



# Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

## Rapportarkivet

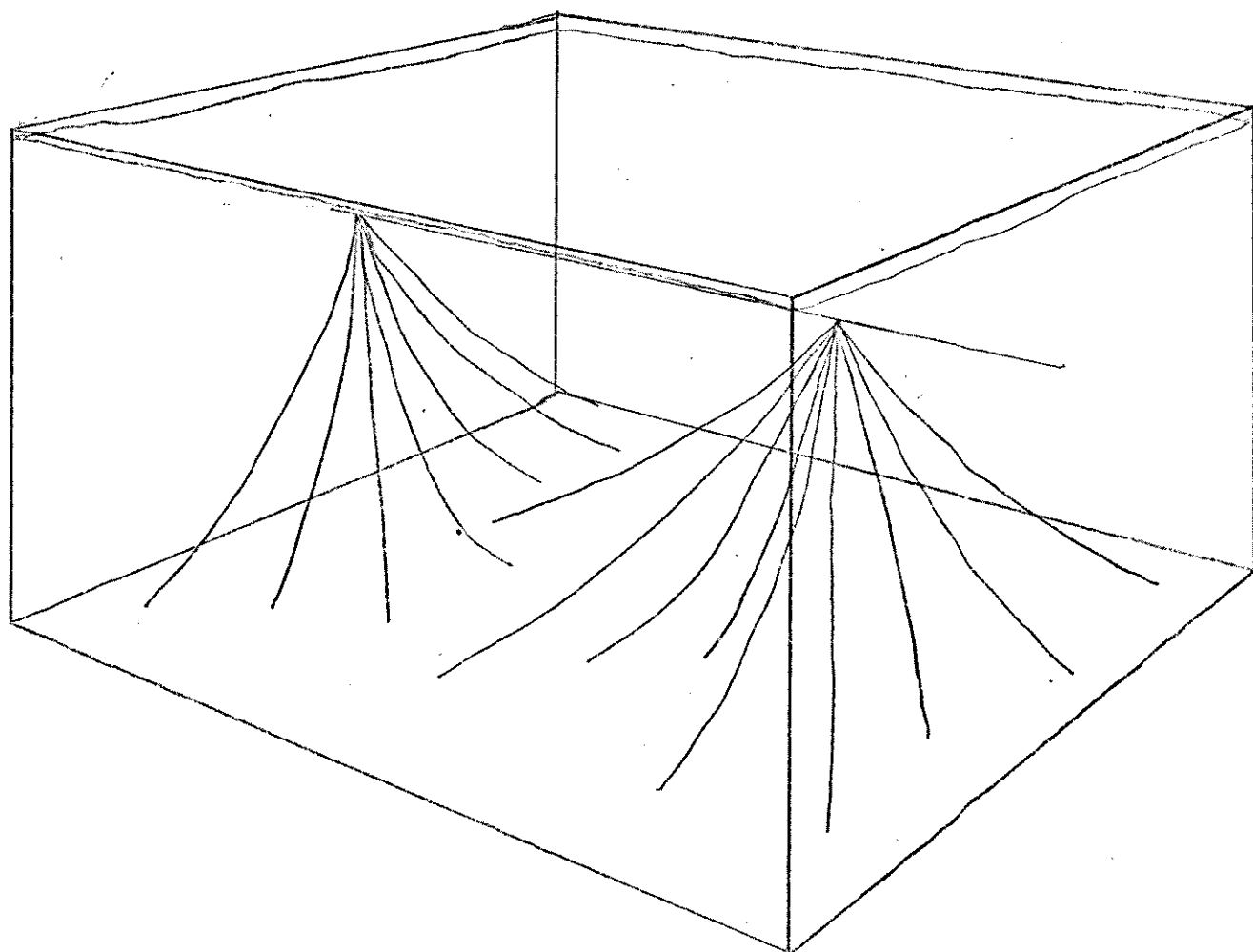
|                                                                                                                    |                    |                    |                                      |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Bergvesenet rapport nr<br><b>BV 201</b>                                                                            | Intern Journal nr  | Internt arkiv nr   | Rapport lokalisering<br>Trondheim    | Gradering           |
| Kommer fra ..arkiv                                                                                                 | Ekstern rapport nr | Oversendt fra      | Fortrolig pga                        | Fortrolig fra dato: |
| Tittel<br><b>Utbygging av eventuelt oljefelt på Malangengrunnen ved tunnel fra land.<br/>Prosjektoppgave 1983.</b> |                    |                    |                                      |                     |
| Forfatter<br>Wullum, Geir                                                                                          |                    | Dato<br>25.05 1983 | Bedrift<br>Inst. for gruvedrift, NTH |                     |
| Kommune                                                                                                            | Fylke              | Bergdistrikt       | 1: 50 000 kartblad                   | 1: 250 000 kartblad |
| Fagområde<br>Geologi<br>Bergmekanikk                                                                               | Dokument type      |                    | Forekomster<br>Malangengrunnen       |                     |
| Råstofftype<br>Olje                                                                                                | Emneord            |                    |                                      |                     |
| Sammendrag                                                                                                         |                    |                    |                                      |                     |

# UTBYGGING AV EVENTUELT OLJEFELT PÅ MALANGSGRUNNEN VED TUNNEL FRA LAND

INSTITUTT FOR GRUVEDRIFT

GEIR WULLUM

PROSJEKTOPPGAVE 1983



Mottatt fra prof. Kai Nilsen.

1/6-83

OK.

NTH

Prosjektoppgave

Fag

22028

Gruvedrift III

våren 1983

Geir Wullum

## F O R O R D

Denne prosjektoppgaven i fag 22028 gruvedrift III, ble gjennomført for å søke å få klarhet i hvilke problemer en vil støte på ved oljeutvinning fra undersjøiske rom, og hva det eventuelt ville kunne komme til å koste.

I denne forbindelse vil jeg få takke førsteamanuensis Kai Nielsen ved Institutt for Gruvedrift, og gruppeleder Tor Berge Stray Gjersvik ved PETEK for velvillig bistand.

Trondheim, 25.mai 1983

*Geir Wullum*  
Geir Wullum

## Litteraturliste

Prosjektrapport 1-79, Fullprofilboring av tunneler,  
Institutt for Anleggsdrift, revidert 1981.

Prosjektrapport 2-81, Tunneldrift ved oljeutvinning  
til havs, Institutt for Anleggsdrift.

Tunnels & Tunnelling, July, 1980, Bernard Walton,  
Tunnelling for oil beneath the sea - A new solution?

Tunnels & Tunnelling, September, 1980, Bernard Walton,  
Tunnelling for oil: The system and its construction.

Tunnels & Tunnelling, October, 1980, Bernard Walton,  
Tunnelling for oil: What it all would cost.

CIM Bulletin, February, 1977, Harold L. Snyder &  
William Winsor, Memorial University of Newfoundland,  
Mining Technology For Offshore Hydrocarbon Development.

## I N N H O L D

### Kap.

0. Sammen drag.
1. Generelt.
2. Geologi og bergmekanikk.
3. Teknisk løsning.
4. Borefasen.
5. Produksjonsfasen.
6. Kostnader - Tidsforbruk.
7. Figurer

Innhold

side:

0. Sammendrag

0- 1

## 0. Sammen drag.

Det ble forutsatt at det var funnet oljefelter på Malangsgrunnen som vist på fig. 3.1.1.1. På grunnlag av geologiske forutsetninger og dybdeforhold ble tunneltrace og endelig dybde valgt.

Alle beregninger er basert på helkontinuerlig drift.

Under tunneldriving etableres basisstasjoner (fig.3.2.1) med nødvendige servicefunksjoner med 4,3 - 7,0 km mellomrom. Disse vil senere fungere som pumpe og kompressorstasjoner. Bore/produksjonsområdene drives ut med kontinuerlige kuttemaskiner. Bore/produksjonsområdene er tilpasset feltets størrelse. Alle åpninger i sedimentene er sikret med profilerte stålplater.

Tunneldriving og klargjøring av bore/produksjonsområdene til produksjonsboring tar mindre enn 6 år. Den første brønnen kan bores før det har gått 4 år.

Totale kostnader frem til installering av bore- og produksjonsutstyr, renter i anleggstiden inklusive, blir på 5,2 milliarder kroner.

## Innhold

|                                                                                                     | side: |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.0 Generelle betraktninger                                                                         | 1- 1  |
| 1.0.1 Motivasjon                                                                                    | 1- 1  |
| 1.0.2 Fordeler ved tunnel fra land og<br>underjordisk produksjon fremfor<br>konvensjonell utbygging | 1- 1  |
| 1.0.3 Kjent teknologi                                                                               | 1- 2  |
| 1.1 Forutsetninger for oppgaven og<br>utførelsen av den                                             | 1- 2  |
| 1.1.1 Forutsetninger                                                                                | 1- 2  |
| 1.1.2 Utførelsen                                                                                    | 1- 3  |
| 1.1.2.0 Generelt                                                                                    | 1- 3  |
| 1.1.2.1 Anleggstid                                                                                  | 1- 3  |
| 1.1.2.2 Åpning av store rom                                                                         | 1- 3  |
| 1.1.2.3 Gjennomføring av produksjons-<br>boring                                                     | 1- 4  |
| 1.1.2.4 Sikkerhet ved katastrofer                                                                   | 1- 4  |
| 1.1.2.5 Arbeidsmiljø                                                                                | 1- 5  |
| 1.2 Konklusjon                                                                                      | 1- 5  |

## 1. Generelt.

## 1.0 Generelle betraktninger.

## 1.0.1 Motivasjon.

Konvensjonell utbygging av oljefelter med gravitasjons-plattformer er svært kostbart, og lite fleksibelt med henblikk på utvinning av marginale forekomster og fremtidig utvinning av faste mineraler på kontinentalsokkelen. På denne bakgrunn ble interessen samlet om en tunnel-løsning, enten fra land eller fra en gravitasjonsplattform.

## 1.0.2 Fordeler ved tunnel fra land og underjordisk produksjon fremfor konvensjonell utbygging.

- I En er uavhengig av vanndyp og bunnforhold.
- II Meteorologiske forhold vil verken påvirke anleggsarbeide, installasjon, boring, produksjon, transport og i svært liten grad lasting.
- III Ingen eller svært få installasjoner på havbunnen.
- IV Lavere investeringer til prosessutstyr og rørgater.
- V Lavere vedlikeholdsutgifter.
- VI Lavere driftsutgifter.
- VII Enklere og billigere transport av personell og materiell.
- VIII Minimal risiko for økologiske forstyrrelser ved katastrofer.
- IX Betydelig høyere personlig sikkerhet for ansatte.

