra Tabell C-1, Ref./1/.



Figur 1 Utsnitt av Bjørvikaområdet

3 RISIKOREDUSERENDE TILTAK OMBORD I SKIPENE

Når det gjelder nødankring for drivende skip vil dette normalt bli forsøkt, men er ofte ikke mulig på meget kort tid for "dødt skip". Ved at mindre skip pålegges å kunne ankre raskt ved "dødt skip" kan en bedring oppnås, størrelsesorden 10-20% for denne frekvensgruppen. Enkelte store skip har en ekstra "take me home" thruster, men denne har liten effekt, og det anses å ha liten betydning om slike innføres på alle større skip.

Som allerede nevnt benyttes ikke taubåter i Oslo, innføring av slike for større skip vil redusere faren for at drivende skip kommer inn mot operaen. Av geometriske årsaker har imidlertid drivende, store skip svært liten sannsynlighet for å komme inn i Bjørvika. Bruk av taubåt er heller ikke et skipsinternt tiltak.

For reduksjon av frekvensen for tekniske feil (styremaskinfeil og pådragsfeil) er det lite som kan gjøres. Større skip kjører normalt begge hydraulikkpumpene til rormaskinen(e), eller har redundante ror. DNV har undersøkt en rekke scenarier med pådragsfeil på store skip i ulike avstander fra barrieren foran operaen. Pådragsfeil er et spesielt farlig scenario fordi det kan ta tid før offiserene forstår problemet. Hvis man ønsker å redusere hastigheten vil offiserene naturlig nok sette propellen i akteroverstilling, og gi pådrag. Dersom vripropellen (grunnet manglende hydraulikktrykk forårsaket av rørbrudd/lekkasje/pumpefeil/kontrollsystemfeil) står låst i foroverstilling ("fail-safe" for slike tilfeller), vil offiserene naturlig nok øke pådraget ytterligere for å bremse opp. Resultatet er da, hvis en pådragsfeil er oppstått, at skipet akselererer forover i stedet for å retardere. En tanke er at de aktuelle rederiene tar denne spesielle tekniske feilen opp med sine offiserer slik at man i alle fall kan fokusere på den ved anløp. Resultatet kan da bli at offiserene raskt skjønner hva som skjer, og raskt kan redusere pådraget eller slår av motoren. Dette vil ikke redusere frekvensen for støt, men vil bidra til at hastigheten ikke øker eller går noe ned, og vil på den måten redusere støtenergien dersom en slik meget sjelden hendelse skulle inntreffe. Som før nevnt benyttes ikke taubåt for de aktuelle fergene, noe som heller ikke er tilfellet i de andre havnene som fergene anløper.

Skal en teknisk pådragsfeil som beskrevet ovenfor føre til støt mot vollen foran operaen må skipet ha kurs mot vollen. Sannsynligheten for dette er i seg selv lav fordi en slik pådragsfeil normalt vil oppstå mens skipet har kurs mot fergeleiet. Kombinasjonen kurs mot vollen og pådragsfeil er dermed en hendelse med svært lav sannsynlighet, og frekvensestimatet for hendelsen som oppgitt i dette notatet anses å være konservativ.

Når det gjelder menneskelige feil er det for de store skipene alltid to offiserer på broen under inn- og utsegling. Dette gjelder også marinesfartøyer. For Nesoddbåtene og andre båter i fast rute er det ikke nødvendigvis rutine med to offiserer på bro, men det kan ofte være en rormann sammen med en offiser. Dersom havnereglementet krever to personer på bro vil sannsynligheten for utvikling av menneskelige feil på mindre skip bli sterk redusert. Normalt ligger reduksjonen på 60-80%, men i dette tilfellet anslås reduksjonen å bli bare 20-30% både fordi tiltaket allerede er delvis gjennomført, og fordi marginene for å gripe inn er små dersom feilen oppstår under ordinær innseiling i Bjørvika.

Som det fremgår kan skipsinterne tiltak, spesielt krav om to personer på bro på mindre skip ha relativt stor virkning på støtfrekvensen fordi menneskelige feil dominerer.

4 KONKLUSJON

Som det fremgår av Tabell 1, blir den totale årlige frekvens for å treffe en voll foran operaen (for alle støtenergier) på omtrent:

$F = 0,124$ per år, eller returperiode ca. 8 år.

Til sammenlikning er frekvensen for å treffe skipsbarrieren som beskytter tunnelen, i henhold til Ref./1/:

$F = 1,325$ per år, eller en returperiode på ca. 9 måneder.

Frekvensen for støt mot vollen foran operaen kan reduseres ved innføring av operasjonelle krav om to personer på bro for mindre fartøyer under innseiling til Bjørvika, og/eller obligatorisk krav om taubåt som er gjort fast ved alle anløp av større skip i området. Mulighetene for å gjennomføre disse kravene anses i praksis som lite realistiske.

Det anses som langt sikrere og bedre å konstruere en skipsstøtbarriere ("dike", Figur 1) med tilstrekkelig motstandsevne for beskyttelse av operaen. Fordi den årlige støtfrekvensen for hver enkelt av de aktuelle skipstypene ligger over E-4-nivå anbefales det å konstruere barrieren slik at den beskytter mot bau støt fra samtlige av de aktuelle skipstyper med de tilhørende støtenergier som er oppgitt i Tabell 2 i dette notatet. Skipene forutsettes naturligvis å stoppes av barrieren før bauen kommer i kontakt med operabygningen.

4. REFERANSER

Ref./1/. Dr. ing. A. Aas-Jakobsen A.S. Appendix C. Skipsstøtrisiko-Driftfasen. Rapport Nr. 2000-3305. Revisjon nr. 4.

- o0o -



NORGES
GEOTEKNISKE
INSTITUTT

NORWEGIAN
GEOTECHNICAL
INSTITUTE

Vedlegg B – Skipsstøt notat fra DNV av 29.08.2001

Postal address: P. O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY

Street address: Sognsveien 72, OSLO

Internet: \mansent\p\15\20001583\div\forside vedlegg notat skipsbarriere.doc

Telephone: (+47) 22 02 30 00

Telefax: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no

Bank account: 5096 05 01281

Business No.: 958 254 318 MVA

NOTAT TIL:

Norges Geotekniske Institutt

NOTAT NR. : ead/01aaaami

FRA : Sikkerhets- og prosessrådgivning

DATO : 2001-08-29

SAKSBEH. : EMIL AALL DAHLE

Kopi:-

**Operaen i Bjørvika-skipsstøt. DNV Prosjektnummer 51010390.
Revisjon 2.**

1 INNLEDNING

Det vises til henvendelse (mail av 20 og 24 august d.å.), telefonsamtale den 27 august (Karlsrud/Dahle) og mail til Dahle 29 august angående ønske om data vedrørende:

1. Bauutforming for cruisebåter (som kommer fra sør).
2. Skipsstørrelse/type fartøyer med dypgang $\leq 2\text{m}$ (som kommer fra sør). I tillegg kraft-deformasjonskurve.
3. Skipsstørrelse/type fartøyer som kommer inn mot "kaiplaten" (fra vest). I tillegg kraft-deformasjonskurve.

Fremstillingen nedenfor bygger på det tidligere DNV-notatet "Bjørvika. Støt mot operaen" datert 2001-07-18.

Ved beregning av støtenergi legges 10% til massen av skipet ("medrevet vannmasse"). Ved støt mot betong vil en stor del av energien absorberes av skipets bauparti. Konservativt regnes ofte med at hele støtenergien opptas av skipet, og støtkraft beregnes ut fra det. DNV har tidligere utarbeidet enkle kurver for skip med vanlig bau (ikke bulbbau) ned til deplasement på 5000 tonn. For skip med mindre masse må det foretas en skalering av kraft-deformasjonskurvene. I dette tilfellet er skaleringen basert på at små og store skip (med masse lik eller mindre enn 5000tonn) har platetykkelse proporsjonal med lengden.

2 BAUTFORMING FOR CRUISEBÅTER

Utforming av geometrien for skip under og like over vannlinjen er bestemt av ingeniører mens utformingen over vannet domineres av arkitekter slik at skipene får et særpreg. Nyere cruiseskip vil dermed ha bulbbau av ingeniørmessige årsaker (reduisert bølgemotstand), mens bauens helning med vertikalen bestemmes av arkitekter.

Etter å ha sett på en del typiske, moderne cruiseskip er den største helning med vertikalen funnet å være nær 60 grader. Sett fra siden vil bauprofilen være rett.

Man kan ta utgangspunkt i profilen av det skipet som tidligere er benyttet ved dimensjonering av vollen. Det trekkes en linje i forlengelse av øvre del av skanseledning og forover. Så trekkes en linje fra krysningspunkter mellom eksisterende bauprofil og øvre del av bulben. Denne linjen skal ha en vinkel med vertikalen på 60 grader. Der disse linjene skjærer hverandre får man spissen av en ekstrem, men ikke helt uvanlig bau (inklusive skanseledningen, som er en relativt sterk stålkonstruksjon).

Bauens endepunkt vil ligge ca. 5m lenger frem enn på det skipet som tidligere er benyttet ved dimensjonering av vollen. Støtet i forbindelse med dette skipet er i tidligere rapporter og notater betegnet som "Scenario a)", og "Ferge".

Skipet er forutsatt å ha følgende dimensjoner:

Lengde = 180m, Bredde = 30m, Dypgang = 7.5m, Deplasementet (vekten av fortrenget væskemengde) = 25000 tonn.

Bruttotonnasjen er omtrent 50.000BRT. Bruttotonnasjen er et volummål (1BRT = 2.83 kubikkmeter).

3 SKIPSSTØRRELSE/TYPE FARTØYER MED DYPGANG \leq 2M SOM KOMMER FRA SØR

En båt med dypgang på omtrent 2m er ikke benyttet tidligere ved vurdering av støt. Det er derfor fortsatt en lineær nedskalering av "Lokal ferge i fast rute", Scenario d).

Dette gir følgende dimensjoner etc.

Lengde = 35m, Bredde = 7.7m, Dypgang = 2m, Deplasement = 320 tonn

Hastighet kan som for Scenario d) settes til 10knop (5.14m/sek). Denne hastigheten svarer omtrent til "grensehastigheten" for et skip av en slik lengde (Froudes tall omtrent 0.3). Grensehastigheten er omtrent den høyeste hastigheten et ikke planende eller halvplanende skip kan oppnå, og scenariet innebærer dermed at skipet går med full fart inn mot operaen. Dette kan tenkes for eksempel ved sterk beruselse hos føreren an skipet.

Ved å benytte tilnærmede, skalerte kraft-deformasjonskurver fås for 10 knop:

$K = 6MN$

$\delta = 1.5m$

Det forutsettes sentralstøt mot en uendelig stiv betongvegg slik at all energi forbrukes til deformasjon (inntrykking av bauen).

Kraften er tilnærmet proporsjonal med hastigheten.

4 SKIPSSTØRRELSE/TYPE FARTØYER SOM KOMMER INN FRA VEST (MOT "KAİPLATEN")

Man kan her se for seg at "partybåter" kan bevege seg noe ukontrollert i området. Slike båter er relativt små i forhold til Nesoddfergene som er mer aktuelle fordi de antagelig skal inn i området på regulær basis (de benyttes også av og til som "partybåter").

Dermed kan en Nesoddferge, eller "Lokal ferge i fast rute", Scenario d) som også er benyttet som betegnelse være den mest konservative båten for dette støtet. Nesoddfergen har følgende data:

Lengde = 45m, Bredde = 10m, Dypgang = 2.6m, Deplasement = 700 tonn

Grunnet relativt kort akselerasjonslengde bør hastigheten reduseres i forhold til Scenario d), der hastigheten var satt til 10knop. Det foreslås å benyttes en hastighet på 3 knop (1.5m/sek). Dersom dette viser seg å være en kritisk parameter bør det foretas en nærmere vurdering basert på akselerasjonslengde og skipsparametere..

Ved å benytte tilnærmede, skalerte kraft-deformasjonskurver fås for 10 knop:

$$K = 3MN$$

$$\delta = 0.6m$$

Det forutsettes sentralstøt mot en uendelig stiv betongvegg slik at all energi forbrukes til deformasjon (inntrykking av bauen).

Kraften er tilnærmet proporsjonal med hastigheten.

- o0o -



NORGES
GEOTEKNISKE
INSTITUTT
NORWEGIAN
GEOTECHNICAL
INSTITUTE

Vedlegg C- Stabilitetsberegninger

Postal address: P. O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY

Street address: Sognsveien 72, OSLO

Internet: ngi@ngi.no

Telephone: (+47) 22 02 30 00

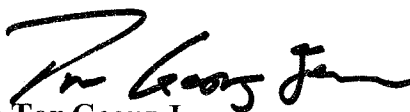
Telefax: (+47) 22 23 04 48

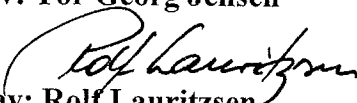
ngi@ngi.no

Bank account: 5096 05 01281

Business No.: 958 254 318 MVA

Vedlegg C - Utforming og plassering av hensyn til stabilitet.


Utarbeidet av: Tor Georg Jensen


Kontrollert av: Rolf Lauritzen

C1 INNLEDNING.....	2
C2 OVERORDNEDE RETNINGSLINJER FOR UTFORMING AV SKIPSBARRIEREN	2
C3 STABILITETSBEREGNINGER	2
C4 RESULTATER AV STABILITETSBEREGNINGER	5
C5 PRAKTISK GJENNOMFØRING AV ARBEIDER MED BARRIEREN...	6
C6 REFERANSER.....	7

C1 INNLEDNING

Dette vedlegg gir dokumentasjon av stabilitet for skipsbarrieren.