### 1.0.3 Kjent teknologi.

Utenfor England og Japan er det kullgruvedrift under havbunnen, så det å drive tunneler og åpne rom i sedimenter under havet er langt fra revolusjonerende.

TBM brukes i dag til tunneldriving over hele verden, i alle mulige bergarter.

Det er her forutsatt at det tas i bruk en ny hydraulisk bormaskin til produksjonsboring. Denne representerer bare en utvikling av dagens kommersielle stigortmaskiner.

Boring med hele brønnen under trykk, er så vidt en vet noe nytt, men ved hjelp av pakkbokser, evt. i kombinasjon med labyrinttetninger har en kontroll med større trykk i andre sammenhenger.

Produksjons- og prosessutstyr må evt. tilpasses av bygningsmessige årsaker.

Det er med andre ord ikke behov for å utvikle ny teknologi, kun tilpasse den eksisterende.

## 1.1 Forutsetninger for oppgaven og utførelsen av den.

### 1.1.1 Det forutsettes:

- at det er funnet fire olje/gassfelter på Malangsgrunnen (fig. 3.1.1.1).
- at forekomsten ligger på 3.000 m dyp.
- at det er funnet et kompetent lag ved 1.000 m dyp, med rimelige verdier for trykkfasthet og kryping i forhold til den lokale spenningstilstand.

## 1.1.2 Utførelsen.

## 1.1.2.0 Generelt.

Med utgangspunkt i ovennevnte forutsetninger, ble følgende mulige problemområder definert:

1. Anleggstid.
2. Åpning av store rom.
3. Gjennomføring av produksjonsboring.
4. Sikkerhet ved katastrofer.
5. Arbeidsmiljø.

## 1.1.2.1 Anleggstid.

Ved å utnytte 21 skift i uka med avløsning på arbeidsstedet i kombinasjon med arbeids- og friperioder til regulering av samlet arbeidstid, oppnås en tilgjengelig drivetid på 160 timer i uka hele året. Dette i kombinasjon med skikkelige service- og vedlikeholdsrutiner samt et rikholdig reservedelslager, bør gi et høyt antall disponible maskintimer. Ved å benytte maskiner som tilfredstill de kravene som settes i punkt 3.5.1 antas en utnyttelsesgrad på 50% for å være rimelig.

Ved valg av trace er det lagt vekt på å begrense den totale tunnellengden. Hele feltet dekkes av 73,5 km tunneler.

## 1.1.2.2 Åpning av store rom.

Når det åpnes rom i berg vil det bli spenningskonsentrasjoner langs overflaten på rommet som varierer med rommets form og størrelse. Ved i størst mulig grad å unngå skarpe hjørner, og samtidig ha en pillartykkelse som er større enn rombredden, unngås de største spenningskonsentrasjonene. Alle tunneler og rom i sedimentene sikres med profilerte stålelementer.

### 1.1.2.3 Gjennomføring av produksjonsboring.

For å unngå innrasing i borhullet eller tap av boreslam, må hele borhullet stå under trykk. Det foreslås et ventilsystem kalt søylen (fig.4.2.1), og en prosedyre (se avsnitt 4.2) for å mestre dette.

### 1.1.2.4 Sikkerhet ved katastrofer.

Ved en forutgående geologisk kartlegging av tunneltrace'en og sonderboring fra den minste TBM hele veien i sedimentene, vil risikoen for katastrofale vann eller gassinntrengninger være så godt som eliminert. Videre har berget understøttelse hele tiden under driving av tunneler.

Risikoen for blow-out er minimal. Det bores i kjente formasjoner. Hele brønnen står under trykk, og overvåkes kontinuerlig. Den kan strupes eller stenges helt uten å aktivisere "blow-out preventer" (BOP). Den eneste muligheten for blow-out er dersom formasjonene under foringsrøret sprenges opp, og oljen, gassen eller vannet trenger seg frem på utsiden av foringsrøret. Fra nivå 1020 er det tre rømmingsveier, nødheis til nivå 1000, batteri/dieseldrevet smalsporet vognsett i tunnel  $\varnothing=3,0\text{m}$ , og batteri/dieseldrevet monorail vognsett i tunnel  $\varnothing=4,5\text{m}$ . Fra nivå 1000 er det to rømmingsveier, nødheis ned til nivå 1020, og monorail vognsett i tunnel  $\varnothing=4,5\text{m}$ .

Bore/produksjonsområdet har en rekke sperreporter (fig. 3.3.1 og 3.3.2), og er slik utformet at en fylling av nedre nivå ikke skal hindre trafikk på øvre nivå. Rømmingsvei til dykkerklokke på havbunnen har vært vurdert, men ble ikke funnet hensiktsmessig.

## 1.1.2.5 Arbeidsmiljø.

Ved å benytte de sikringsmetodene som er nevnt i avsnitt 3.4 med tilhørende prosedyrer, skal risikoen for blokkfall/sammenrasing være minimal.

Ved å utnytte de muligheter en har til god ventilasjon, og om nødvendig dusjing av kakset, skulle luftkvaliteten være tilfredstillende.

Under produksjonsboring og senere produksjon kan varmeutviklingen fra maskineriet by på problemer, avhengig av bergets temperatur. Det må da vurderes nærmere om en skal ta inn kjølevann gjennom rør i tunnel eller fra havbunnen, eller bore lange hull og legge rør for varmeveksling i disse.

## 1.2

## Konklusjon.

Når de nødvendige geologiske undersøkelser er gjennomført, og resultatene klare, er det fullt mulig å velge en trace og dybde som muliggjør feltutbygging i undergrunnen. Det forutsetter da at feltet ligger så nært land, evt. en installasjon som kan brukes som sjakttårn, at drivetiden blir rimelig.

De totale kostnadene, rentekostnader i anleggstiden inklusive, frem til installasjon av bore- og produksjonsutstyr, er på 5,2 milliarder kroner. En tilsvarende konvensjonell utbygging vil trolig kreve fire plattformer. Med et havdyp på 60-90m som det er på Malangsgrunnen, er gevinsten ved undersjøisk utbygging betydelig mindre enn ved større dyp. Anleggskostnadene for bore/produksjonsområdene må sies å være svært moderate, og marginalkostnadene pr. borehull er i overkant av 3/4 mill. kr.

Konklusjon fortsetter

## 1.2 Konklusjon.

Hva angår tidsforbruk bør en være i ferd med å bore den første brønnen i det første feltet før det har gått fire år, og i det siste feltet før det har gått 6 år.

Tunneldrift ut til feltene og oljeboring og produksjon fra rom under havbunnen, må sies å være et interessant alternativ i kystnære områder, foruten at det åpner muligheten for utvinning av andre mineralske råstoffer på kontinentalsokkelen.

## Innhold

|                 | side: |
|-----------------|-------|
| 2.0 Generelt    | 2- 1  |
| 2.1 Strandsonen | 2- 1  |
| 2.2 Sedimentene | 2- 1  |

## 2 GEOLOGI OG BERGMEKANIKK

### 2.0 Generelt.

Geologien langs den valgte tracéen ut til oljefeltene deles i to hoveddeler:

1. Strandsonen med granitt.
2. Sedimentene.

### 2.1 Strandsonen.

De geologiske og bergmekaniske egenskaper vil være delvis kjent fra tidligere anleggsvirksomhet i området. Behovet for ytterligere undersøkelser må vurderes ut fra tilgjengelige data.

### 2.2 Sedimentene.

- På kontinentet og de britiske øyer har det vært, og er fortsatt gruvedrift i sedimenter av samme alder som de som her er aktuelle.

Ved kullgruvedrift utenfor den engelske kyst har de ikke hatt nevneverdige vannproblemer. Brytningsmetodene er forskjellige rasbrytningsmetoder. Raset blir ikke særlig høyt da bergartene er forholdsvis plastiske.

Da det er store variasjoner i sedimentenes styrkeegenskaper, er det nødvendig med en omfattende analyse av prøveboringer for å finne et lag eller en lagpakke hvor drivetid, drivekostnad, sikringskostnad og senere borekostnad er optimert.

Dersom det er stor forskjell på de horisontale spenningene, må det vurderes om en skal legge borehallene parallelt med største horisontale spenning.

1.000 m dyp for tunnelene er valgt for å poengtere at dypet i seg selv ikke skaper problemer.

## Innhold

|                                                                | side: |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| 3.0 Generelt                                                   | 3- 1  |
| 3.1 Fullprofiltunneler                                         | 3- 2  |
| 3.1.1 Valg av tunneltracé                                      | 3- 2  |
| 3.1.2 Driving av fullprofiltunneler                            | 3- 2  |
| 3.1.3 Transportsystemer                                        | 3- 3  |
| 3.1.4 Utfyllende kommentarer                                   | 3- 4  |
| 3.2 Basisstasjoner                                             | 3- 5  |
| 3.3 Bore/Produksjonsområder                                    | 3- 6  |
| 3.3.0 Generelt                                                 | 3- 6  |
| 3.3.1 Utforming av bore/produksjonsområde                      | 3- 7  |
| 3.3.2 Driving av bore/produksjonsområde                        | 3- 7  |
| 3.3.3 Lasting og utkjøring av masse                            | 3- 7  |
| 3.3.4 Utstøping av bormaskinfundament                          | 3- 7  |
| 3.4 Sikring                                                    | 3- 8  |
| 3.4.0 Generelt                                                 | 3- 8  |
| 3.4.1 Sikring av tunneler                                      | 3- 8  |
| 3.4.2 Sikring av basisstasjoner og bore/<br>produksjonsområdet | 3- 8  |
| 3.5 Maskinspesifikasjoner                                      | 3- 9  |
| 3.5.0 Generelt                                                 | 3- 9  |
| 3.5.1 Maskinkrav TBM                                           | 3- 9  |
| 3.5.2 Maskinkrav kontinuerlige kuttemaskiner                   | 3- 10 |
| 3.6 Ventilasjon                                                | 3- 10 |

### 3. Teknisk løsning.

#### 3.0 Generelt

I og med at det er byggetiden som er den utslagsgivende faktor, er det av avgjørende betydning at alt blir lagt til rette for å holde en så høy inn-drift som mulig. Dette er her løst ved å ta i bruk fullprofilboring og kjøre 21 skift i uka.

I sedimentene må en regne med en viss innstrømming av metangass under driving. For å unngå problemer, er det valgt å gjøre følgende:

- I. Sørge for god ventilasjon.  
Den ene  $\varnothing=4,5\text{m}$  som frisklufttilførsel, de to andre tunnelene til avtrekk.
- II. Kontinuerlig overvåke metankonsentrasjonen på arbeidsplassene og eventuelt andre steder hvor det måtte bli nødvendig.
- III. Bruke utstyr sikret på samme måte som kullgruveutstyr.
- IV. Fylle rommet mellom sikringselementer og tunneloverflate.

I prinsipp vil fullprofilmaskinene gå kontinuerlig. Driving og bygging av basisstasjoner tar til fra den sentrale  $\varnothing=3,0$  tunnel og står ferdig en uke etter de to TBM  $\varnothing=4,5\text{m}$  har passert.

Sikring av tunnelene gjøres med stålprofiler klargjort for montering av skinnegang, rør og kabelgater.

Bore/produksjonsområdene drives ut med kontinuerlige kuttemaskiner og sikres med stålprofiler. Sikrings-elementene er også fundament for nødvendige installasjoner.

### 3.1 Fullprofiltunneler.

#### 3.1.1. Valg av tunneltracé (fig.3.1.1.1.).

Påhugg er valgt ut fra følgende hensyn:

- I. Kortest mulig drivetid.
- II. Kortest mulig tunnel.
- III. Rimelig fall på tunnelen av hensyn til skinnegående transport (fig. 3.1.1.2).
- IV. Tilstrekkelig dybde under havbunnen.
- V. Beskyttet havn med innseilings- og havneforhold som tillater anløp av skip med inntil 30 m dypgående. (500.000 dwt). (Fig.3.1.1.3).
- VI. Tilstrekkelige arealer til bygging av nødvendige overflateanlegg.
- VII. Kommunikasjonsforhold. 23 nautiske mil fra Langenes Lufthavn. (45 min. med hurtiggående skyssbåt).

#### 3.1.2. Driving av fullprofiltunneler.

Det drives tre parallelle tunneler, to  $\varnothing=4,5\text{m}$  og en sentral  $\varnothing=3,0\text{m}$  (fig.3.1.2.1) med fall 1:20. Etter 6 km flater den ut til 1:25, og etter ytterligere 15 km flater den ut til 1:50, som holdes de siste 5 km inntil 1.000 m dyp er nådd. Herfra fortsetter tunnelen horisontalt.

Basisstasjoner opprettes med ujevne mellomrom. Den siste basisstasjonen før en entrer et bore/produksjonsområde legges 1 km før området entres. Derfra og inn til bore/produksjonsområdet endres tunnelkonstellasjonen som vist på fig. 3.1.2.2.

- Tunnelene fortsetter slik gjennom hele feltet, 1 km etter passering bore/produksjonsområdet B2 er tunnelenes konstellasjon som før entring av bore/produksjonsområdet. Der bygges basisstasjon nr. 5. Tunnelene drives så mot basisstasjon nr. 6. Etter at TBM  $\varnothing=3,0$ m har passert basisstasjon nr. 6, går den gjennom felt C. TBM  $\varnothing=3,0$  m trekkes så tilbake til basisstasjon nr. 6, og går mot felt D foran 2 TBM  $\varnothing=4,5$ m. Etter at basisstasjon nr. 5 er ferdig, drives nisjer med kontinuerlige kuttemaskiner for påhugg med TBM er mot felt A. De to 4,5 m tunnelene i felt C drives med kontinuerlige kuttemaskiner. Etter å ha passert bore/produksjonsområdene A3, C2 og D2 går tunnelene 500 m med fall 1:50. Enden av tunnelen vil da fungere som pumpeump.

### 3.1.3 Transportsystemer.

I tunnel  $\varnothing=3,0$ m legges enkel smalsporet skinnegang. I tunneler  $\varnothing=4,5$  m legges dobbel smalsporet, enkel bredsporet skinnegang og enkel skinne i taket for monorail. (Fig. 3.1.3.1).

Enkel smalsporet bane brukes under driving til transport til nærmeste basisstasjon. Derfra og ut går transporten i venstre tunnel.

All inngående transport går i høyre tunnel til nærmeste basisstasjon.

Dobbel smalsporet bane brukes bare til trafikk begge veier fra siste basisstasjon og frem til stuff.

Enkel bredsporet bane brukes til transport av tyngre materiell, til bore/produksjonsområder. Vognene kan være inntil 12 m lange, og må ha svingbart understell. Akselavstand lik 7 m. Vognene hektes sammen med 2 m lange stag.

Vognsett bygd etter disse spesifikasjoner kan snu i basisstasjonene.

Transporten inn med bredsporet bane går i høyre tunnel, og ut i venstre tunnel.

Monorail brukes til person- og lettere godstransport. Monorail er valgt fordi denne dekker en mindre del av tverrsnittet, og gir dermed lavere energikostnader ved høye hastigheter. Monorail har samme fartsretning som bredsporet bane. For å holde faringstiden nede, bør hastigheten være over 120 km/h. Monorail og vredsporet skinnegang har sveisede skjøter.

Rørgater og kabelgater legges i den sentrale tunnelen.

#### 3.1.4 Utfyllende kommentarer.

Et fall på 1:20 kan virke svært bratt for skinnegående transport, spesielt siden 1:50 regnes for å være det maksimale. Dog har en i kullgruvene på Svalbard stigninger helt opp til 1:16 uten at det skaper spesielle problemer. Stigninger på 1:18 er forholdsvis vanlige. Dersom en likevel frykter problemer, kan det legges en 15 cm bred asfaltbane mellom skinnene.

Lokomotivet må da utstyres med ett eller flere gummi hjul som presses mot asfaltbanen, og sørger for fremdrift når en får traksjonsproblemer. Dette gjelder for både smal- og bredsporet bane. Monorail vil ikke ha problemer med stigningen da drivhjulene klemmes mot skinnen.

### 3.2. Basisstasjoner (fig. 3.2.1).

Basisstasjonene 1 og 2 drives ut konvensjonelt, disse ligger i granitt (fig. 3.1.1.2). De øvrige drives ut med kontinuerlige kuttemaskiner. I tilknytning til og i basisstasjonene legges penser og sløyfer som gjør det mulig å snu togsettene. Videre bygges et lite lager/verksted, og et formannskontor med toalett.

## 3.3- Bore/Produksjonsområder (fig. 3.3.1,3.3.2,3.3.3).

## 3.3.0 Generelt.

Av hensyn til produksjonsnivå og utvinningsgrad, er det ønskelig med høy hulltetthet.

For å spare tid og penger, er det valgt å drive ni store borehaller og produksjonshaller, fremfor en rekke små bore/produksjonsnisjer.

Den gjennomsnittlige hullavstanden på Ekofiskfeltet er ca. 1 km. Ved å halvere denne får en 4 brønner pr. km<sup>2</sup>.

Størrelsen på bore/produksjonsområdet avgjøres av følgende tabell:

| Felt | Areal (km <sup>2</sup> ) | Antall brønner | Antall brønner i område |    |    |
|------|--------------------------|----------------|-------------------------|----|----|
|      |                          |                | 1                       | 2  | 3  |
| A    | 32                       | 130            | 40                      | 50 | 40 |
| B    | 19                       | 76             | 40                      | 36 |    |
| C    | 10                       | 40             | 25                      | 15 |    |
| D    | 15                       | 90             | 40                      | 50 |    |

### 3.3.1 Utforming av bore/produksjonsområde.

Bore/produksjonsområdet er utformet på en slik måte at alt utstyr skal være lett tilgjengelig og raskt kunne skiftes ut.

Det er lagt smalsporet skinnegang til alle rom som inneholder tungt utstyr (kun bredsporet skinnegang er inntegnet på figur.).

Det er tatt hensyn til bergmekaniske spenningskonsentrasjoner ved valg av pilartykkelse og romutforming. Produksjonshallen er lagt 20 m lavere for å gi plass til søylen (se kap. 4).

### 3.3.2 Driving av bore/produksjonsområde.

Området åpnes av 2 kontinuerlige kuttemaskiner med arbeidsområde 4-6 m på nivå 1000, 1 med arbeidsområde 4-6m og 1 med arbeidsområde 3-4m på nivå 1020. Rømmingsvei/ventilasjonssjakt og heissjakt drives med stigortmaskin.

### 3.3.3 Lasting og utkjøring av masse.

Massen fraktes ut av området på belte, og lastes på smalsporet bane i tunnelene med  $\varnothing=4,5\text{m}$ . Kun en liten del går til tunnel  $\varnothing=3,0\text{m}$ .

All masse går i venstre tunnel fra nærmeste basisstasjon.

### 3.3.4 Utstøping av bormaskinfundament.

Maskinfundament med underliggende rom for søyletopp støpes med glideforskaling.

### -3.4 Sikring

#### 3.4.0 Generelt.

Det er valgt å bruke stålelementer som sikring sammen med injeksjon. Stålelementer er valgt da disse har et gunstigere vekt/styrkeforhold enn betongelementer. Dette gjør montering enklere og raskere.

#### 3.4.1 Sikring av tunneler.

Tunnelene sikres med profilerte stålelementer. Elementene er 60 cm brede og ca. 1 m lange (tilpasset tverrsnittet). Rommet mellom sikring og berg fylles med betong.

#### 3.4.2 Sikring av basisstasjoner og bore/produksjonsområder.

Sikringen består også her av stålelementer av omtrent samme størrelse. Så snart det er drevet til den endelige begrensningen, boltes elementene fast. Når hele området er sikret, danner elementene et selvbærende skall. Rommet mellom sikring og berg fylles med betong.

### 3.5 Maskinspesifikasjoner.

#### 3.5.0 Generelt.

På grunn av den antatte risikoen for metangass-inntrengning, er det nødvendig at alt utstyr er spesielt sikret på samme måte som kullgruveutstyr. Da det i større grad er drivetiden enn kostnadene som er avgjørende for om et slikt prosjekt er interessant eller ikke, må en undersøke alle muligheter som kan øke inndriften. Det kan for eksempel tenkes at rulleborkroner kan være mer effektive i sedimentene enn "disc cutters". De forsøk som ble gjort med vannjet-assisterte TBM'er i slutten av 1970-årene, kan igjen få ny aktualitet, da de ga meget høye inndrifter til høyere kostnader.