Det er utført stabilitetsberegninger for to typiske snitt for å verifisere at barrieren har tilfredsstillende stabilitet under og etter bygging, samt i byggefase for tunnel.

C2 OVERORDNEDE RETNINGSLINJER FOR UTFORMING AV SKIPSBARRIEN

Det er nødvendig med spesielle tiltak for å kunne bygge opp barrieren til nødvendig nivå. Det er valgt å legge til grunn en løsning basert på vertikaldren i kombinasjon med trinnvis oppbygning av barriere med motfyllinger. Ved å bygge opp fyllingene trinnvis oppnås en styrkeøkning i områdene med vertikaldren før neste fyllingstrinn etableres.

Videre er det generelt lagt til grunn at det legges inn en kraftig armeringsduk som tar opp alle horisontale krefter i fyllingen. Effekten av armeringen er i stabilitetsberegningene forutsatt å tilsvare opptak av en horisontal kraft som minst er lik aktivt jordtrykk i fyllingen. Dette er, i stabilitetsberegningene, modellert ved en åpen sprekk gjennom fyllingen. Ved dimensjonering av armeringsduken er det tatt utgangspunkt i en antatt øvre grense for påkjenning på duken gitt ved hviletrykk i fylling sammen med lastbidrag på grunn av setninger (lastbidrag setninger jfr. formelverk i håndbok 016 - Statens Vegvesen). Langs ytterkant av barrieren er armeringen brettet opp og inn med innbrett på 5 meter. Dette er både for å forankre armeringen og for å sikre at armeringen er virksom helt ut i ytterkant slik at man oppnår en ekstra armering i disse områdene.

Barrieren for operaen vil bli ferdigstilt før arbeidene med E18-tunnelen tar til. Man må derfor også ivareta stabilitet når det traues ut for tunnelen på utsiden av barrieren.

Plantegning og snitt med barrieren inntegnet er vist i figur E1 og E5 i vedlegg E.

C3 STABILITETSBEREGNINGER

Hensikten med beregningene i dette vedlegget er å demonstrere at skipsbarrieren er stabil i alle faser av byggearbeidet. Stabilitetsberegninger er utført med programmet Postograf som benytter beregningsverktøyet BEAST, ref. 2.

Beregningene er utført for sirkulærsylindriske glideflater. Det er antatt plane tøyings-forhold, uten noen sideeffekter. Som det framgår av resultatene av stabilitetsberegningene er barrieren og grunnen under lagt inn med neddykket romvekt. Dette er gjort fordi Postograf kan gi gale resultater hvis det legges inn vannstandsnivåer som i sin helhet ligger over "terreng". Videre er denne måten å modellere barrieren på hensiktsmessig fordi jordarmering kan modelleres som en tom sprekk. Som nevnt i kapittel C2 innebærer dette at armeringen forutsettes å ta opp alle horisontale jordtrykk i fyllingen.

Det er ikke utført stabilitetsberegninger som inkluderer krefter fra skipsstøt. Vår erfaring fra dimensjonering og utforming av skipsbarrierene for E18-tunnelen er at ingen tilfeller med skipsstøt ga en større reduksjon i beregnet sikkerhetsfaktor enn 0,2 i forhold til stabilitet uten skipsstøt. Ulykkestilstanden med skipsstøt, som bare krever 1,0 i sikkerhetsfaktor, skulle derfor være i orden så lenge beregnet sikkerhetsfaktor er større enn 1,2.

C3.1 Styrkeparametere

C3.1.1 Stein

Det er lagt til grunn en friksjonsvinkel på 40° for steinfyllingen i barrieren. Verdien anses å være noe på den konservative siden.

C3.1.2 Leire

Ved alle stabilitetsvurderinger som er gjort i dette vedlegg er det lagt til grunn de karakteristiske in-situ styrkeparametere og anisotropiforhold som ble benyttet for E18-tunnelen over Bjørvika (jfr ref 2 i hoveddel). Disse styrkene er noe lavere enn hva NGI generelt har anbefalt for operabygget (ref 1), men fordi skipsbarrieren strekker seg et godt stykke ut i Bjørvika er det funnet riktig å benytte de noe lavere styrkeprofilene.

Benyttet karakteristisk skjærstyrkeprofil er gitt ved :

$$S_u^{DSS} = -1,5 \cdot kote - 10 \quad \text{og} \quad S_u^{DSS} \geq 4 \text{ kPa}$$

kote = kote i meter med negativt fortegn

Anisotropi er gitt ved :

$$S_u^{DSS} / S_u^A = 0,7$$

$$S_u^P / S_u^A = 0,4$$

C3.1.3 Styrkeoppbygning i områder med vertikaldren

I forbindelse med E18-tunnelen har det vært utført en rekke laboratorieforsøk på prøver fra området (både treaks og direkte skjærforsøk) for å bestemme hvorledes udrenert styrke øker med økende konsolideringsspenning. Innenfor de aktuelle spenningsområder for in situ spenninger og tilleggslaster under barrieren er det på dette grunnlag utarbeidet følgende formler for bestemmelse av udrenerte styrke verdier :

$$\begin{aligned}\text{Aktiv styrke , } s_u^A &= 0,32(\Delta\sigma_v' + \sigma_{v0}') \\ \text{Direkte skjær styrke , } s_u^{DSS} &= 0,23(\Delta\sigma_v' + \sigma_{v0}') \\ \text{Passiv styrke , } s_u^P &= 0,18(\Delta\sigma_v' + \sigma_{v0}')\end{aligned}$$

hvor σ_{v0}' = In situ vertikal effektivspenning
 $\Delta\sigma_v'$ = Tillegg i effektiv vertikalspenning under konsolidering

Dette innebærer at gjennomsnittlig styrke (gjennomsnitt aktiv, passiv, og direkte skjær) er gitt ved:

$$\text{Midlere styrke , } s_u = 0,243(\Delta\sigma_v' + \sigma_{v0}')$$

Med hensyn til effekt av tilleggsspenningen så er det i beregningene lagt til grunn at man skal ha oppnådd 90 % konsolidering før det fylles videre opp fra første oppfyllingstrinn.

C3.2 Krav til sikkerhetsfaktorer

Med hensyn til valg av sikkerhetsfaktor eller materialfaktor er det lagt til grunn at man ved en fremtidig uttrauing for E18-tunnelen skal ha en materialfaktor på minst $\gamma_m = 1,5$ da denne tilstanden kan være ganske kritisk.

Under det første oppfyllingstrinnet ved trinnvis oppfylling er det lagt til grunn en minste materialfaktor på $\gamma_m = 1,4$.

C4 RESULTATER AV STABILITETSBEREKNINGER

Det er utført stabilitetsberegninger for to snitt med ulik sjøbunnskote.

C4.1 Sjøbunnskote – 8

Figurene C1 og C2 viser resultater av stabilitetsberegninger for typisk snitt med sjøbunnskote – 8.

Figur C1 viser trinn 1 av barrieren før konsolidering i vertikaldrensonen. Det er forutsatt at det ikke traues ut for E18-tunnelen i denne fasen. Figur C2 viser den ferdige barrieren med uttrauing for E18-tunnelen. Stabiliteten er tilfredsstillende i begge faser.

C4.2 Sjøbunnskote – 10

Figurene C3 og C4 viser resultater av stabilitetsberegninger for typisk snitt med sjøbunnskote – 10.

Figur C3 viser trinn 1 av barrieren før konsolidering i vertikaldrensonen. Det er forutsatt at det ikke traues ut for E18-tunnelen i denne fasen. Figur C4 viser den ferdige barrieren med uttrauing for E18-tunnelen. Som det fremgår av figuren er stabilitet for ytre del av barrieren noe lav ($f_c = 1,35$). Dette er for et tilfelle hvor det ikke er regnet ekstra armeringsbidrag fra jordarmeringen. Ved å anta at jordarmeringen kan holde igjen ytre del av barrieren med en kraft tilsvarende 40 kN/m viser stabilitetsberegningene tilfredsstillende resultat ($f_c = 1,52$). Fyllingshøyden i dette området er halvparten av den fyllingshøyde som er lagt til grunn ved dimensjonering av armeringsduken. Armeringen har derfor god kapasitet til å ta opp en slik kraft. Stabiliteten anses tilfredsstillende i begge faser.

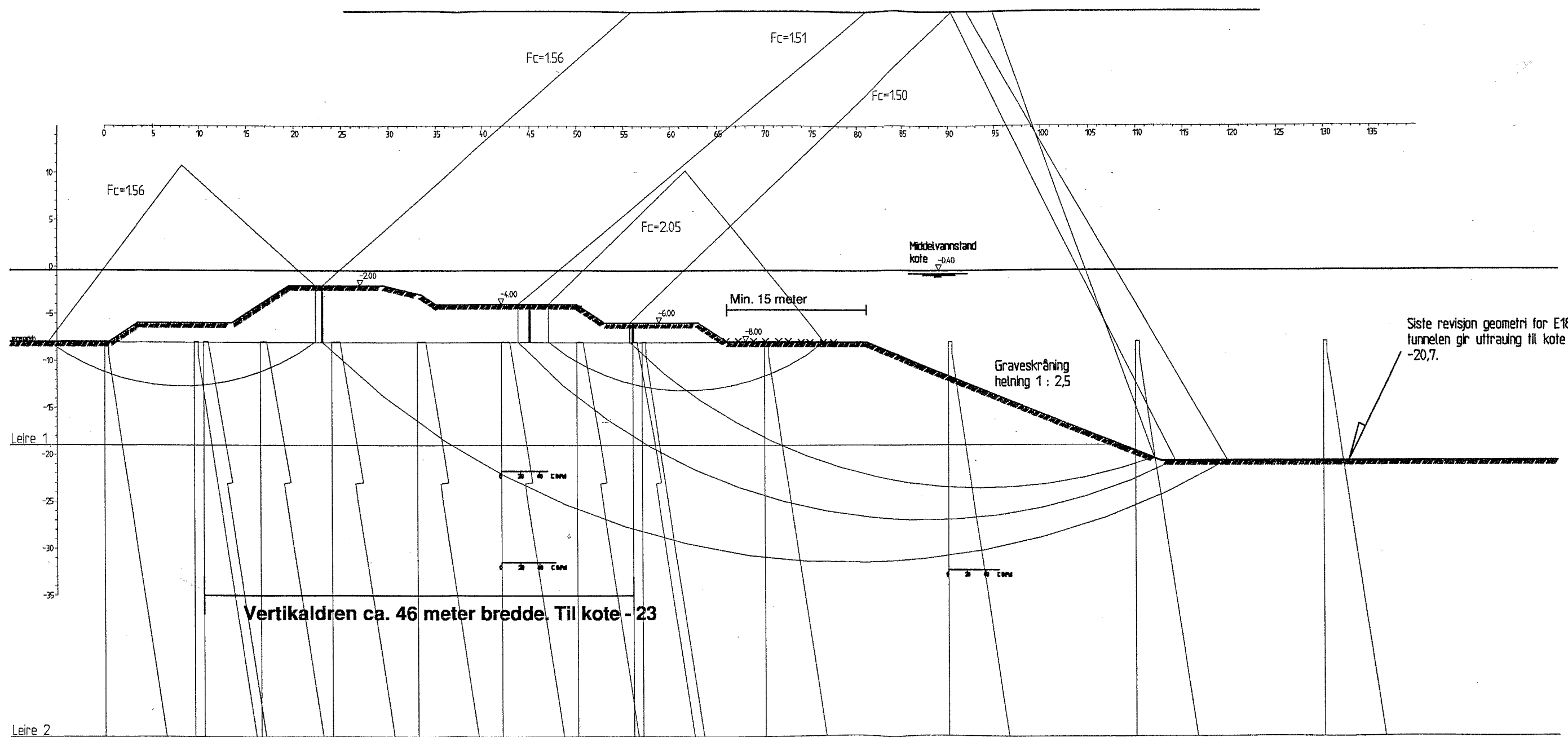
C5 PRAKTISK GJENNOMFØRING AV ARBEIDER MED BARRIEREN

I det etterfølgende er det listet opp en del sentrale forutsetninger som ligger til grunn for bygging av barrieren.

- Det mudres ut til kote –8 under hele barrieren, jfr. fig E2. Før uttrauing for tunnel mudres det til kote – 8 helt fram til toppen av graveskråning for E18-tunnelen (sistnevnte mudring tas ikke nå).
- Det kreves en minste avstand fra ytterste fot av barrieren til topp av graveskråning på 15 meter.
- Det legges et ca. 0,5 meter tykt lag med sand/grus over hele området hvor det skal legges ut fylling. Det stilles krav til kornstørrelser for å sikre gode dreneringsegenskaper i laget.
- Vertikaldren installeres gjennom gruslaget i de områder hvor vertikaldren er foreskrevet, jfr. figur E3. Vertikaldren installeres ned til kote – 23 og kappes 0,2 meter over sjøbunn (utlagt grus). Det er forutsatt dren av type Cofra MD-88 eller tilsvarende. Drenene installeres i firkantmønster med c/c 1,5 meter.
- Etter at vertikaldren er installert legges det ut et gruslag over disse før utlegging av armeringsduk over hele området hvor det skal fylles, pluss ca. 5,5 meter i alle retninger (for senere innbretting). Etter utlegging av ytterligere 0,5 meter grus brettes armeringsduken inn slik at man får en ca. 5 meter forankring inn i barrieren langs ytterkanten, illustrert i figur E5. Armeringen er forutsatt å ta jordtrykk tilsvarende hviletrykk i en 7,5 meter høy fylling. I tillegg er det dimensjonert for et lastbidrag på grunn av setninger på i overkant av 1 meter (jfr. vedlegg F). Det stilles krav om korttidsstyrke på 1000 kN/m ved maks 10 % deformasjon. Krav til langtidsstyrke 400 kN/m.
- Etter at armeringen er lagt ut fylles det opp for trinn 1 av fyllingen (til kote – 4,0) og leira under barrieren får konsolidere til 90 % konsolidering er nådd. Dette vil ta ca. 6 måneder med senteravstand 1,5 meter for vertikaldrenene. Setnings og poretrykksutvikling overvåkes. Figur E5 og E6 viser planlagt instrumentering for overvåkning.
- Etter konsolidering bygges barrieren opp til ferdig profil. Det etterfylles over hele profilet for å kompensere for setninger påløpt under konsolidering. Figur E5 viser forsterkning med betongelementer i toppen av barrieren.