#### 3.5.1 Maskinkrav TBM'er.

TBM'ene må ha:

- Heldekkende skjold.
- Teleskopisk skjold som følger borhodet.
- Frontplate på borhodet.
- 4 hydrauliske bormaskiner montert på hovedmaskin for sonderboring og injisering gjennom skjoldet.
- Tilstrekkelig lang stempelbevegelse (2m) i hovedsylinder til at en rekke å sonderbore og injisere uten at inndriften blir hindret.
- Kapasitet for montering av sikringselementer med en fart av 4 m pr. time. Elementene monteres i bakre del av maskinskjoldet. Elementene er falset. Elementene settes på plass på samme side. En anordning skyver de monterte elementene av en seksjon så mye rundt at det kan monteres et nytt element. Ett element i minuttet gir i overkant av 4 m/h for  $\varnothing=4,5\text{m}$ .
- Mulighet for å overføre matekraften til de monterte sikringselementene.

- Godt tilpasset modulsystem for service og vedlikehold.
- En betongblander/pumpe i bakriggen for å fylle rommet mellom berg og sikringselementer.

#### 3.5.2 Maskinkrav kontinuerlige kuttemaskiner.

Kontinuerlige kuttemaskiner må ha:

- Klatreevne 1:5.
- Muligheter for å kunne fjernstyres når den må gå under usikret tak.

#### 3.6 Ventilasjon.

På grunn av usikkerheten med hensyn til metangass, har en valgt å la ventilasjonskostnadene være lineære.

Ventilasjonskostnadene knyttet til tunneldrivingen forutsettes også å dekke de øvrige ventilasjonskostnader.

## Innhold

|                                | side: |
|--------------------------------|-------|
| 4.0 Generelt                   | 4- 1  |
| 4.1 Bormaskinen                | 4- 1  |
| 4.2 Boring                     | 4- 3  |
| 4.2.1 Fremgangsmåte ved boring | 4- 3  |
| 4.3 Utfyllende kommentarer     | 4- 4  |

#### 4. Borefasen

##### 4.0 Generelt.

Da tradisjonelt boreutstyr for oljeboring krever stor byggehøyde for å få plass til tårnet med blokker, wire og stands, har en valgt å foreslå en ny type hydraulisk bormaskin.

##### 4.1 Bormaskin (fig. 4.1.1)

Bormaskinen har fire teleskopiske løfte/matesylindre med en total slaglengde på 11,25m. Bormaskinen har et sett manøverarmer (ikke vist på figur), som under boring griper et 10 meters borerør fra en bredsporet vogn i høyre skinnegang, og fører dette på plass. Ved heising skjer det motsatt. Bormaskinen forutsettes å være helautomatisk. En mann passer maskinen og flytter jernbanevognene etter behov. Hydraulpumper og tanker for hydraulikkolje er montert på en slede som hviler på samme fundament som bormaskin.

#### BORMASKIN SPESIFIKASJONER

Rotasjonseffekt: 600 kw

Rotasjonshastighet: 0 - 200 rpm.

Heisehastighet: Opp 0 - 1,5 m/s

Ned 0 - 2 m/s

Pumpetrukk: 25 MPa

Matekraft: 1.000 kN

Løfteevne: 1.750 kN

Matelengde: 11,25 m

Løftehastigheter/Syklustid sekunder.

|                                     |                    |    |
|-------------------------------------|--------------------|----|
| Heising av streng                   | 15                 | 15 |
| Låsing av streng                    | 4                  | 3  |
| Åpning av streng nede               | 3                  | 3  |
| Manøvreringsarm tar tak i borerør   | 5                  | 3  |
| Borerør løsnes oppe                 | 3                  | 3  |
| Borerør fjernes med manøvreringsarm | 5                  | 3  |
| Låring av maskin                    | 10                 | 7  |
| Streng gjenges på                   | 3                  | 3  |
| Låsing oppheves                     | 2                  | 2  |
| Syklustid                           | 50                 | 42 |
| Løftehastighet                      | 720 m/t 857 m/time |    |

#### 4.2 Boring.

På grunn av at boreområdet ligger så dypt som på 1.000 m, må en kompensere for det lokale hydrostatiske trykk på omkring 13 MPa. Dette er her løst ved at hele brønnen blir satt under trykk. Det brukes borerør med jevn ytre diameter.

##### 4.2.1 Fremgangsmåte ved boring.

Da en vil ha kjennskap til de underliggende formasjoner fra lete og avgrensningsbrønner, vil det velges en fremgangsmåte som tar hensyn til de forventede problemer. Det tas utgangspunkt i følgende fremgangsmåte:

- I : Det bores til 50 m under BOP nivå med 24" krone. Vann er spylemedium. Bormaskinens rotasjonsmotor brukes. Det brukes vektrør i kombinasjon med matekraft fra bormaskin. Hullet står ikke under trykk.
- II 20" foringsrør settes og BOP monteres.
- III Det bores 150 - 700 m med 17½" krone. Vann er fortsatt spylemedium. Dersom det ikke er nødvendig å sette hullet under trykk, brukes samme prosedyre som ved boring med 24" krone. Dersom hullet må settes under trykk, lukkes pakningsrammene om borestrengen (fig. 4.2.1). Så snart vektrørene gir tilstrekkelig WOB opphører matekraften fra bormaskinen.  
En turbin umiddelbart over borkronen sørger for rotasjon. Borestrengen holdes i ro.
- IV 13 3/8" foringsrør settes.

- V Det bores videre med 12 1/4" krone til reservoaret penetreres. Boreslam er spylemedium. Hele brønnen står nå under trykk. Returtrykket tilsvarer det lokale hydrostatiske trykk. Dette reduseres til normaltrykk gjennom en serie parallellkoblede reduksjonsventiler før slammet går til slambehandlingsenheten (fig. 4.2.2.). Det er montert en tilbakeslagsventil umiddelbart over borekronen slik at når trykket faller i borerøret, beholdes trykket i ringrommet. Hele slamsystemet er illustrert på fig. 4.2.3.
- VI 9 5/8" foringsrør settes.
- VII Brønnen gjøres klar for produksjon.
- VIII Alt unntatt nederste BOP element fjernes og erstattes med et "juletre".

#### 4.3 Utfyllende kommentarer.

I feltene A,B og D er det forutsatt at det brukes to bormaskiner i hver hall. På felt C brukes bare en i hver hall. Etter et hull er ferdigboret og klargjort for produksjon, trekkes bormaskinen 5 cm videre, spennes fast og borer videre. Flyttingen burde ikke ta mer enn en halv time. Under boring trenger en bemanning på fire, en ved bormaskinen, en ved reduksjonsventilene og en ansvarshavende med assistent i kontrollrom.

Innhold

side:

5.        Produksjonsfasen

5- 1

## 5. Produksjonsfasen

Produksjonen starter så snart "juletreet" har kommet på plass.

Det er prosjektert med en liten separator for hvert bore/produksjonsområde. Dette for å unngå tofaseproblemer under rørtransport til hovedprosessanlegg i dagen. Det kan diskuteres om det vil være tilstrekkelig med en større separator ved hvert felt, eller en stor separator med kapasitet til å dekke alle fire felt. Det er også prosjektert med kompressorer for injeksjon av gass.

Når produksjonen starter, vil det være strukket rørgater i tunnel  $\varnothing=3,0$  m, og opprettet det nødvendige antall

- pumpe/kompressorstasjoner ved basisstasjonene.

Det vil foregå boring og produksjon fra samme område til alle brønner er klare.

## Innhold

side:

|       |                                              |      |
|-------|----------------------------------------------|------|
| 6.0   | Generelt                                     | 6- 1 |
| 6.1   | Fullprofiltunneler                           | 6- 1 |
| 6.1.0 | Generelt                                     | 6- 1 |
| 6.1.1 | Fullprofiltunneler $\varnothing=4,5\text{m}$ | 6- 1 |
| 6.1.2 | Fullprofiltunneler $\varnothing=3,0\text{m}$ | 6- 1 |
| 6.1.3 | Kontinuerlige kuttemaskiner                  | 6- 1 |
| 6.1.4 | Driftsperioder maskiner                      | 6- 2 |
| 6.1.5 | Basisstasjoner                               | 6- 2 |
| 6.1.6 | Bore/produksjonsområder                      | 6- 3 |
| 6.2   | Samlede kostnader                            | 6- 4 |

Tabeller

|         |                                                           |
|---------|-----------------------------------------------------------|
| 6.1.0.1 | Tidsforbruk fullprofil TBM                                |
| 6.1.1.1 | Inndrifter fullprofilboring $\varnothing = 4,5 \text{ m}$ |
| 6.1.1.2 | Kostnader tunnel $\varnothing = 4,5 \text{ m}$            |
| 6.1.2.1 | Inndrifter fullprofilboring $\varnothing = 3,0 \text{ m}$ |
| 6.1.2.2 | Kostnader tunnel $\varnothing = 3,0 \text{ m}$            |
| 6.1.5.1 | Kostnader basisstasjoner                                  |
| 6.1.6   | Kostnader bore/produksjons-områder                        |

- 6 Kostnader - tidsforbruk

## 6.0 Generelt.

Det forutsettes at det kjøres 21 skift i uke, derav et vedlikeholdsskift. Skiftavløsning skjer på arbeidsstedet. Det settes så mange mann på hvert skift at en ikke får stopp for matpauser, toalettbesøk, fem-minutter og andre bagateller.

## 6.1 Fullprofiltunneler.

## 6.1.0 Generelt.

Det regnes med en totalutnyttelse på 50% etter å ha redusert for uforutsett vedlikehold, reparasjoner, luft, sonderboring og injeksjon. Tidsforbruk vist på tabell 6.1.0.1 og figur 6.1.

6.1.1 Fullprofiltunneler  $\varnothing=4,5\text{m}$ 

Inndrift og kostnader (se tab. 6.1.1.1 og 6.1.1.2 )

6.1.2 Fullprofiltunneler  $\varnothing=3,0\text{ m}$ 

Inndrift og kostnader (se tab. 6.1.2.1 og 6.1.2.2 )

## 6.1.3 Kontinuerlige kuttemaskiner.

Det er forutsatt brukt maskiner tilsvarende " Continuous Miner " med kuttknivene montert på ovale hoder for å øke manøverevnen. Slike maskiner brukes foruten til kullproduksjon også til rensking av ligg og strossing ved oppfaring.

På grunnlag av effekter og kostnader i kullgruver er det gjort følgende antagelser:

|         | Kull                      | Sediment                  |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| Effekt  | 200 m <sup>3</sup> /skift | 100 m <sup>3</sup> /skift |
| Kostnad | 100 kr/m <sup>3</sup>     | 200 kr/m <sup>3</sup>     |

Kontinuerlige kuttemaskiner betegnes som RH i tabeller.