C6 REFERANSER

- 1 Ny Opera i Bjørvika
Valg av karakteristiske jordparametre
NGI rapport 20001583-2, Revisjon 2 datert 7. desember 2001.
- 2 PostoGRAF – Stabilitet 2.0, Manualtillegg
Beast, A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the
Method of slices. Consulting Civil Engineer Carl J. Frimann Clausen.
Revisjon 2, datert 15. oktober 1993.




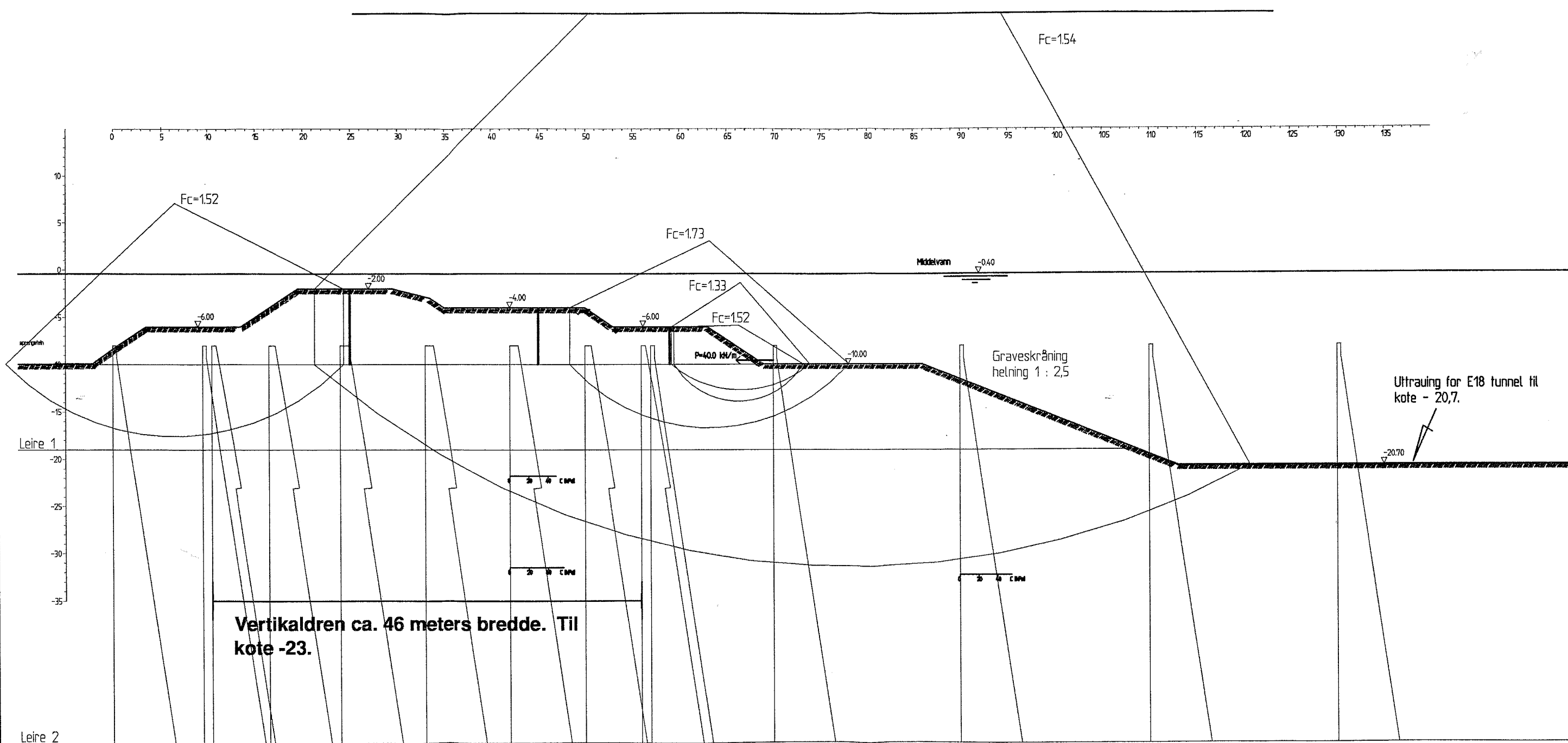
Vertikaldren ca. 46 meter bredde. Til kote - 23

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
sprengstein	1	1.05	40.0	0.0				
Leire 1	2	0.78	---	---	C-profil 143	1.00	0.57	
Leire 2	3	0.90	---	---	C-profil 143	1.00	0.57	

NY OPERA I BJØRVIKA

Stabilitet av barriere. Sjøbunnskote - 8.
Etter konsolidering og fylling til full høyde.
Med utgraving for tunnel.
IKKE I MÅLESTOKK

Rapport nr. 20001583	Figur nr. C 2
Tegner TGJ <i>TGJ</i>	Dato 10.09.02
Kontrollert	
Godkjent <i>HAL</i>	




Vertikaldren ca. 46 meters bredde. Til kote -23.

Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
sprengstein	1	1.05	40.0	0.0				
Leire 1	2	0.78	---	---	C-profil	143	100	0.57
Leire 2	3	0.90	---	---	C-profil	143	100	0.57

NY OPERA I BJØRVIKA

Stabilitet av barriere. Sjøbunnskote ca - 10
 Etter konsolidering og fylling til full høyde.
 Med utgraving for tunnel.
 IKKE I MÅLESTOKK

Rapport nr. 20001583	Figur nr. C 4
Tegner TGJ <i>TGJ</i>	Dato: 01.08.28
Kontrollert	
Godkjent <i>RAL</i>	

Vedlegg D- Konsekvens av støt mot kaifront (notat fra RREH)

Operaen

Skipstøt fra syd mot kai/foajé

Energiopptak av konstruksjon i kaifronten

Input:

Foreløbig teknisk notat fra KK/NGI datert 24/8 -01

Notat fra EAaD/DNV datert 29/8-01

Skipstøt fra båt med dypgang 2m, 10 knop, deplasement 320 tonn

Støtenergi 4,65 MNm.

Dersom kaifronten er uendelig stiv vil knusing av baugen oppta all energi med en maks støtkraft på 6000kN og en angitt inntrengning på 1,5 m (må være avhengig av fordelingsflate for støtet).

Alternativ a

Kaifronten er uendelig stiv, og all lasten tas opp som jevnt fordelt trykk i 400 mm tykk kaiplate.

Bredden for en typisk aktuell båt er angitt til 7,7 m. Antas baugbredden etter støtet å være tredjeparten av dette, blir responsen i betongplaten ca. 6 mPa forutsatt jevn spenningsfordeling..

Hvilket dekket vil tåle.

(Men en lite hyggelig situasjon med båten trengt 1,5 innover kaifronten!!)

Alternativ b

Konstruksjonen i kaifronten tar opp all støtenergi.

Konsept-skisse:

Betongskjørt (400mm tykt det også) i forkant av kaiplaten. En konstruksjon (horisontal avstivningsbjelke som fordeler støtet over en viss bredde) i uk skjørt f.eks. kombinert med en brygge sørger for at energien tas opp ved at skjørtet forskyves innunder platen..

Energien opptas ved rotasjon av skjørtet med flyteledd i senter kaiplate.

(Må sørge for god sikkerhetsavstand til ytre pelerad!).

Forutsetninger i beregningene:

- ok betongplate kote 2,0 (sand/gatevarme/heller kommer ovenfor)
- platetykkelse 400 mm
- støtkraften treffer skjørtet 1,3 m under flyteleddet, dvs kote 0,5 = hhv 2000/1år
- betong C55 og armering 2Ø20 c 100 gir flytemoment ca. 700 kNm/m

Resultat:

Fordeles støtkraften over 10 m kaifront roterer kaifronten 0,66 rad, dvs at støtpunktet forskyves 0,9 m innunder kaiplaten.

Støtkraft 5400 kN

Alternativ c

Baugen og kaifronten opptar begge støtengi.

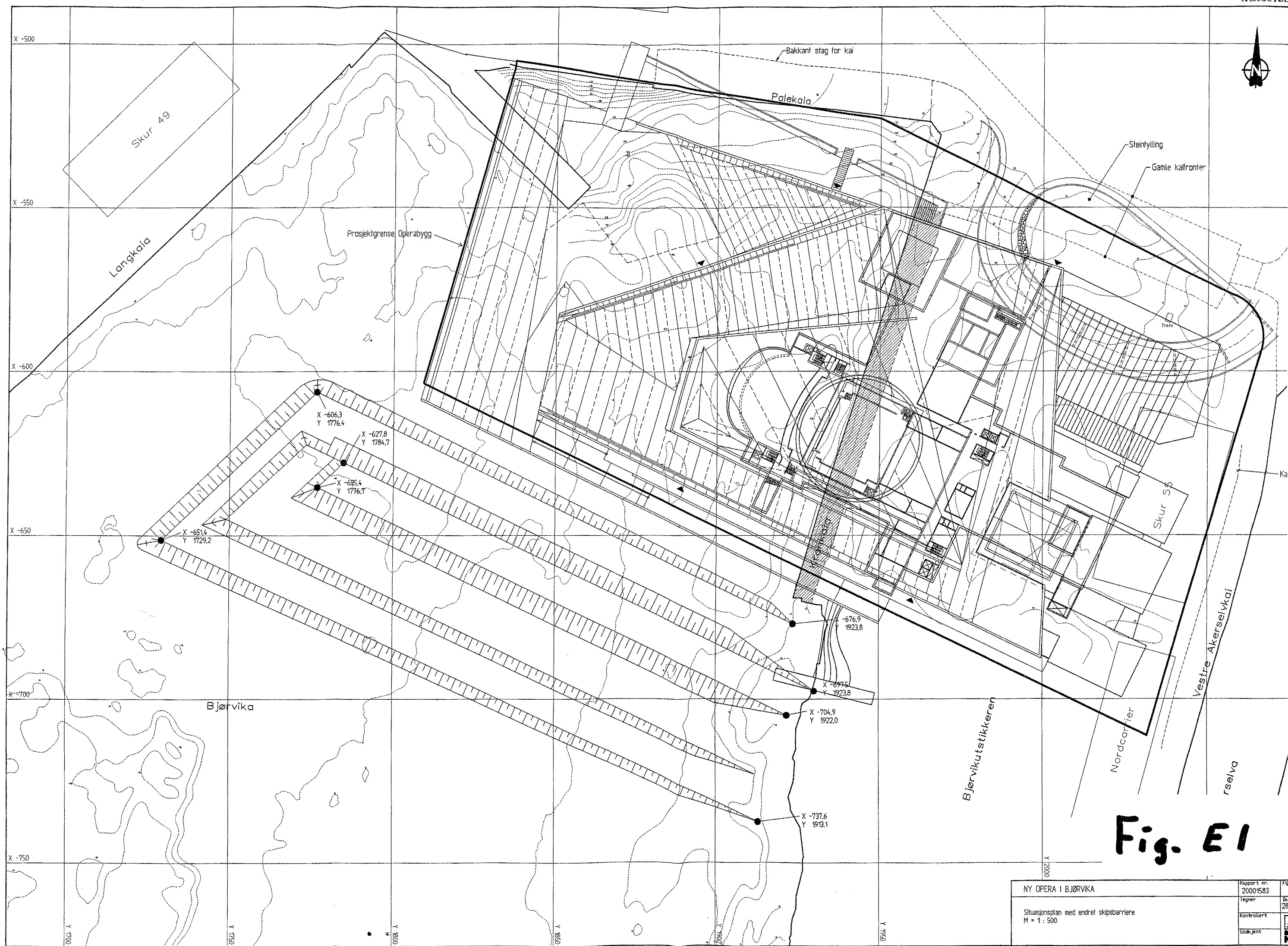
Beregningsresultatet i alternativ b tilsvarer omtrent støtkraften fra alt a.

Mao er det nærliggende å anta at med konseptet som skissert ovenfor så bli eneregien opptatt omtrent 50/50 av baug og kaifront.

Baugen skulle da trenge omtrent $0,5 * 0,9 + 0,5 * 1,5 = 1,2$ m forbi treffpunktet.

Dvs. at det bygges en stiv brygge etc. i uk skjørt med en bredde på ca. 1,5 m (etter støtet) så vil baugen stanses før den kommer frem til kaifronten.

Vedlegg E : Anbudstegninger Skipsbarriere



Vedlegg F

Setningsberegninger



OPPDRA
JOB TITLE

Ny Opera

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE
1

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Skipsbarrieren

SIGN. *RA*

DATO
DATE
13/8-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

Setningsberegninger for
Skipsbarrieren

Utført av: *Polt Lauritzen*

" den: 13/8 - 02

og : 13/9 - 02

Kontrollert av: *Adri Ege* 19.9.02.



OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Skipsbarrieren

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. RAL

KONTR.
CONTR. Aeg.

SIDE
PAGE

2

DATO
DATE 13/8-02

DATO
DATE 19/9-02

Setningsbergrning for skipsbarrieren.

SLAM: $\gamma = 13 \text{ kN/m}^3$ Ref. 95047.000. G.000. R.104. C02

$$M = 3,6 \left(\frac{\Delta p}{2} + 30 \right)$$

NGI-rapp. 20001583-2 REV 2 7. DES 2001.

LEIRE: $\gamma = 17,8 \text{ kN/m}^3$

Under p_c' : $M_{oc} = 2,5 \cdot m \cdot p_c'$

Over p_c' : $m = 16$ over kote -20

$m = 17$ under kote -20

Realistisk p_c' i henhold til fig 3.3 ^{i referanse} er valgt:

Lag 1 $-8 < \text{kote} < -13$ $p_c' = 2,0 p_o'$

" 2 $-13 < \text{kote} < -18$ $p_c' = 1,4 p_o'$

" 3 $-18 < \text{kote} < -23$ $p_c' = 1,3 p_o'$

" 4 $-23 < \text{kote} < -28$ $p_c' = 1,3 p_o'$

GEOMETRI:

Bredder av 2 m fylling til kote -6 : 65 m

Bredder av 4 m fylling til kote -4 : 37 m

Bredder av 6 m fylling til kote -2 : 16 m

Romvekt av fylling $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$

KONTROLL KOMMENTAR: LAV γ FOR FILLING.

FØRSLAG $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

19/9-02 Aeg.



NGI

OPPDRAG
JOB TITLEFORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Skipsbarrieren

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. RAL

KONTR.
CONTR.SIDE
PAGE
3DATO
DATE
13/8-02DATO
DATE

Målte slamtykkelser er funnet i Miljødata rapporten, og notert på en kopi av figur 20001583-1 nr. 2. (s.4)

Skipsbarrieren er delt i 3 områder

Område 1, ytterst, 65 x 70 m
gjennomsnittlig slamtykkelse 1,0 m
bunnkote - 9,5

Område 2, midten, 65 x 70 m
gj. sn. slamtykkelse 1,6 m
bunnkote - 8,5

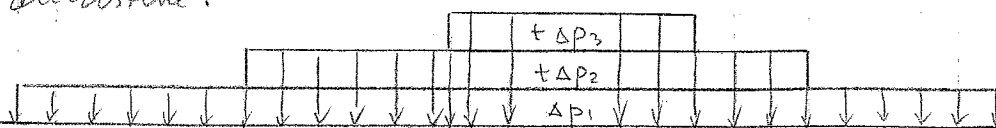
Område 3, mudret mot land, 65 x 40 m
gj. sn. slamtykkelse 0
bunnkote - 7,0

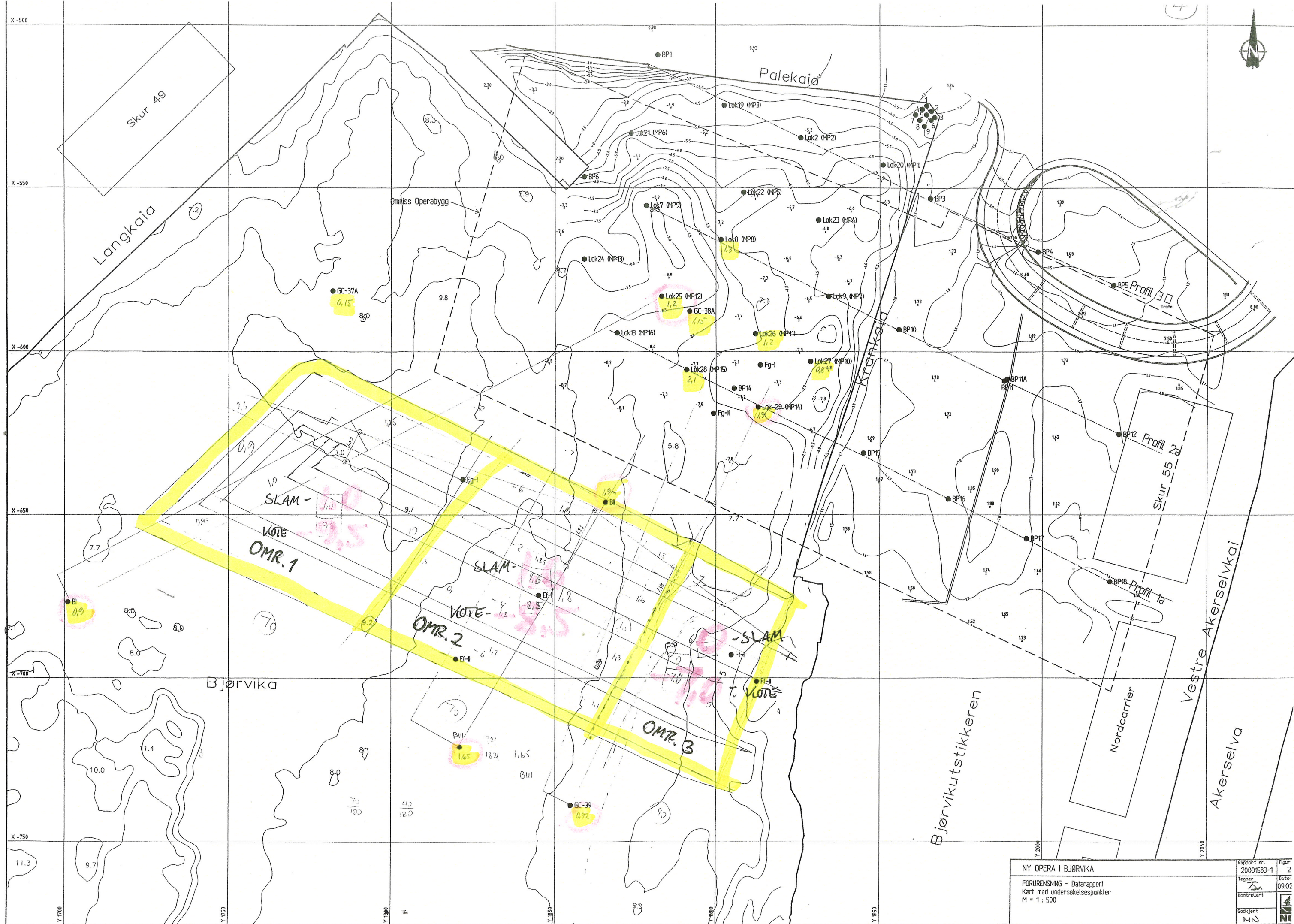
KOMMENTAR
MIDTLINGSPLAN
GIR NOE ANDRE
FOTUTSETNINGER,
BEGRUNNET
BETYDNING
13/8-02 RAL

Skipsbarrieren er så delt på langs i striper:

bredder med $\Delta - 6,0$ er 65 m (ΔP_1)
" " $\Delta - 4,0$ er 37 m (ΔP_2)
" " $\Delta - 2,0$ er 16 m (ΔP_3)

Lasten fra fyllingen er lagt på i 3 omganger, men alle delaster antas å angripe direkte på sjøbunnen, dvs. lastspredningen regnes fra sjøbunnen for alle 3 delastene.







OPPDAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Hy Opca

Shipsbarricren

OPPDAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 5

SIGN. RAL

DATO
DATE 13/8-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

OMR. I

$$B = 65 \text{ m}$$

$$L = 180$$

$\gamma = 6$

$$y' = 8,5 \cdot 8,5 \cdot 3,5 = 29,75 = \Delta p_1$$

$\gamma = 9,5$

$$y' = 3 \quad \gamma = 10,5$$

$$\textcircled{1} z = 2,25 \quad I = 1,0$$

$\gamma = 13$

$$p_c' = 1,8 \cdot p_o'$$

$$B = 37 \text{ m}$$

$$L = 170 \text{ m}$$

$\gamma = 4$

$$\Delta p_2 = 17$$

$$8,5 \cdot 5,5 = 46,75 = \Delta p_2$$

$$B = 16 \text{ m}$$

$$L = 150 \text{ m}$$

$$\gamma = 2$$

$$\Delta p_3 = 17$$

$$8,5 \cdot 7,5 = 63,75 = \Delta p_3$$

$$I = 0,925 \quad \Delta p_3 = 15,73$$

$$M_{oc} = 918$$

$$\textcircled{2} = 6 \quad I = 0,94$$

$$y' = 7,8 \quad \Delta p_1 = 27,97$$

$\gamma = 18$

$$p_c' = 1,4 \cdot p_o'$$

$$p_o' = 42 \quad I = 0,908$$

$$\Delta p_2 = 15,44$$

$$p_c' = 58,8$$

$$\Delta p_c' = 16,8$$

$$I = 0,802$$

$$\Delta p_3 = 13,63$$

$$M_{oc} = 2352$$

$$\textcircled{3} = 11 \quad I = 0,896$$

$$\Delta p_1 = 26,66$$

$\gamma = 23$

$$p_c' = 1,3 \cdot p_o'$$

$$p_o' = 81 \quad \Delta p_2 = 14,14$$

$$p_c' = 105,3$$

$$\Delta p_c' = 24,3$$

$$I = 0,6445$$

$$\Delta p_3 = 10,96$$

$$M_{oc} = 4344$$

$$\textcircled{4} = 16 \quad I = 0,8485$$

$$\Delta p_1 = 25,24$$

$\gamma = 28$

$$p_c' = 1,3 \cdot p_o'$$

$$p_o' = 120 \quad I = 0,757$$

$$\Delta p_2 = 12,87$$

$$p_c' = 156$$

$$\Delta p_c' = 36$$

$$I = 0,4995$$

$$\Delta p_3 = 8,49$$

$$M_{oc} = 6630$$

$$I = 0,779$$

$$\textcircled{5} = 23,5 \quad \Delta p_1 = 23,17$$

$$p_c' = 1,3 \cdot p_o'$$

$$I = 0,649$$

$$\Delta p_2 = 11,03$$

$$p_o' = 178,5$$

$$p_c' = 232$$

$$\Delta p_c' = 53,55$$

$$I = 0,313$$

$$\Delta p_3 = 5,33$$

$$M_{oc} = 9860$$

$\gamma = 38$

$$\frac{H}{B} = 4 \sqrt{\frac{1 - 0,3 \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}}} = 3,23$$

$$H = 210 \text{ m}$$

$$I = [1 + \frac{1}{3}] (1 - \frac{1}{3})^3$$

$$\frac{H}{B} = 3,505$$

$$H = 130 \text{ m}$$

$$\frac{H}{B} = 3,74$$

$$H = 60 \text{ m}$$

OPPDRA
JOB TITLE

Ny OPERA

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBAUTDETALJE

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE
6

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger Område 1, -6

$$A_p = 8,5 \cdot 3,5 = 29,75$$

$$M_{\text{slam}} = 3,6 \left(\frac{29,75}{2} + 30 \right) = 161,55$$

$$\text{Setning Slam} \quad \frac{29,75}{161,55} \cdot 100 = 18,4 \text{ cm}$$

Lag 1 $t = 250$

$$Z = 2,25$$

$$p_o' = 12,75$$

$$p_c' = 22,95$$

$$\Delta p_c' = 10,2$$

$$A_p = 29$$

$$M_{oc} = 918 \quad S_o = \frac{10,2}{918} \cdot 250 = 2,8 \text{ cm}$$

$$A_{p_{con}} = 29 - 10,2 = 18,8$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{22,95 + 18,8}{22,95} \cdot 250 = 9,3 \text{ cm}$$

Lag 2 $t = 500$

$$Z = 6 \text{ m}$$

$$p_o' = 42$$

$$p_c' = 58,8$$

$$\Delta p_c' = 16,8$$

$$A_p = 28$$

$$M_{oc} = 2352 \quad S_o = \frac{16,8}{2352} \cdot 500 = 3,6 \text{ cm}$$

$$A_{p_{con}} = 28 - 16,8 = 11,2$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{58,8 + 11,2}{58,8} \cdot 500 = 5,4 \text{ cm}$$

Lag 3 $t = 500$

$$Z = 11 \text{ m}$$

$$p_o' = 81$$

$$p_c' = 105,3$$

$$\Delta p_c' = 24,3$$

$$A_p = 26,66$$

$$M_o = 4344 \quad S_o = \frac{24,3}{4344} \cdot 500 = 2,8 \text{ cm}$$

$$A_{p_{con}} = 26,66 - 24,3 = 2,36$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{105,3 + 2,36}{105,3} \cdot 500 = 0,7 \text{ cm}$$

Lag 4

$$1,9$$

$$44,9 \text{ cm}$$



OPPDRA
JOB TITLE

NY OPETRA

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBAETTELERE

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE
7

SIGN.