## 6.1.4 Driftsperioder maskiner.

|              |     |     |   |     |
|--------------|-----|-----|---|-----|
| 1 TBM 3,0 m  | uke | 10  | - | 250 |
| 2 TBM 4,5 m  | "   | 10  | - | 260 |
| 1 TBM 3,0 m  | "   | 180 | - | 240 |
| 2 TBM 4,5 m  | "   | 180 | - | 250 |
| 1 RH 3 - 4 m | "   | 115 | - | 275 |
| 1 RH 3 - 4 m | "   | 150 | - | 260 |
| 1 RH 4 - 6 m | "   | 150 | - | 270 |
| 2 RH 4 - 6 m | "   | 150 | - | 260 |
| 1 RH 4 - 6 m | "   | 205 | - | 260 |
| 2 RH 4 - 6 m | "   | 230 | - | 275 |

## 6.1.5 Basisstasjoner.

Kostnader basisstasjoner er vist på tabell 6.1.5.1.

|                               |    |           |
|-------------------------------|----|-----------|
| Drivekostnader granitt        | kr | 360.000   |
| Drivekostnader sediment       | "  | 220.000   |
| Sikring og injeksjon granitt  | "  | 100.000   |
| Sikring og injeksjon sediment | "  | 1.500.000 |
| Bygging og utstyr             | "  | 150.000   |
| Skinnegang                    | "  | 30.000    |
| Nettokost granitt             | kr | 640.000   |
| Nettokost sediment            | kr | 1.900.000 |

|                      |                         |                 |
|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Fremføring: Høyspent | 80. kr/m                |                 |
| Vann                 | 60 kr/m                 |                 |
| Telefon              | 15 kr/m                 | <u>155 kr/m</u> |
| Utkjøring            | 2,50 kr/fm <sup>3</sup> |                 |

## 6.1.6 Bore/produksjonsområder.

Kostnader er vist på tabell 6.1.6.

|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Drivekostnad         | 200 kr/m <sup>3</sup>   |
| Sikringskost.        | 1.200 kr/m <sup>2</sup> |
| Fundamenteringskost. | 20.000 kr/m             |

## 6.2 Samlede kostnader.

De samlede anleggskostnader inkluderer alle kostnader unntatt leie av generatorer, inntil el.kraft er ført frem til påhugg, til feltet er klart for installering av bore- og produksjonsutstyr.

|      |                                       |          |              |
|------|---------------------------------------|----------|--------------|
| 511  | Tilrigging, byggearbeid               | mill.kr. |              |
| 1 11 | Transportanlegg                       |          |              |
| 1    | Kaianlegg                             | 5,0      |              |
| 2    | Veg                                   | 2,0      | <u>7,0</u>   |
| 2    | Telefon og el.kraft                   |          |              |
| 1    | Telefonsamband, 8km sjøkabel          | 1,2      |              |
| 2    | 20kV linje 8km sjøkabel               | 8,0 mill |              |
|      | 16 km landkabel                       | 2,4 mill | 10,4         |
| 3    | Trafoer                               | 0,8      |              |
| 4    | Lavspent fordeling                    | 0,4      | <u>12,80</u> |
| 3    | Brakker                               |          |              |
| 1    | Mannskapsbrakker, 200 mann a 60.000,- | 12,0     |              |
| 2    | Div. bygg for personalet              | 1,0      |              |
| 3    | Kontorer                              | 2,0      |              |
| 4    | Hjelpeanlegg                          | 3,0      |              |
| 5    | Pumpeanlegg                           | 10,0     | <u>28,0</u>  |

|     |                                             |          |                      |
|-----|---------------------------------------------|----------|----------------------|
| 512 | Tilrigginger, drift                         | mill.kr. |                      |
| 1   | Losseanlegg                                 | 0,5      |                      |
| 2   | Veg                                         | 0,5      |                      |
| 3   | Telefon og el.kraft                         | 0,5      |                      |
| 4   | Mannskapsbrakker, 200 mann                  | 21,0     |                      |
| 5   | Andre bygg for personalet                   | 1,0      |                      |
| 6   | Kontor, etc.                                | 0,8      |                      |
| 7   | Snørydding, etc.                            | 2,1      |                      |
| 8   | Bilhold arbeidssted                         | 10,0     | <u>36,4</u>          |
| 516 | Byggetekniske arbeider                      |          |                      |
| 1   | Forskjæring                                 |          | <u>0,8</u>           |
| 2   | Tunneller korrigert for prisstigning 81-83. |          |                      |
|     | 1. 1 tunnel Ø=3,0m 597,8 . 1,3 x)           |          |                      |
| •   | 2. 2 tunneler Ø=4,5m 1821,4 . 1,3 x)        |          | <u>3145,0</u>        |
| 3   | Basisstasjoner                              |          | <u>27,6</u>          |
| 4   | Bore/prosuksjonsområder                     |          | <u>518,9</u>         |
| 520 | Opprydding                                  |          | <u>2,0</u>           |
|     | Tilsammen                                   |          | 3778,5               |
|     | Investeringsavgift 8%                       |          | 302,3                |
|     | Prosjektering, administrasjon 20%           |          | <u>755,7</u>         |
|     | Sum ekskl.renter i byggetiden               |          | 4836,5               |
|     | Renter i byggetiden 5% realrente            |          | <u>396,9</u>         |
|     | Totalkostnader                              |          | <u><u>5233,4</u></u> |

x) Korreksjon for prisstigning 1981 - 1983

## TIDSFORBRUK FULLPROFIL TBM (UKER)

| Start uke 14        | Ø 3,0m |        | Ø 4,5m |        |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Basisst. 1 (7km)    | 30,43  | 44,43  | 35,71  | 49,71  |
| Basisst. 2 (7km)    | 30,43  | 74,87  | 35,71  | 85,43  |
| Basisst. 3 (7km)    | 28,50  | 103,37 | 33,23  | 118,66 |
| Basisst. 4 (6,7km)  | 24,81  | 128,18 | 28,63  | 147,29 |
| Felt B1 (1,0km)     | 3,70   | 131,88 | 4,27   | 151,56 |
| Felt B2 (2,3km)     | 8,52   | 140,40 | 9,83   | 161,39 |
| Basisst. 5 (1,0km)  | 3,70   | 144,10 | 4,27   | 165,66 |
| Basisst. 6 (7km)    | 25,93  | 170,03 | 29,91  | 195,57 |
| Felt C1 (1,0km)     | 3,70   | 173,73 | 40,7   | 237,7  |
| Felt C2 (3km)       | 11,11  | 184,84 |        |        |
| Felt C2+ (0,5km)    | 1,85   | 186,69 |        |        |
| Retur Basisst. 6    | 4,00   | 190,69 |        |        |
| Basisst. 7 (4,3km)  | 15,93  | 206,62 | 18,38  | 213,95 |
| Basisst. 8 (4,3km)  | 15,93  | 222,55 | 18,38  | 232,33 |
| Felt D1 (1,0km)     | 3,70   | 226,25 | 4,27   | 236,60 |
| Felt D2 (3,6km)     | 13,33  | 239,58 | 15,38  | 251,98 |
| Felt D2+ (0,5km)    | 1,85   | 241,43 | 2,14   | 254,12 |
| Start uke 172       |        |        |        |        |
| Basisst. 9 (4,6km)  | 17,04  | 189,04 | 19,66  | 191,66 |
| Basisst. 10 (4,6km) | 17,04  | 206,08 | 19,66  | 211,32 |
| Felt A1 (1,0km)     | 3,70   | 209,78 | 4,27   | 215,59 |
| Felt A2 (2,8km)     | 10,37  | 220,15 | 11,97  | 227,56 |
| Felt A3 (2,8km)     | 10,37  | 230,52 | 11,97  | 239,53 |
| Felt A3+ (0,5km)    | 1,85   | 232,37 | 2,14   | 241,67 |

RH

| INNDRIFTER                   | FULLPROFILBORING | Ø 4,5m   |
|------------------------------|------------------|----------|
| BERGART                      | GNEIS            | SEDIMENT |
| DRI                          | 49               | 75       |
| BWI                          | 33               | 20       |
| Oppsprekking (klasse)        | 1                | 11       |
| Vinkel                       | 0°               | 0        |
| Matekraft pr.kutter          | 20               | 20       |
| Red p.g.a. oppspr.           | 18               | 17,6     |
| Kuttekoeff.                  | 0,10             | 0,15     |
| Brutto M                     | 12,6             | 12,6     |
| Korr. HK $\frac{1100}{1050}$ | 1,05             | 1,05     |
| Korr. kuttekoeff.            | 1,5              |          |
| Andvendbar matekr.           | 19,8             | 13,2     |
| Inntrengning                 | 5,1              | 5,7      |
| Tillegg for oppspr.          |                  | 10%      |
| Korr. DRI = 49               |                  | 0,77     |
| Korrigert inntr.             | 5,1              | 6,1      |
| RPM                          | 8                | 8        |
| Netto inndrift m/h           | 2,45             | 2,93     |
| Utnyttelse                   | 50%              | 50%      |
| Ukeinndrift m                | 196              | 234      |

# Kostnader bore/produksjons-områder

| Felt                             | A1    | A2    | A3    | B1    | B2    | C1    | - C2  | D1    | D2    |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Volum (m <sup>3</sup> )          | 62900 | 73750 | 62900 | 62900 | 58560 | 46625 | 35775 | 62900 | 73750 |
| Overflateareal (m <sup>2</sup> ) | 27330 | 31105 | 27330 | 27330 | 25820 | 21668 | 17894 | 27330 | 31105 |
| Antall brønner                   | 40    | 50    | 40    | 40    | 36    | 25    | 15    | 40    | 50    |
| Drivekost. (mill.kr)             | 12,6  | 14,8  | 12,6  | 12,6  | 11,7  | 9,3   | 7,2   | 12,6  | 14,8  |
| Sikring, fundament.              | 36,8  | 42,3  | 36,8  | 36,8  | 34,6  | 28,5  | 23,0  | 36,8  | 42,3  |
| Sum I                            | 49,4  | 57,1  | 49,4  | 49,4  | 46,3  | 37,8  | 30,2  | 49,4  | 57,1  |
| Sum I x Avstn.fak.               | 53,6  | 62,2  | 54,1  | 52,2  | 49,2  | 40,8  | 32,8  | 54,2  | 63,1  |
| Utkjøring                        | 6,6   | 8,3   | 7,5   | 4,5   | 4,5   | 4,7   | 3,9   | 7,6   | 9,6   |
| Sum II                           | 60,2  | 70,5  | 61,6  | 56,7  | 53,2  | 45,5  | 36,7  | 61,8  | 72,7  |

$$\text{Avstandsfaktor} = 1 + 0,002 \times \text{Transportlengde}$$

## Innhold

## Figur:

- 3.1.1.1 Kart over tunneltracé
- 3.1.1.2 Bunn- og tunnelprofil fra påhugg
- 3.1.2.1 Tverrsnitt av tunnelsystem ved basisstasjon
- 3.1.2.2 Snitt over tunnelbaner
- 3.1.3.1 Monorail og bredsporet bane i tunnel  $\varnothing = 4,5$  m
- 3.2.1 Plankart over basisstasjon
- 3.3.1 Plankart over nivå 1000, boreområde B1
- 3.3.2 Plankart over nivå 1020, produksjonsområde B1
- 3.3.3 Vertikalsnitt - bore/produksjonsområde
- 4.1.1 Bormaskin på fundament
- 4.2.1 Søyلة med søyletopp
- 4.2.2 Slambehandlingssystem
- 4.2.3 Slamsystemet
- 6.1 Tidsplan for driving til, og oppfaring av oljefelt på Malangsgrunnen