DATO
DATE

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

Setninger Område 1, $\nabla - 4$

$$\Delta p = 29,75 + 17 = 46,75$$

$$M_{SLAM} = 3,6 \left(\frac{46,75}{2} + 30 \right) = 192,15$$

$$\text{Setninger slam} \frac{46,75}{192,15} \cdot 100 = 24,33 \text{ cm}$$

$$\text{Lag 1 } t = 250 \quad z = 2,25 \quad p_o' = 12,75 \quad p_c' = 22,95$$

$$\Delta p_c' = 10,2$$

$$\Delta p = 29 + 16,5 = 45,5$$

$$M_{oc} = 918 \quad S_o = 2,8$$

$$\Delta p_{con}' = 45,5 - 10,2 = 35,3$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{22,95 + 35,3}{22,95} \cdot 250 = 14,6$$

$$\text{Lag 2 } t = 500 \quad z = 6 \quad p_o' = 42 \quad p_c' = 58,8$$

$$\Delta p_c' = 16,8$$

$$\Delta p = 28 + 15,44 = 43,44$$

$$M_{oc} = 2352 \quad S_o = 3,6$$

$$\Delta p_{con}' = 43,44 - 16,8 = 26,64$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{26,64 + 58,8}{58,8} \cdot 500 = 11,67$$

$$\text{Lag 3 } t = 500 \quad z = 11 \quad p_o' = 81 \quad p_c' = 105,3$$

$$\Delta p_c' = 24,3$$

$$\Delta p = 26,66 + 14,14 = 40,8$$

$$M_{oc} = \quad S_o = \frac{24,3}{4344} \cdot 500 = 2,8$$

$$\Delta p_{con}' = 40,8 - 24,3 = 16,5$$

$$S_c = \frac{1}{16} \ln \frac{105,3 + 16,5}{105,3} \cdot 500 = 4,55$$

$$\text{Lag 4 } S_o = \frac{38,11}{6630} \cdot 500 = 2,87$$

$$\text{Lag 5 } S_o = \frac{34,2}{9860} \cdot 1000 = 3,5$$

75

70,68 cm

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPETRA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE

8

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SHIPSBATERIERE

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger Område 1 7 - 2

$$\Delta p = 29,75 + 17 + 17 = 63,75$$

$$M_{SLAM} = 3,6 \left(\frac{63,75}{2} + 30 \right) = 222,75$$

$$\text{Setninger slam} \frac{63,75}{222,75} \cdot 100 = 28,62 \text{ cm}$$

$$\text{Lag 1} \quad t = 250 \quad p_o' = 12,75$$

$$\Delta p = 29 + 16,5 + 15,7 = 61,2$$

$$S_o =$$

2,8

$$S_{con}' = \frac{1}{16} \ln \frac{73,95}{22,95} \cdot 250 = 18,3$$

$$\text{Lag 2} \quad t = 500 \quad p_o' = 42 \quad p_c' = 58,8$$

$$\Delta p = 27,97 + 15,44 + 13,63 = 57,04$$

$$S_o =$$

3,6

$$S_{con}' = \frac{1}{16} \ln \frac{115,84}{58,8} \cdot 500 = 21,2$$

$$\text{Lag 3} \quad t = 500 \quad p_c' = 105,3$$

$$\Delta p = 26,66 + 14,14 + 10,96 = 51,76$$

$$S_o =$$

2,8

$$S_{con}' = \frac{1}{16,5} \ln \frac{157,06}{105,3} \cdot 500 = 12,11$$

$$\text{Lag 4} \quad t = 500 \quad p_o' = 120 \quad \Delta p_c = 36 \quad p_c' = 156$$

$$\Delta p = 25,24 + 12,87 + 8,49 = 46,7$$

$$S_o = \frac{36}{6630} \cdot 500$$

2,7

$$S_{con}' = \frac{1}{17} \ln \frac{166,7}{156} \cdot 500 = 1,95$$

$$\text{Lag 5} \quad \Delta p = 23,17 + 11,03 + 5,33 = 39,53$$

$$S_o = \frac{39,53}{9860} \cdot 1000$$

4,0



OPPDAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Slipsbarrieren

OPPDAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 9

SIGN. *RAL*

DATO
DATE 15/8-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

OMR 2

B = 65
L = 180

B = 37
L = 170

B = 16
L = 150
 $\gamma = 2$

$\gamma = 4$

$\Delta p_3 = 17$

$\gamma = 6$

$\Delta p_2 = 17$

$\Delta p_1 = 8,5 \cdot 2,5 = 21,25$
 $\gamma = 8,5$

$\gamma = 3$

$\gamma = 10,1$

① $Z = 3,05$ $m = 16$ $I = 1,0$
 $\Delta p_1 = 21,25$
 $\gamma = 13$ $p_c' = 1,85 p_0'$

$\Delta p_2 = 16,5$
 $p_0' = 16,11$
 $p_c' = 29,80$ $\Delta p_1' = 13,7$

$I = 0,92$
 $\Delta p_3 = 15,6$
 $M_{oc} = 1192$

② $Z = 7$ $m = 16$ $I = 0,94$
 $\Delta p_1 = 20,0$
 $\gamma = 18$ $1,4$

$I = 0,90$
 $\Delta p_2 = 15,3$
 $p_0' = 46,92$
 $p_c' = 65,69$ $\Delta p_1' = 18,77$

$M_{oc} = 2628$

③ $Z = 12$ $m = 16,5$ $I = 0,89$
 $\Delta p_1 = 18,9$
 $\gamma = 23$ $1,3$

$I = 0,83$
 $\Delta p_2 = 14,11$
 $p_0' = 85,92$
 $p_c' = 111,70$ $\Delta p_1' = 25,78$

$I = 0,64$
 $\Delta p_3 = 10,9$
 $M_{oc} = 4608$

④ $Z = 17$ $m = 17$ $I = 0,84$
 $\Delta p_1 = 17,9$
 $\gamma = 28$ $1,3$

$I = 0,75$
 $\Delta p_2 = 12,75$
 $p_0' = 124,92$
 $p_c' = 162,4$ $\Delta p_1' = 37,48$

$I = 0,49$
 $\Delta p_3 = 8,3$
 $M_{oc} = 6902$

⑤ $Z = 24,5$
 $m = 17$
 $I = 0,77$
 $\Delta p_1 = 16,4$
 $\gamma = 38$ $1,3$

$I = 0,64$
 $\Delta p_2 = 10,9$
 $p_0' = 183,42$
 $p_c' = 238,45$

$I = 0,31$
 $\Delta p_3 = 5,27$
 $\Delta p_2 = 55,03$ $M_{oc} = 10,134$

OPPDRAG
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE

10

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SNITPSBATTNØRE

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger Område 2 , 7-6

$$A_{p1} = 8,5 \cdot 2,5 = 21,25$$

$$M_{SLAM} = 3,6 \left(\frac{21,25}{2} + 30 \right) = 146,25$$

$$S_{SLAM} = \frac{21,25}{146,25} \cdot 160 =$$

23,25 cm

Lag 1 $t = 290$ $z = 3,05$ $p_o' = 16,11$ $p_o' = 29,80$
 $A_{p1} = 21,25$ $A_{p2} = 13,7$

$$M_{oc} = 1192 \quad S_o = \frac{13,7}{1192} \cdot 290 =$$

3,33

$$S_{com} = \frac{1}{16} \ln \frac{37,36}{29,80} \cdot 290$$

4,40

Lag 2 $t = 500$ $z = 7$ $p_o' = 46,92$ $p_o' = 65,69$
 $A_{p1} = 20$ $A_{p2} = 18,77$

$$M_{oc} = 2628 \quad S_o = \frac{18,77}{2628} \cdot 500 =$$

3,57

$$S_{com} = \frac{1}{16} \ln \frac{66,92}{65,69} \cdot 500 =$$

0,58

Lag 3 $S_o = \frac{18,9}{4608} \cdot 500$

2,05

Lag 4 $S_o = \frac{17,9}{6902} \cdot 500$

1,30

Lag 5 $S_o = \frac{16,4}{10.134} \cdot 1000$

1,62

39,8 cm

42

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE

11

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBAKKE

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger område 2, $\nabla - 4$

$$A_p = 21,25 + 17 = 38,25$$

$$M_{\text{SAM}} = 3,6 \left(\frac{38,25}{2} + 30 \right) = 176,85$$

$$S_{\text{SAM}} = \frac{38,25}{176,85} \cdot 160 =$$

34,6 cm

Lag 1 $t = 200$

$$A_p = 21,25 + 16,5 = 37,75$$

$$p_o^1 = 16,11$$

$$p_c^1 = 29,80$$

$$S_o =$$

3,33

$$S_{\text{sam}}^1 = \frac{1}{16} \ln \frac{53,86}{29,80} \cdot 200$$

10,73

Lag 2 $t = 500$

$$p_o^1 = 46,92$$

$$p_c^1 = 65,69$$

$$A_p = 20 + 15,3 = 35,3$$

$$S_o =$$

3,57

$$S_{\text{sam}}^1 = \frac{1}{16} \ln \frac{82,22}{65,69} \cdot 500$$

7,01

Lag 3 $t = 500$

$$p_o^1 = 85,92$$

$$p_c^1 = 111,7$$

$$A_p = 18,9 + 14,11 =$$

$$S_o = \frac{25,78}{4608} \cdot 500$$

2,80

$$S_{\text{sam}} = \frac{1}{16,5} \ln \frac{118,93}{111,7} \cdot 500 =$$

1,90

Lag 4 $t = 500$

$$A_p = 17,9 + 12,75 = 30,65$$

$$S_o = \frac{30,65}{6902} \cdot 500 =$$

2,22

Lag 5 $t = 1000$

$$A_p = 16,4 + 10,9 = 27,3$$

$$S_o = \frac{27,3}{10,134} \cdot 1000 =$$

2,7

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE
12FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPS BARRIERE

SIGN.

DATO
DATEKONTR
CONTR.DATO
DATESetninger område 2, $\gamma = 2,0$

$$\Delta p = 21,25 + 17 + 17 = 55,25$$

$$M_{SLAM} = 3,6 \left(\frac{55,25}{2} + 30 \right) = 207,45$$

$$S_{SLAM} = \frac{55,25}{207,45} \cdot 160 = 42,61 \text{ cm}$$

$$\text{Lag 1} \quad t = 2,9 \text{ m}$$

$$p_0' = 16,11$$

$$p_c' = 29,80$$

$$\Delta p = 21,25 + 16,5 + 15,6 = 53,35$$

$$S_0 =$$

$$3,33$$

$$S_{con}' = \frac{1}{16} \ln \frac{69,46}{29,80} \cdot 290 = 15,34$$

$$\text{Lag 2} \quad t = 500$$

$$p_0' = 46,92$$

$$p_c' = 65,69$$

$$\Delta p = 20 + 15,3 + 13,6 = 48,9$$

$$S_0 =$$

$$3,57$$

$$S_{con}' = \frac{1}{16} \ln \frac{95,82}{65,69} \cdot 500 = 11,8$$

$$\text{Lag 3} \quad t = 500$$

$$p_0' = 85,92$$

$$p_c' = 111,7$$

$$\Delta p = 18,9 + 14,11 + 10,9 = 43,91$$

$$S_0 =$$

$$2,80$$

$$S_{con}' = \frac{1}{16,5} \ln \frac{129,83}{111,7} \cdot 500 = 4,56$$

$$\text{Lag 4} \quad t = 500$$

$$p_0' = 124,92$$

$$p_c' = 162,4$$

$$\Delta p = 17,9 + 12,75 + 8,3 = 38,95$$

$$S_0 = \frac{37,48}{6902} \cdot 500$$

$$2,71$$

$$S_{con}' = \frac{1}{17} \ln \frac{163,87}{162,4} \cdot 500$$

$$0,3$$

$$\text{Lag 5}$$

$$\Delta p = 16,4 + 14,9 + 5,27$$

$$S_0 = \frac{32,57}{10,134} \cdot 1000$$

$$3,21$$



OPPDRAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

NGI

My Opera

Skipsbarnen

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
2000 1583

SIDE
PAGE 13

SIGN. RH

DATO
DATE 13/8-07

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

OMR 3

B=16
L=150 H=60
γ=2

B=65 H=210
L=180

B=37 H=130
L=170
γ=4

ΔP₂ = 17

γ=6

ΔP₁ = 8,5

ΔP₂ = 17

γ=7

① Z=3

I=0,97
Δp=8,3
2,1

p₀'=23,4
p_c'=49,1

I=0,95
16,2

I=0,92
15,64
M_{oc}=1964

② 8,5

I=0,92
7,82
1,4

p₀'=66,3
p_c'=92,82

I=0,88
15,0

I=0,77
13,1
M_{oc}=3713

③ 13,5

I=0,88
7,5
1,3

p₀'=105,3
p_c'=136,9

I=0,79
13,4

I=0,57
9,7
M_{oc}=5647

④ 18,5

I=0,83
7,1
1,3

p₀'=144,3
p_c'=187,6

I=0,72
12,24

I=0,45
7,7
M_{oc}=7973

⑤ 26

I=0,76
6,46
1,3

p₀'=202,8
p_c'=263,6

I=0,61
10,4

I=0,26
4,4

M_{oc}=11203

p₀=280,8

p_c=365,04

15514



OPPDRAG
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 14

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER SKIPSBAETTERE

SIGN.

DATO
DATE

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

Setninger i område 3, 7-6

Lag 1 $t = 600$

$$\Delta p = 8,3$$

$$S_0 = \frac{8,3}{1964} \cdot 600 = 2,54$$

Lag 2 $t = 500$

$$\Delta p = 7,82$$

$$S_0 = \frac{7,82}{3713} \cdot 500 = 1,05$$

Lag 3 $t = 500$

$$\Delta p = 7,5$$

$$S_0 = \frac{7,5}{5647} \cdot 500 = 0,67$$

Lag 4 $t = 500$

$$\Delta p = 7,1$$

$$S_0 = \frac{7,1}{7973} \cdot 500 = 0,45$$

4,7 cm

5

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE

15

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER SKIPSBATTERIET

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger i område 3 ▽ - 4Lag 1 $t = 600$

$$A_p = 8,3 + 16,2 = 24,5$$

$$S_o = \frac{24,5}{1964} \cdot 600 = 7,48$$

Lag 2 $t = 500$

$$A_p = 7,82 + 15 = 22,82$$

$$S_o = \frac{22,82}{3713} \cdot 500 = 3,07$$

Lag 3 $t = 500$

$$A_p = 7,5 + 13,4 = 20,9$$

$$S_o = \frac{20,9}{5647} \cdot 500 = 1,85$$

Lag 4 $t = 500$

$$A_p = 7,1 + 12,24 = 19,34$$

$$S_o = \frac{19,34}{7973} \cdot 500 = 1,21$$

Lag 5 $t = 1000$

$$A_p = 6,46 + 10,4 = 16,86$$

$$S_o = \frac{16,86}{11203} \cdot 1000 = 1,5$$

Lag 6 $t = 1000$

$$A_p = \frac{13}{15514} \cdot 1000 = 0,83$$

17

15,95

OPPDAG
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE

16

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER SKIPSBAKKERIE

SIGN.

DATO
DATEKONTR.
CONTR.DATO
DATESetninger i område 3, ▽ - 2

Lag 1 $t = 600$ $p_o' = 23,4$ $p_c' = 49,1$ $\Delta p_c' = 25,7$

$$\Delta p = 8,3 + 16,2 + 15,64 = 40,14$$

$$S_o = \frac{25,7}{1964} \cdot 600 = 7,85$$

$$S_{con} = \frac{1}{16} \ln \frac{63,54}{49,1} \cdot 600 = 9,67$$

Lag 2 $t = 500$ $p_o' = 66,3$ $p_c' = 92,82$ $\Delta p_c' = 26,52$

$$\Delta p = 7,82 + 15 + 13,1 = 35,92$$

$$S_o = \frac{26,52}{3713} \cdot 500 = 3,57$$

$$S_{con} = \frac{1}{10} \ln \frac{102,22}{92,82} \cdot 500 = 3,01$$

Lag 3 $t = 500$

$$\Delta p = 7,5 + 13,4 + 9,7 = 30,6$$

$$S_o = \frac{30,6}{5647} \cdot 500 = 2,71$$

Lag 4 $t = 500$

$$\Delta p = 7,1 + 12,24 + 7,7 = 27,04$$

$$S_o = \frac{27,04}{7973} \cdot 500 = 1,70$$

Lag 5 $t = 1000$

$$\Delta p = 6,46 + 10,4 + 4,4 = 21,26$$

$$S_o = \frac{21,26}{11203} \cdot 1000 = 1,90$$

Lag 6 $t = 1000$

$$S_o = \frac{15}{15514} \cdot 1000 = 0,97$$

33

31,37

OPPDRAG
JOB TITLEFORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Skipsbarrieren

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.SIDE
PAGE

17

SIGN. *RAL*DATO
DATE 13/8-02KONTR.
CONTR.DATO
DATE

Mengde etterfylling p.g.a. primært konsolidering.

Felt	Omr.	Areale	Setning	Volum
1	1	28.70	0,50 m	980 m ³
1	2	21.70	0,75 m	1103 "
1	3	16.70	1,05 m	1176 "
-	-	-	3258,5	-
2	1	28.70	0,42 m	823 m ³
2	2	21.70	0,73 m	1073 "
2	3	16.70	0,95 m	1064 "
-	-	-	2960	-
3	1	28.40	0,05 m	56 m ³
3	2	21.40	0,17 m	143 "
3	3	16.40	0,33 m	211 "
-	-	-	410	-
11700 m ²				6629 m ³

Gjennomsnitt 56,7 cm setning.

KONTROLL KOMMENTAR: HVA MED FGENSETNINGER? (1-2% AV FYLLINGS-
HØYDEN). TID-SETNINGSKURVER? 17/9-02 *Asgh*



OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE

18

FORSØK / BEREKNING
SUBJECT

SETNINGER, SKUTSBATERIET

SIGN.

DATO
DATE

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

-7

-10,5

-13

cm/m

1,6

Hjelpet kurve
for vurdering
av setninge
under bergnet
nivå

3,5

2 3

1 2



OPPDRAG
JOB TITLE

Ny Opera

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 19

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBAETTERE

SIGN. PAL

DATO
DATE 13/9-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

TID/SETNING

SLAM

Tid/setningsforløp for slamlagig beregnes med regnmark fra E-18 prosjektet.

Forutsetninger : $C_v(\text{SLAM}) = 1,5 \text{ m}^2/\text{år} = C_H$

Ekvivalent diameter av dren : $d_w = 2(10+0,4)/\pi = 6,6 \text{ cm}$

Ekvivalent diameter av drenstikler : $d_{st} = 40/\pi = 12,7 \text{ cm}$

Forhold mellom diameter omrørt sone og ekvivalent

drensdiameter : $s = d_s/d_w = 1,6 d_{st}/d_w = 3,09$

Forhold mellom horisontal og omrørt permeabilitet :

$$\beta = k_h/k_s = 3,5$$

Konsolideringsgrad horisontalt U_h , beregnes i dette regnmark.

Konsolideringsgrad vertikalt U_v , beregnes av

$$T_v = \frac{C_v t}{H^2}$$

og tas så ut av A-kurven fra Janbu's Grunnlag.

Konsolideringsgrad for kombinert drenering :

$$U_{vh} = 1 - (1 - U_v)(1 - U_h)$$

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE 20FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBAATERIENE

SIGN.

DATO
DATE 18-02KONTR.
CONTR.DATO
DATESlamlag $H = 1,0 \text{ m}$

t	$T_v = \frac{C_r t}{H^2}$	U_v	U_h	U_{vh}
0,1	0,15	0,43	0,089	0,48
0,2	0,30	0,6	0,169	0,67
0,3	0,45	0,72	0,240	0,79
0,4	0,6	0,8	0,310	0,86
0,5	0,75	0,88	0,369	0,92
1,0	1,5	0,98	0,605	0,99
1,4	2,1	0,99	0,727	1,0

Slamlag $H = 1,6 \text{ m}$

t	$T_v = \frac{C_r t}{H^2}$	U_v	U_h	U_{vh}
0,1	0,059	0,32	0,089	0,38
0,2	0,117	0,39	0,169	0,49
0,3	0,176	0,46	0,240	0,59
0,4	0,234	0,52	0,310	0,67
0,5	0,293	0,59	0,369	0,74
1,0	0,586	0,78	0,605	0,913
1,4	0,82	0,89	0,727	0,97
1,8	1,055	0,95	0,818	0,99



OPPDRA
JOB TITLE

NY OPØIA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 21

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

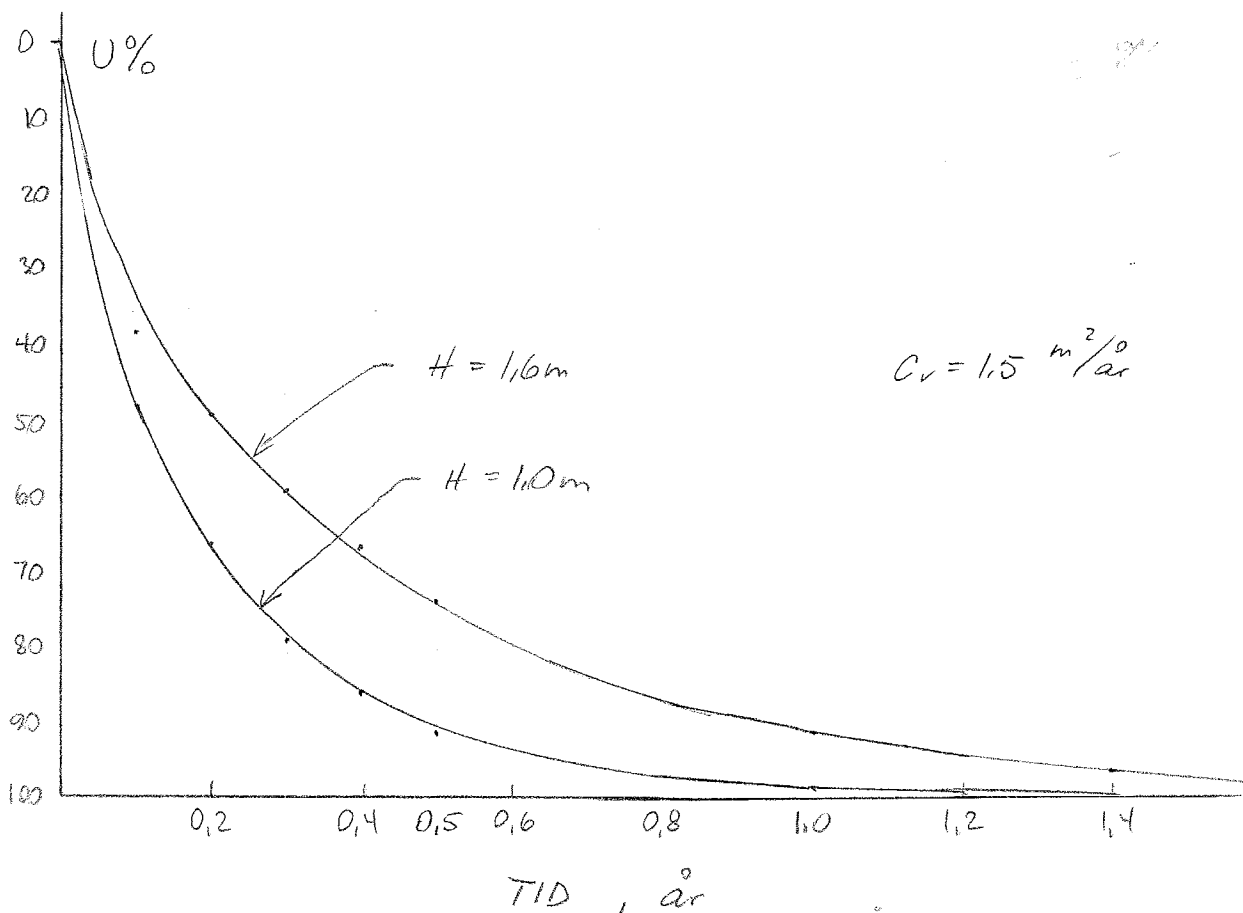
SETNINGER, SKIPSBARRIERE

SIGN.

DATO
DATE 18/9-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE



Setning i slam lag etter : (cm)

Område 1, $H = 1\text{m}$

Område 2, $H = 1,6\text{m}$

	▽ - 6	▽ - 4	▽ - 2	▽ - 6	▽ - 4	▽ - 2
$\frac{1}{2}$ år	16,7	22,1	26,0	17,2	25,6	31,5
1 år	18,2	24,1	28,3	21,3	31,6	38,9
2 år	18,4	24,3	28,6	23,3	34,6	42,6

OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE 22FORSØK / BEREKNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBARTERIE

SIGN.

DATO
DATE 18/9-02KONTR.
CONTR.DATO
DATELEIRE

Dreneringen går gjennom de tre øverste "bergningslagene" med leire, ned til bote - 23.

Vertikaldreneringen regisjeres og setningsforløpet beregnes med regneark fra E-18 prosjektet.

Område 1

Lag 1	$C_v = 8,3 \text{ m}^2/\text{år}$	Lag 2	$C_v = 6,9 \text{ m}^2/\text{år}$
t	U	t	U
0,1	0,40	0,1	0,35
0,2	0,64	0,2	0,57
0,4	0,87 ^{0,91}	0,4	0,82 ^{0,87}
0,6	0,95	0,6	0,92
1,0	0,99	1,0	0,99

Lag 3	$C_v = 5,5 \text{ m}^2/\text{år}$
t	U
0,1	0,29
0,2	0,49
0,4	0,74 ^{0,805}
0,6	0,87
1,0	0,97
1,4	0,99



OPPDRA
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE
23

FORSØK / BEREKNING
SUBJECT

SETNINGER, SUKPSBARTIERE

SIGN.

DATO
DATE
18/9-02

KONTR
CONTR.

DATO
DATE

Område 2

Lag 1 $c_v = 8,4 \text{ m}^2/\text{år}$ Lag 2 og 3 som før

t U

0,1 0,41

0,2 0,65

0,4 0,88

0,6 0,96

1,0 0,99

Område 3

Lag 1 $c_v = 9 \text{ m}^2/\text{år}$ Lag 2 og 3 som før

t U

0,1 0,43

0,2 0,67

0,4 0,89

0,6 0,96

1,0 1,0

OPPDRAG
JOB TITLE

NY OPERA

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE 24FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBARRIERE

SIGN.

DATO
DATE 18/9-02KONTR.
CONTR.DATO
DATE

For lagene under lag 3, foregår det kun vertikaldrenning, antatt tid til full konsolidering

er i

$$t_{100} = \frac{20^2}{8} = 50 \text{ år}$$

(50%) $t_{50} = 10 \text{ år}$

(15%) $t_{15} = 1 \text{ år}$

(11%) $t_{11} = \frac{1}{2} \text{ år}$

EGENSETNING I FYLLINGEN

Antas å være 1,5% og antas å komme i løpet av 6 mnd etter at fyllingen er lagt, kfr. Statens Vegvesen, Håndbok 146.