# BUNN- OG TUNNEL - PROFIL FRA PÅHUGG

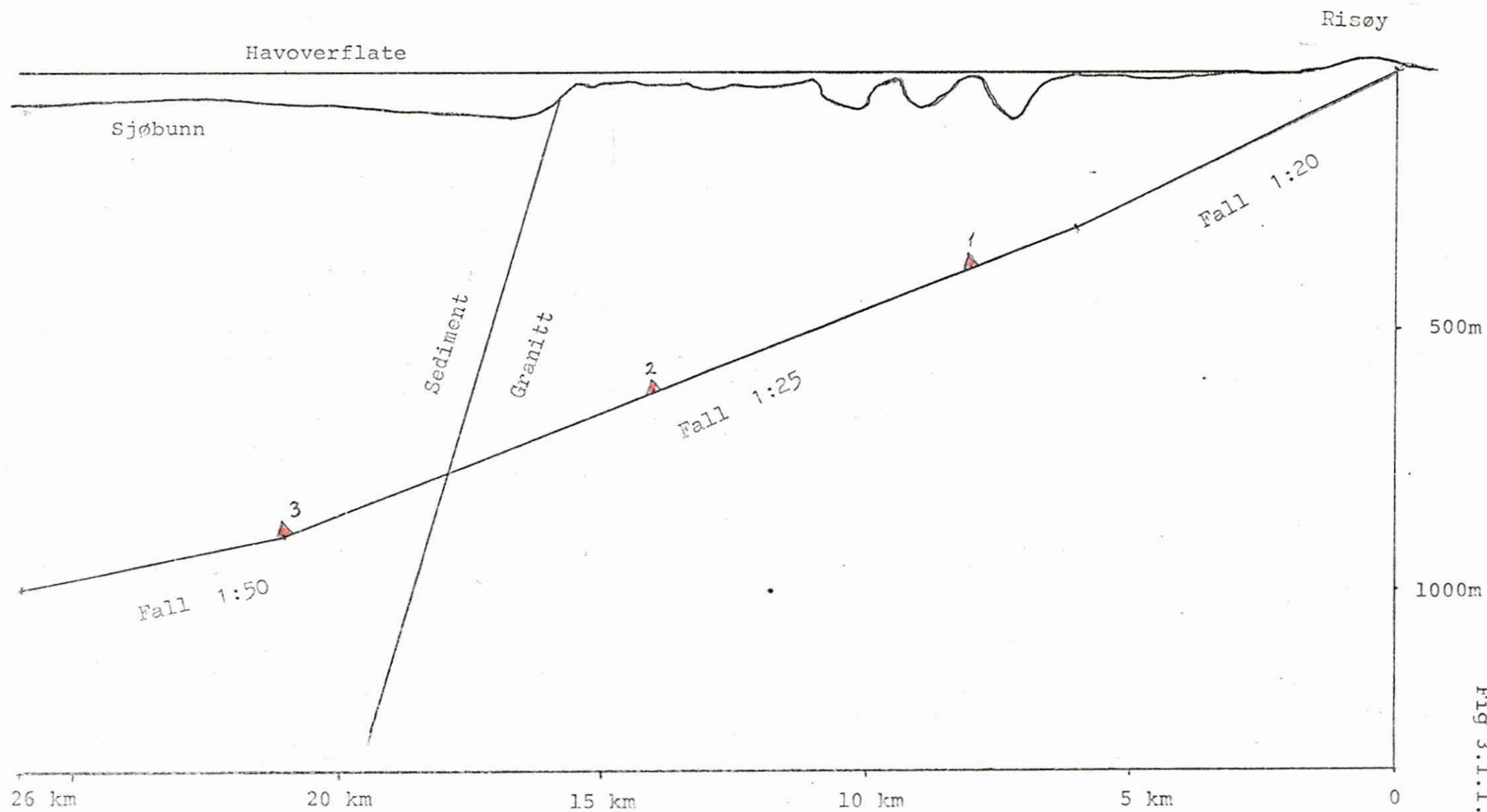
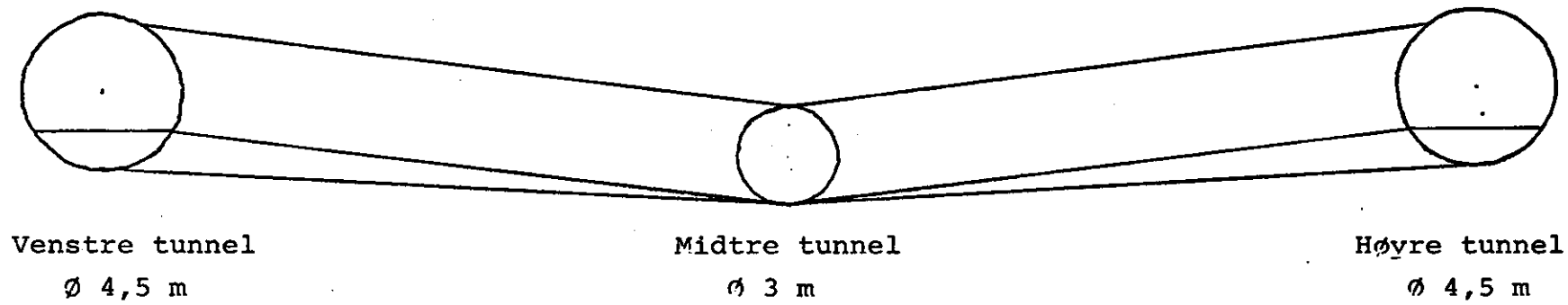


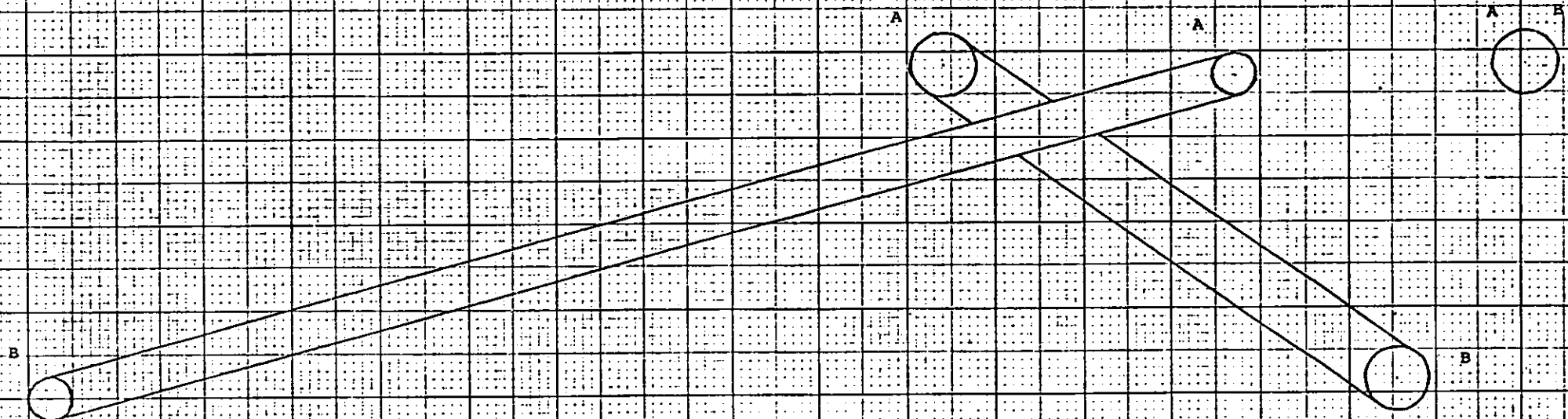
Fig 3.1.1.2

Tverrsnitt av tunnel-system  
ved basis-stasjon



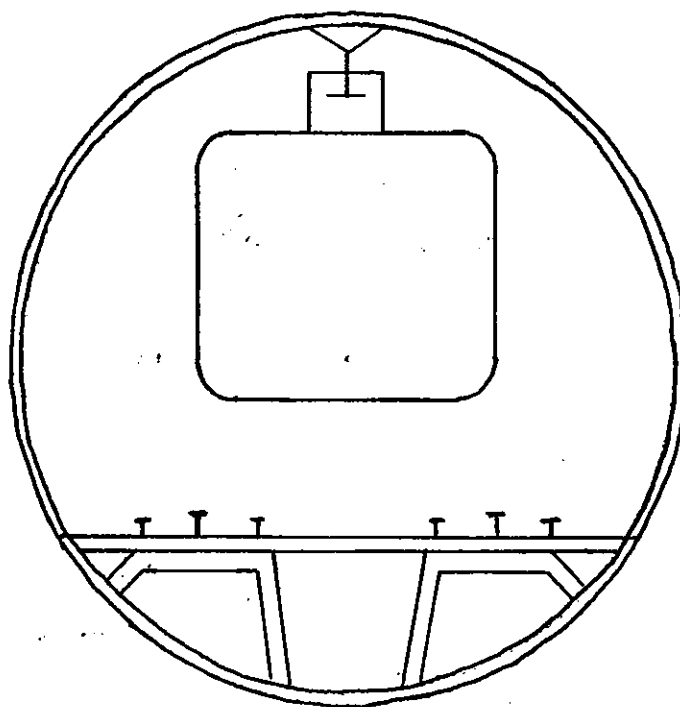
Målestokk : 1 : 200

Tunnelkonstellasjon ved driving A  
Tunnelkonstellasjon ved passering prod. område: B