OPDRAG
JOB TITLE

NY OPERA

OPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583SIDE
PAGE 25FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

SETNINGER, SKIPSBARRIERE

SIGN.

DATO
DATE 18/9-02KONTR.
CONTR.DATO
DATE

SEKUNDÆR SETNINGER :

$$\text{Slam} \quad r_s = \frac{m}{0,045} = \frac{3,6}{0,045} = 80$$

$$\text{Leire} \quad r_s = \frac{17}{0,045} = 375$$

SLAM :

$$H = 1,0 \quad t_p = 1 \text{ år}$$

$$S(10 \text{ år}) = \frac{1}{80} \ln 9 \cdot 100 = 2,7 \text{ cm}$$

$$S(50 \text{ år}) = \frac{1}{80} \ln 49 \cdot 100 = 4,9 \text{ cm}$$

$$H = 1,6 \quad t_p = 2 \text{ år}$$

$$S(10 \text{ år}) = \frac{1}{80} \ln 4 \cdot 100 = 2,8 \text{ cm}$$

$$S(50 \text{ år}) = \frac{1}{80} \ln 24 \cdot 160 = 6,4 \text{ cm}$$

LEIRE, lag 1, 2 og 3:

Konsolideringstiden er for alle tilfellene ~ 1 år

Sekundærsetninger blir derfor:

$$S(10 \text{ år}) = \frac{1}{320} \ln 9 \cdot H = 0,00687 \cdot H$$

$$S(50 \text{ år}) = \frac{1}{320} \ln 49 \cdot H = 0,0122 \cdot H$$

Steinfylling,

Sekundærsetninger i steinfylling blir ubetydelig



OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Sitningsberegninger

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. *RAL*

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE 26

DATO
DATE 18/9-02

DATO
DATE

Tid/setning for Område 1, ∇ -6

År	Fylling 3,5	Slam	250		500		500		500		500		SUM cm
			Lag 1		Lag 2		Lag 3		Lag 4		Lag 5 +		
			So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm	
Bygg	—		2,8		3,6		2,8		1,9		5,1		16,2
½	5,3	16,7	2,8	8,5	3,6	4,7	2,8	0,6	1,9		5,1		52,0
1	5,3	18,2	2,8	9,3	3,6	5,4	2,8	0,7	1,9		5,1		55,1
2		18,4											
10	5,3	21,1	2,8	11,0	3,6	8,8	2,8	4,1	1,9		5,1		66,5
50	5,3	23,3	2,8	12,4	3,6	11,5	2,8	6,8	1,9		5,1		75,5

Tid/setning for Område 1, ∇ -4

	5,5												
Bygg	—		2,8		3,6		2,8		2,9		7,8		19,9
1/2	9,4	22,1	2,8	13,3	3,6	10,2	2,8	3,7	2,9		7,8		78,6
1	9,4	24,1	2,8	14,6	3,6	11,7	2,8	4,6	2,9		7,8		84,3
2		24,3											
10	9,4	27,0	2,8	16,3	3,6	15,1	2,8	8,0	2,9		7,8		95,7
50	9,4	29,2	2,8	17,7	3,6	17,8	2,8	10,7	2,9		7,8		104,7

Tid/setning for område 1, ∇ -2

	7,5												
Bygg	—		2,8		3,6		2,8		2,7		10,9		22,8
1/2	11,3	26,0	2,8	16,7	3,6	18,4	2,8	9,7	2,7	0,2	10,9		105,1
1	11,3	28,3	2,8	18,3	3,6	21,2	2,8	12,1	2,7	0,3	10,9		114,3
2		28,6											
10	11,3	31,3	2,8	20,0	3,6	24,6	2,8	15,5	2,7	1,0	10,9		126,5
50	11,3	33,5	2,8	21,4	3,6	27,3	2,8	18,2	2,7	2,0	10,9		136,5



OPPDRAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Sitningsberegninger

OPPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIGN. *RAL*

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE 27

DATO
DATE 14/9-02

Tid/setning for Område 2, ∇ -6												
° Ar	Fylling 2,5	Slam	290		500		500		500		500	
			Lag 1		Lag 2		Lag 3		Lag 4		Lag 5+	
			So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm
Bygg	—		3,3		3,6		2,1		1,3		3,8	
1/2	3,8	17,2	3,3	3,8	3,6	0,5	2,1		1,3		3,8	
1	3,8	21,3	3,3	4,1	3,6	0,6	2,1		1,3		3,8	
2		23,3										
10	3,8	26,1	3,3	6,1	3,6	4,0	2,1	3,4	1,3		3,8	
50	3,8	29,7	3,3	7,6	3,6	6,7	2,1	6,1	1,3		3,8	
SUM cm												
Tid/setning for Område 2, ∇ -4												
Bygg	4,5		3,3		3,6		2,8		2,2		6,9	
1/2	6,8	25,6	3,3	9,8	3,6	6,1	2,8	1,5	2,2		6,9	
1	6,8	31,6	3,3	10,7	3,6	7,0	2,8	1,9	2,2		6,9	
2		34,6										
10	6,8	37,4	3,3	12,7	3,6	10,4	2,8	5,3	2,2		6,9	
50	6,8	41,0	3,3	14,2	3,6	13,1	2,8	8,0	2,2		6,9	
Tid/setning for område 2, ∇ -2												
Bygg	6,5		3,3		3,6		2,8		2,7		8,0	
1/2	10,0	31,5	3,3	14,1	3,6	10,3	2,8	3,7	2,7	—	8,0	
1	10,0	38,9	3,3	15,3	3,6	11,8	2,8	4,6	2,7	—	8,0	
2		42,6										
10	10,0	45,4	3,3	17,3	3,6	15,2	2,8	8,0	2,7	0,15	8,0	
50	10,0	49,0	3,3	18,8	3,6	17,9	2,8	10,7	2,7	0,3	8,0	
SUM cm												



OPPDRA
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Ny Opera

Setningsberegninger

OPPDRA
CONTRACT NO.
2000/583

SIGN. *RAH*

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE 28

DATO
DATE 14/9-02

DATO
DATE

Tid/setning for Område 3, ∇ -6

År	Fylling 1	Slam	600 Lag 1		500 Lag 2		500 Lag 3		500 Lag 4		Lag 5 +		SUM cm
			So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm	So	Scm	
Bygg			2,5		1,1		0,7		0,5		0,3		5,1
½	1,5	-	2,5		1,1		0,7		0,7		0,3		6,6
1	1,5	-	2,5		1,1		0,7		0,7		0,3		6,6
2		-											
10	1,5	-	2,5	4,1	1,1	3,4	0,7	3,4	0,7		0,3		17,5
50	1,5	-	2,5	7,3	1,1	6,1	0,7	6,1	0,7		0,3		26,1

3

Tid/setning for Område 3, ∇ -4

Bygg			7,5		3,1		1,9		1,1		3,4		17,0
½	4,5	-	7,5		3,1		1,9		1,1		3,4		21,5
1	4,5	-	7,5		3,1		1,9		1,1		3,4		21,5
2		-											
10	4,5	-	7,5	4,1	3,1	3,4	1,9	3,4	1,1		3,4		32,4
50	4,5	-	7,5	7,3	3,1	6,1	1,9	6,1	1,1		3,4		41,0

5

Tid/setning for område 3, ∇ -2

Bygg			7,9		3,6		2,7		1,7		4,5		20,4
½	7,5	-	7,9	9,0	3,6	2,6	2,7		1,7		4,5		39,5
1	7,5	-	7,9	9,7	3,6	3,0	2,7		1,7		4,5		40,6
2		-											
10	7,5	-	7,9	13,8	3,6	6,4	2,7	3,4	1,7		4,5		51,5
50	7,5	-	7,9	17,0	3,6	9,1	2,7	6,1	1,7		4,5		60,1



OPDRAG
JOB TITLE

Ny Opera

OPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 29

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Skipsbarriere

SIGN. *RAK*

DATO
DATE 18/9-02

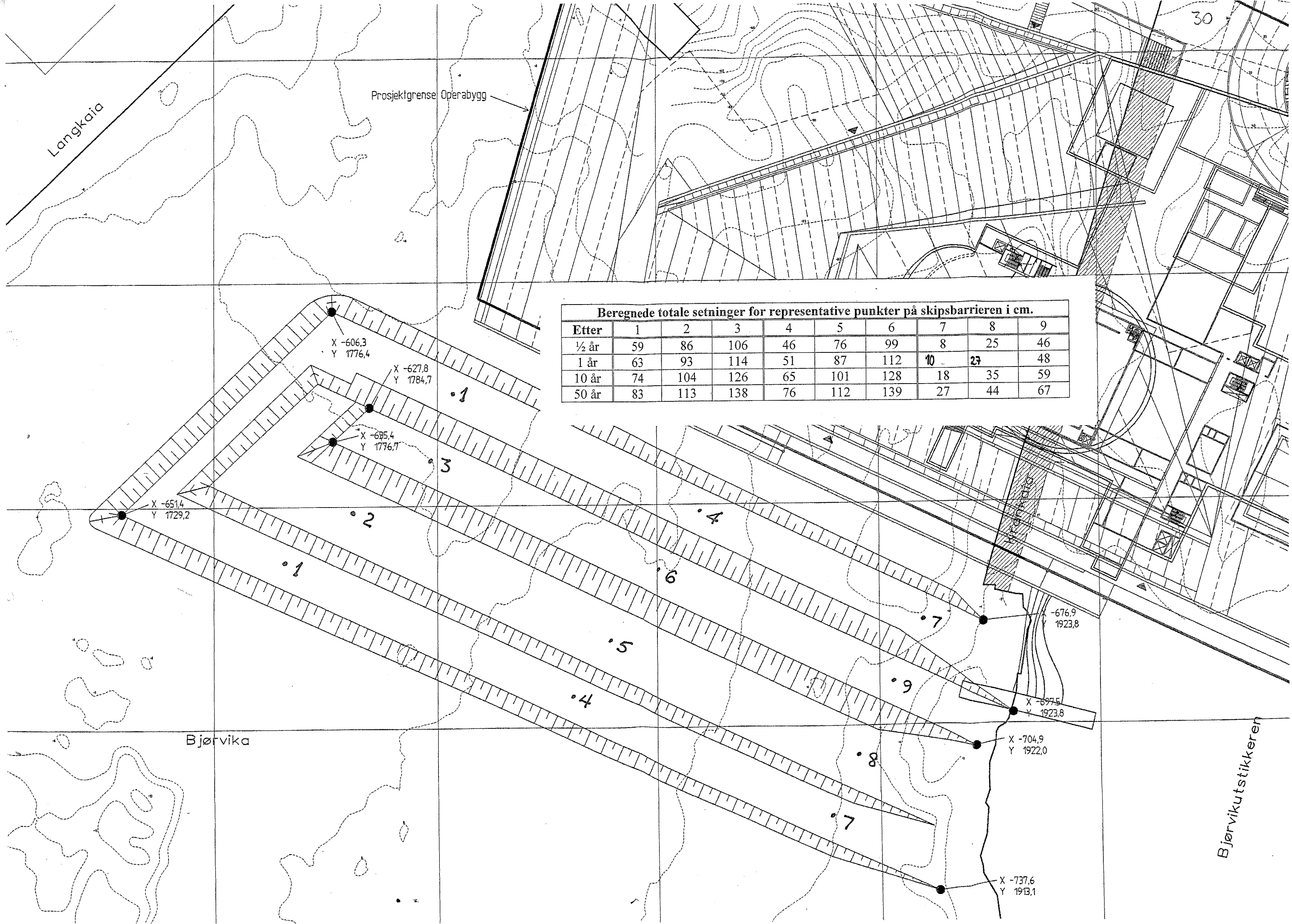
KONTR.
CONTR.

DATO
DATE

REVIDERT BEREGNING

En revidert beregning er utført med $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ for fyllingen.

Resultatet viser en økning i setningen på ca. 10 %, og resultatet av disse nye beregningene er oppsummert på tegningen på neste side, uten at de nye beregningene er dokumentert.



Beregnete totale setninger for representative punkter på skipsbarrieren i cm.									
Etter	1	2	3	4	5	6	7	8	9
½ år	59	86	106	46	76	99	8	25	46
1 år	63	93	114	51	87	112	10	27	48
10 år	74	104	126	65	101	128	18	35	59
50 år	83	113	138	76	112	139	27	44	67



OPPDRA
JOB TITLE

OPERA

OPPDRA
CONTRACT NO.
20001583

SIDE
PAGE 31

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

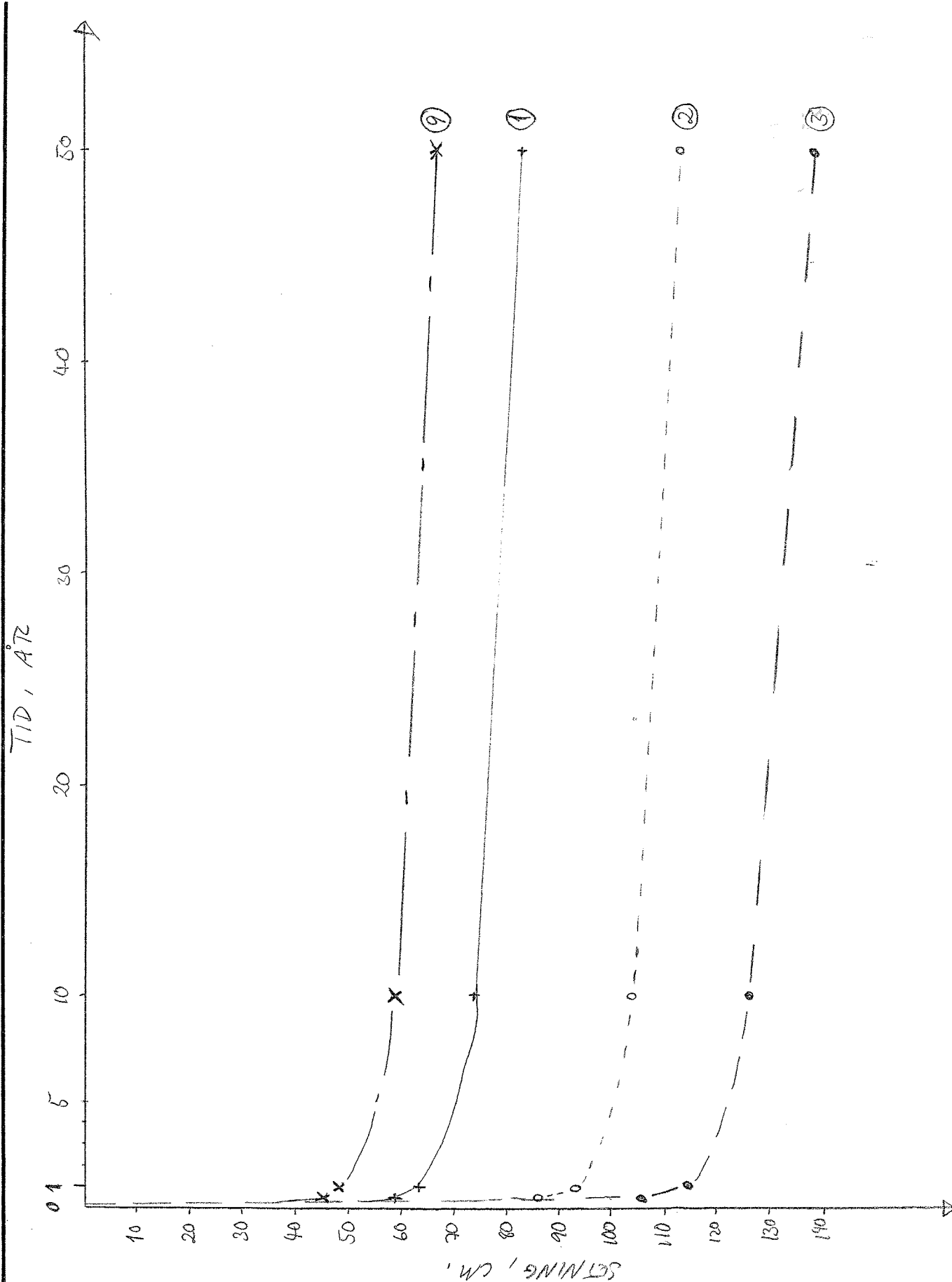
SETNINGER SHIPSBAETTELER.

SIGN.

DATO
DATE 17/8-02

KONTR.
CONTR.

DATO
DATE



Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Konsolidering med vertikaldren

Slam

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Input

ch (m ² /år)	1.5					
dw (m)	0.066					
n	18		24		30	
s	3		3		2	
β	5	5.3404764	3.5	3.78506265	10	6.90066526
Output		0.74305556		0.74609375		0.74888889
α	6.44037344	1.8429526	5.15141745	2.11244855	8.87191609	2.72013971
de (m)	1.188		1.584		1.98	

Tid (år) Tr Ur Tr Ur Tr Ur

0.05	0.05314084	0.06387815	0.02989172	0.04535999	0.0191307	0.01710263
0.1	0.10628167	0.12367589	0.05978344	0.08866245	0.0382614	0.03391276
0.2	0.21256334	0.23205605	0.11956688	0.16946388	0.0765228	0.06667545
0.4	0.42512669	0.41026209	0.23913376	0.31020975	0.15304561	0.12890528
0.6	0.63769003	0.54711434	0.35870064	0.42710428	0.22956841	0.18698591
0.8	0.85025338	0.6522092	0.47826752	0.52418941	0.30609122	0.24119399
1	1.06281672	0.73291616	0.5978344	0.60482211	0.38261402	0.29178772
1.4	1.48794341	0.84249053	0.83696817	0.72741015	0.53565963	0.38308002
1.8	1.91307009	0.9071107	1.07610193	0.81197018	0.68870523	0.46260426

↑
Bivert

19/9-02
 RM

Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Område 1
 Lag 1

Konsolidering med vertikaldren

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Input

ch (m ² /år)	8.3					
dw (m)	0.066					
n	24		20		30	
s	3		3		3	
β	3.5	3.78506265	5	5.36946756	5	5.43813083
Output		0.74609375		0.744375		0.7475
α	5.15141745	2.11244855	6.56588027	1.94078771	7.01647436	2.32584353
de (m)	1.584		1.32		1.98	

Tid (år)	Tr	Ur	Tr	Ur	Tr	Ur
0.05	0.16540085	0.22652557	0.23817723	0.251886	0.10585655	0.11369563
0.1	0.3308017	0.4017373	0.47635445	0.44032544	0.21171309	0.21446457
0.2	0.66160341	0.64208175	0.95270891	0.68676439	0.42342618	0.38293408
0.4	1.32320682	0.87189452	1.90541781	0.90188345	0.84685236	0.61922965
0.6	1.98481022	0.95414871	2.85812672	0.9692664	1.27027854	0.7650396
0.8	2.64641363	0.98358899	3.81083563	0.99037314	1.69370472	0.85501394
1	3.30801704	0.9941262	4.76354454	0.99698453	2.11713091	0.91053405
1.4	4.63122385	0.99924753	6.66896235	0.99970413	2.96398327	0.96593402
1.8	5.95443067	0.9999036	8.57438017	0.99997097	3.81083563	0.98702868

↑
 Brukt

19/2-02
 RA

Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Konsolidering med vertikaldren

Område 2

Lag 1

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Input

ch (m ² /år)	8.4					
dw (m)	0.066					
n	24		20		30	
s	3		3		3	
β	3.5	3.78506265	5	5.36946756	5	5.43813083
Output		0.74609375		0.744375		0.7475
α	5.15141745	2.11244855	6.56588027	1.94078771	7.01647436	2.32584353
de (m)	1.584		1.32		1.98	

Tid (år)	Tr	Ur	Tr	Ur	Tr	Ur
0.05	0.16739363	0.22891556	0.24104683	0.25449712	0.10713193	0.11498352
0.1	0.33478727	0.40542879	0.48209366	0.44422546	0.21426385	0.21674583
0.2	0.66957453	0.64648508	0.96418733	0.69111466	0.4285277	0.3865129
0.4	1.33914907	0.8750272	1.92837466	0.90458985	0.8570554	0.62363358
0.6	2.0087236	0.95582025	2.89256198	0.9705292	1.2855831	0.76910406
0.8	2.67829813	0.9843818	3.85674931	0.9908969	1.71411081	0.85834832
1	3.34787267	0.99447873	4.82093664	0.99718819	2.14263851	0.91309852
1.4	4.68702173	0.99930999	6.74931129	0.99973172	2.99969391	0.9672932
1.8	6.0261708	0.99991377	8.67768595	0.9999744	3.85674931	0.98769026

↑
BUNN

19/8-02
 (RA)

Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Konsolidering med vertikaldren

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Område 3

lag 1

Input

ch (m ² /år)	9					
dw (m)	0.066					
n	24		20		30	
s	3		3		3	
β	3.5	3.78506265	5	5.36946756	5	5.43813083
Output		0.74609375		0.744375		0.7475
α	5.15141745	2.11244855	6.56588027	1.94078771	7.01647436	2.32584353
de (m)	1.584		1.32		1.98	

Tid (år)	Tr	Ur	Tr	Ur	Tr	Ur
0.05	0.17935032	0.24310125	0.25826446	0.26997361	0.11478421	0.12267164
0.1	0.35870064	0.42710428	0.51652893	0.46706147	0.22956841	0.23029494
0.2	0.71740129	0.67179049	1.03305785	0.71597652	0.45913682	0.40755413
0.4	1.43480257	0.89227852	2.0661157	0.91933066	0.91827365	0.64900789
0.6	2.15220386	0.96464479	3.09917355	0.97708801	1.37741047	0.79205617
0.8	2.86960514	0.98839608	4.1322314	0.99349246	1.83654729	0.87680454
1	3.58700643	0.99619148	5.16528926	0.99815171	2.29568411	0.92701336
1.4	5.021809	0.99958974	7.23140496	0.9998509	3.21395776	0.97438226
1.8	6.45661157	0.99995581	9.29752066	0.99998797	4.1322314	0.99100838

↑
BUNN

19/2-02
RA

Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Lag 2

Konsolidering med vertikaldren

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Input

ch (m ² /år)	6.9					
dw (m)	0.066					
n	24		20		30	
s	3		3		3	
β	3.5	3.78506265	3.5	3.75862729	10	10.8762617
Output		0.74609375		0.744375		0.7475
α	5.15141745	2.11244855	4.95504	1.94078771	12.4546052	2.32584353
de (m)	1.584		1.32		1.98	

Tid (år)	Tr	Ur	Tr	Ur	Tr	Ur
0.05	0.13750191	0.19227727	0.19800275	0.2736178	0.08800122	0.05495815
0.1	0.27500383	0.34758399	0.39600551	0.4723689	0.17600245	0.10689589
0.2	0.55000765	0.57435335	0.79201102	0.72160543	0.3520049	0.20236506
0.4	1.1000153	0.81882493	1.58402204	0.92249646	0.70400979	0.3637785
0.6	1.65002296	0.92288344	2.37603306	0.97842344	1.05601469	0.4925275
0.8	2.20003061	0.96717559	3.16804408	0.9939932	1.40801959	0.5952222
1	2.75003826	0.9860284	3.9600551	0.99832774	1.76002449	0.67713508
1.4	3.85005357	0.99746869	5.54407713	0.99987039	2.46403428	0.7945864
1.8	4.95006887	0.99954139	7.12809917	0.99998996	3.16804408	0.86931145

↑
BUNN

19/9-02
 RAL

Prosjekt: Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika
 Prosjekt nr.: 990016

Lag 3

Konsolidering med vertikaldren

Definisjoner

de	ekvivalent diameter av jord rundt dren
dw	ekvivalent diameter av dren
n	de/dw
ds	diameter av omrørt sone
s	ds/dw
kh	horisontal permeabilitet av jord
ks	permeabilitet av omrørt jord
β	kh/ks
ch	konsolideringskoeffisient for horisontal drenasje
t	tid

Input

ch (m ² /år)	5.5					
dw (m)	0.066					
n	24		20		30	
s	3		3		3	
β	3.5	3.78506265	5	5.36946756	5	5.43813083
Output		0.74609375		0.744375		0.7475
α	5.15141745	2.11244855	6.56588027	1.94078771	7.01647436	2.32584353
de (m)	1.584		1.32		1.98	

Tid (år) Tr Ur Tr Ur Tr Ur

0.05	0.10960297	0.1565125	0.15782828	0.17494163	0.0701459	0.07686382
0.1	0.21920595	0.28852884	0.31565657	0.31927868	0.14029181	0.1478196
0.2	0.4384119	0.49380879	0.63131313	0.53661849	0.28058361	0.27378857
0.4	0.87682379	0.74377046	1.26262626	0.78527757	0.56116723	0.47261695
0.6	1.31523569	0.87029886	1.89393939	0.9005016	0.84175084	0.6170084
0.8	1.75364759	0.93434642	2.52525253	0.95389428	1.12233446	0.72186712
1	2.19205948	0.96676674	3.15656566	0.97863546	1.40291807	0.79801672
1.4	3.06888328	0.99148466	4.41919192	0.99541255	1.9640853	0.89347745
1.8	3.94570707	0.99781812	5.68181818	0.99901497	2.52525253	0.94382181

↑
BTUVK

19/9-02

Vedlegg G Skipsbarriere – vurdering av betongplate

Til: Reinertsen Engineering ASA

v/: Tore Steigen

Fra: Norges Geotekniske Institutt

Dato: 2002-05-16

Prosjekt: 20001583 Ny Opera i Bjørvika

Utarbeidet av: Jan Klingenberg Holme

Kontrollert av: for Farrokh Nadim

Jan Holme
RA

Tittel: Skipsbarriere - vurdering av betongplate

1 INNLEDNING

I forbindelse med skipsbarriere for ny Opera i Bjørvika er det forutsatt at lettere skip kategorisert som C-F, ikke skal pløye barrieren, men løftes opp av barrieren. Dette oppnås ved at man har en lav helning på barrieren der disse skipene vil treffe, samt at man beskytter denne flaten med noe som sikrer mot penetrasjon.

I utgangspunktet var det forutsatt at man kunne bruke krysslagte gabion madrasser eller tilsvarende. Ved et skipsstøt vil det bli store trykkrefter mot flaten og istedenfor krysslagte gabion madrasser er det valgt å bruke betongplater (ca. 6 meter lange og ca. 6 meter brede) som legges ut med overlapp som vist i figur 1.

Dette notatet viser hvilke krefter som virker på den beskyttende flaten. Det er gjort en vurdering av trykket som virker på flaten. Det er gjort en vurdering av moment i platen og en vurdering av bæreevnen.

Utgangspunktet for dette notatet bygger på *NGI-rapport 990016 "Detalj og reguleringsplan E18 Bjørvika – Vedlegg A, Beskrivelse av regnemodell for energiopptak."/1/*