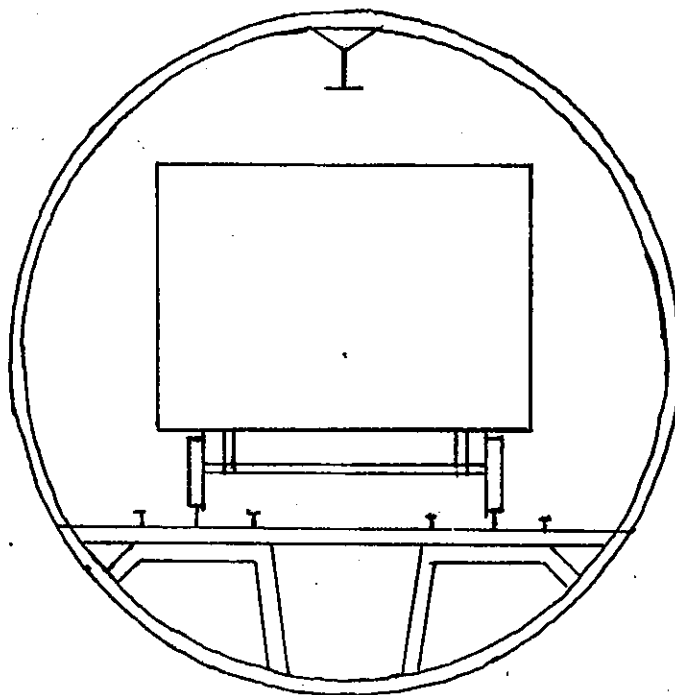


TUNNEL Ø 4,5 m

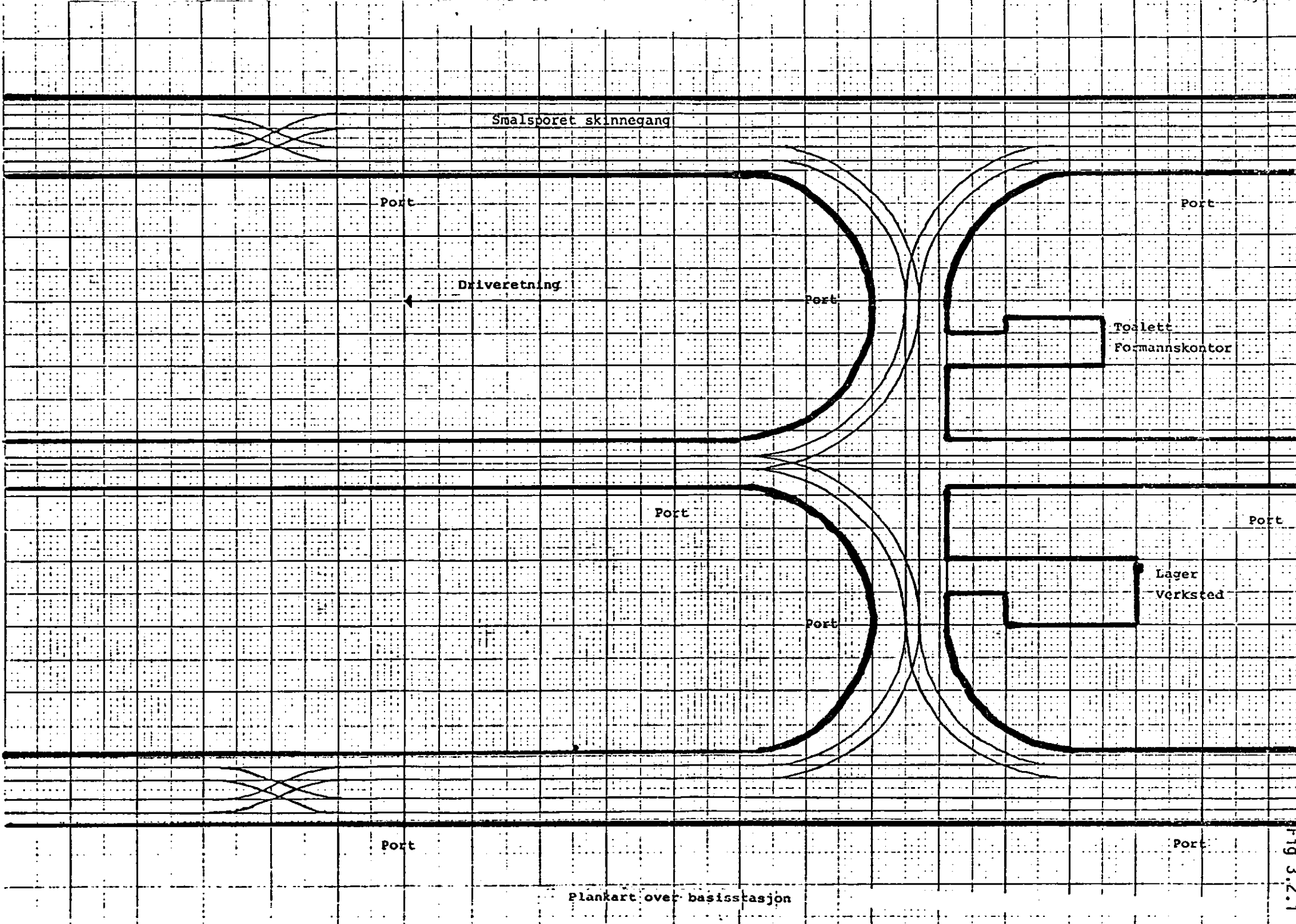
Monorail



Bredsporet bane for godstransport

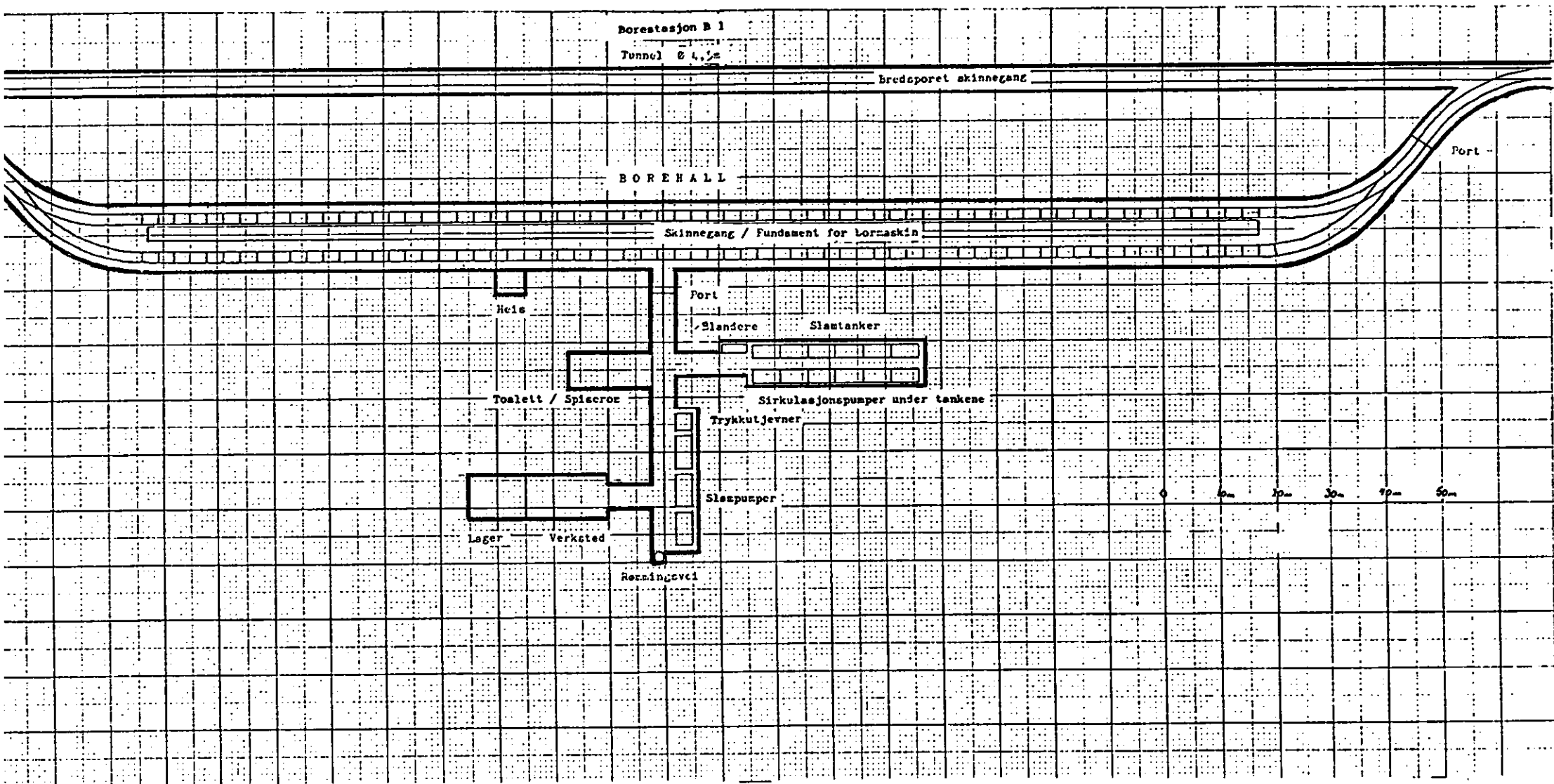


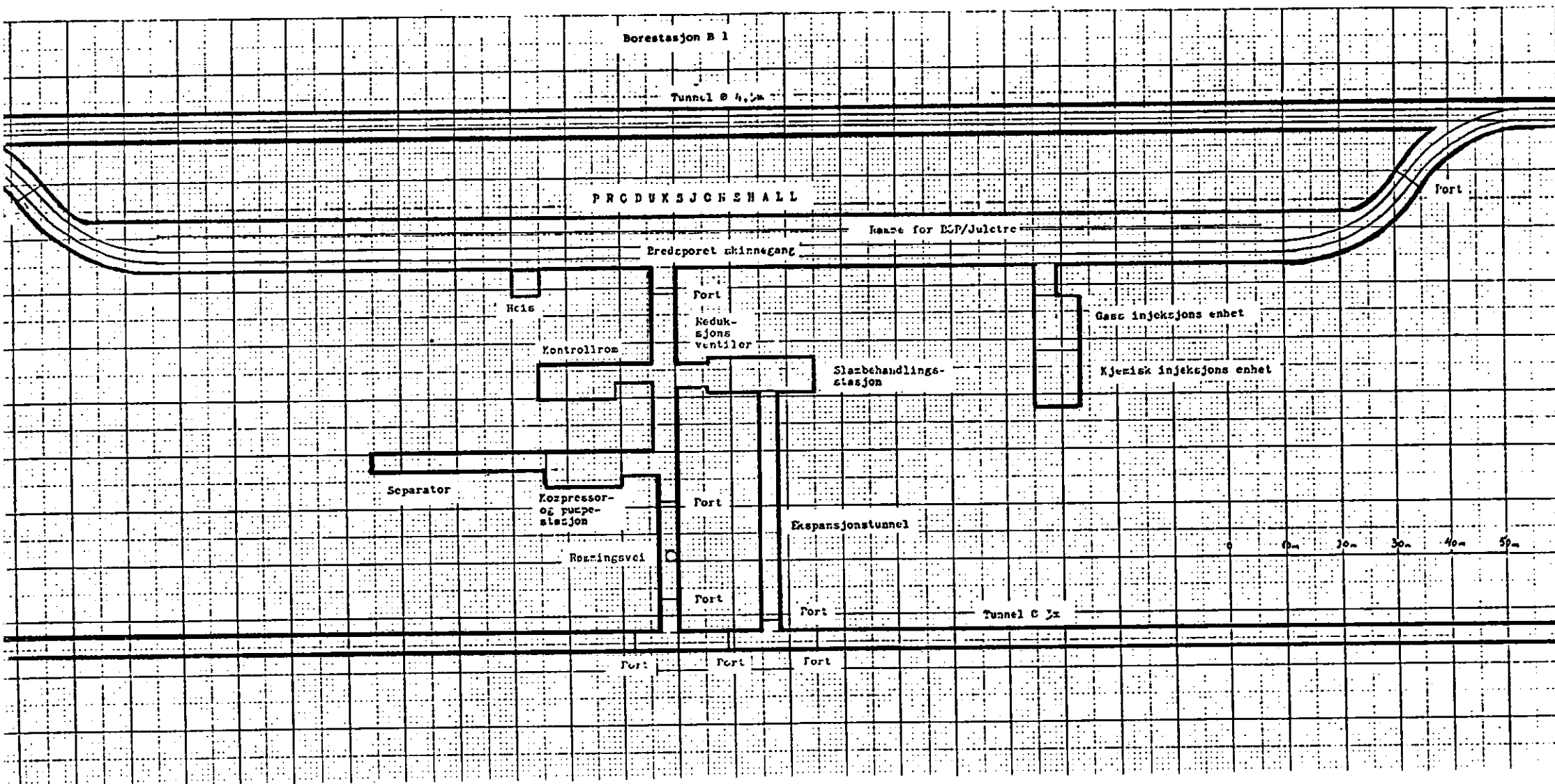
Målestokk : 1 : 50



# PLANKART OVER NIVÅ 1000

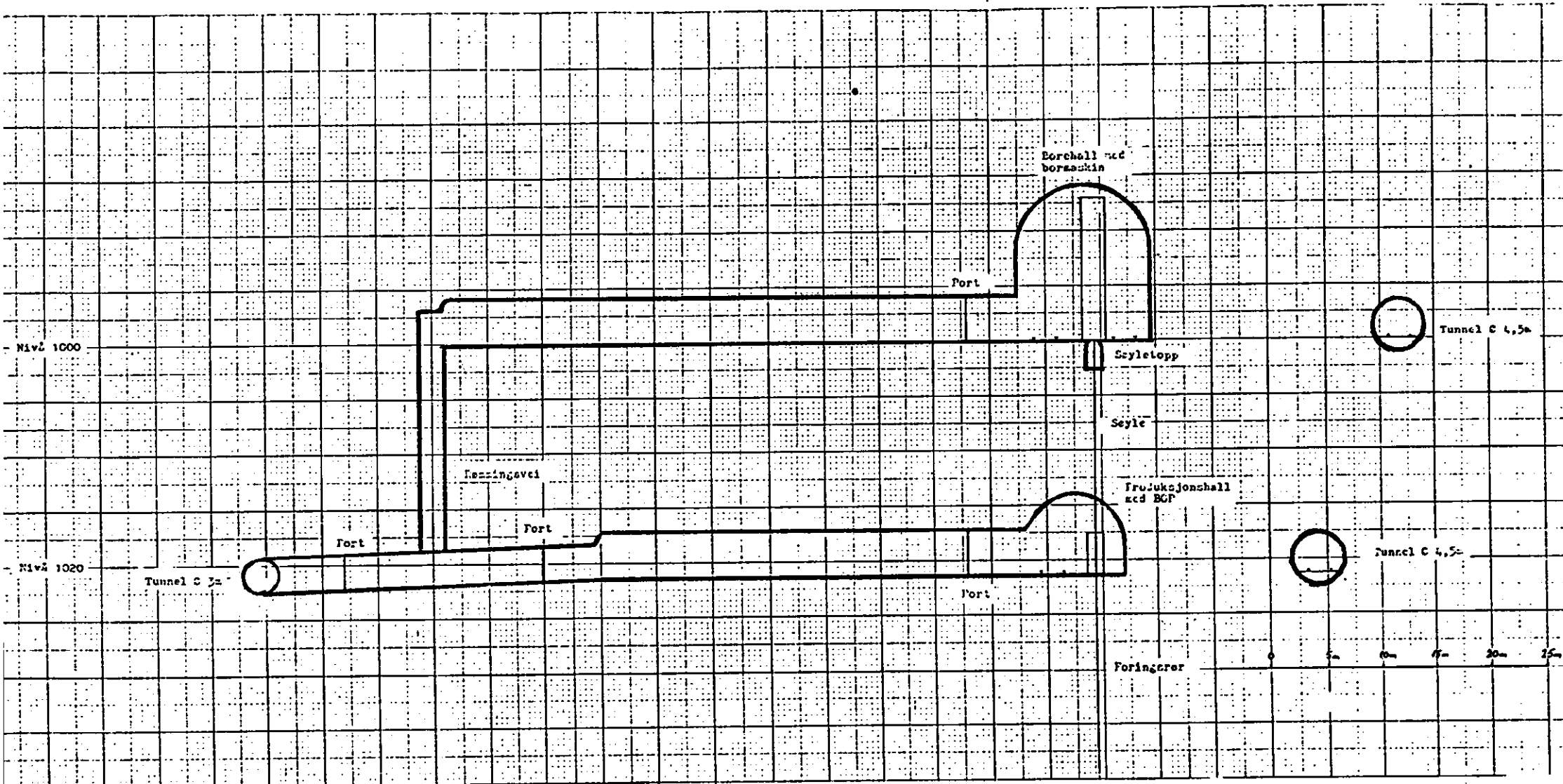
Fig. 3.3.1





VERTIKALSKJITT - LØRE/PRODUKSJONSONOMRÅDE

Fig. 3.3.3



## B O R M A S K I N

på  
fundament

Topp-plate

Tørrvekt:  
35 000 kg

Høyde: 13 m

Bredde fotplate:  
2,75 m

Lengde fotplate:  
2,75 m

Slaglengder:

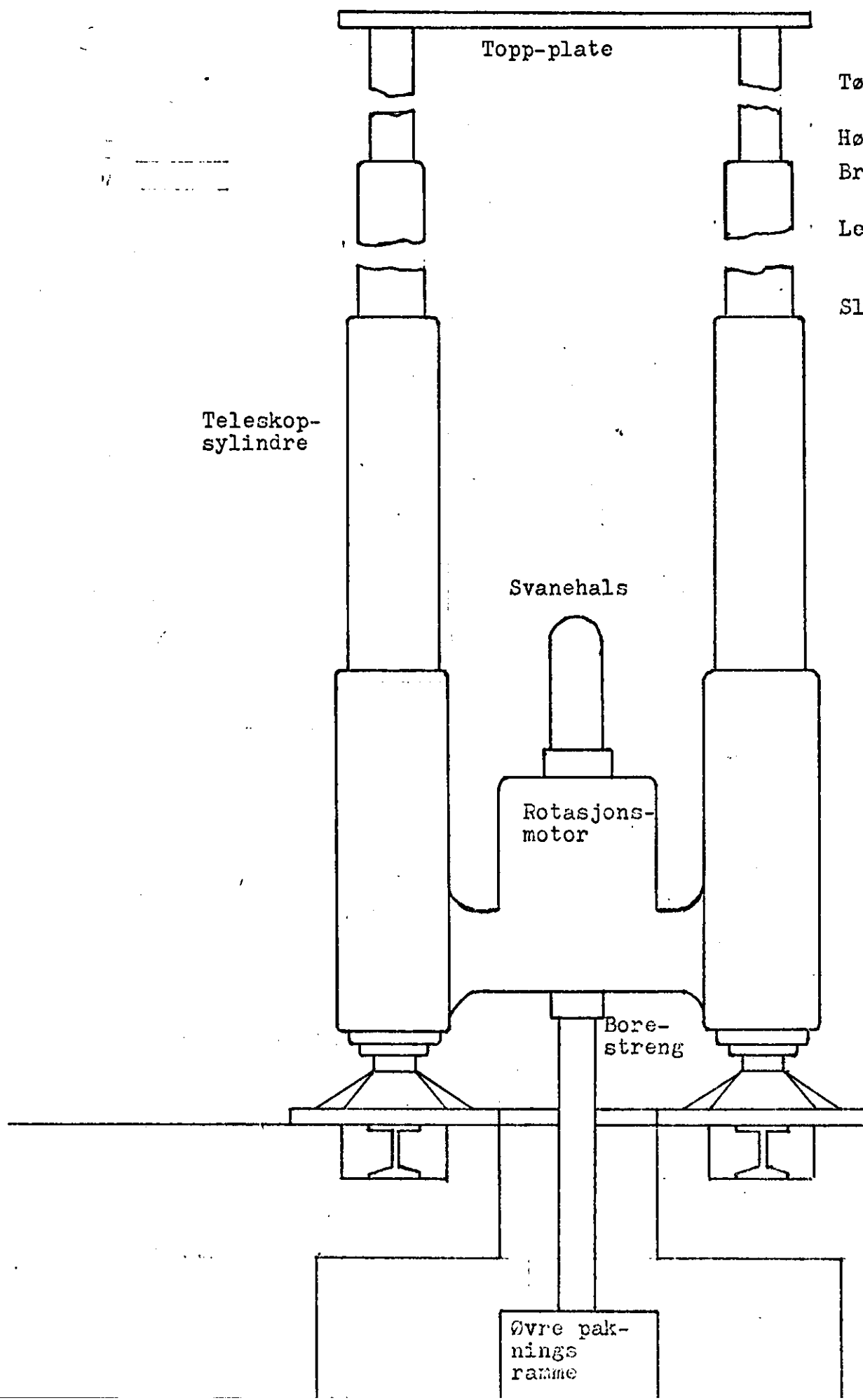
I 1,55m

II 3,20m

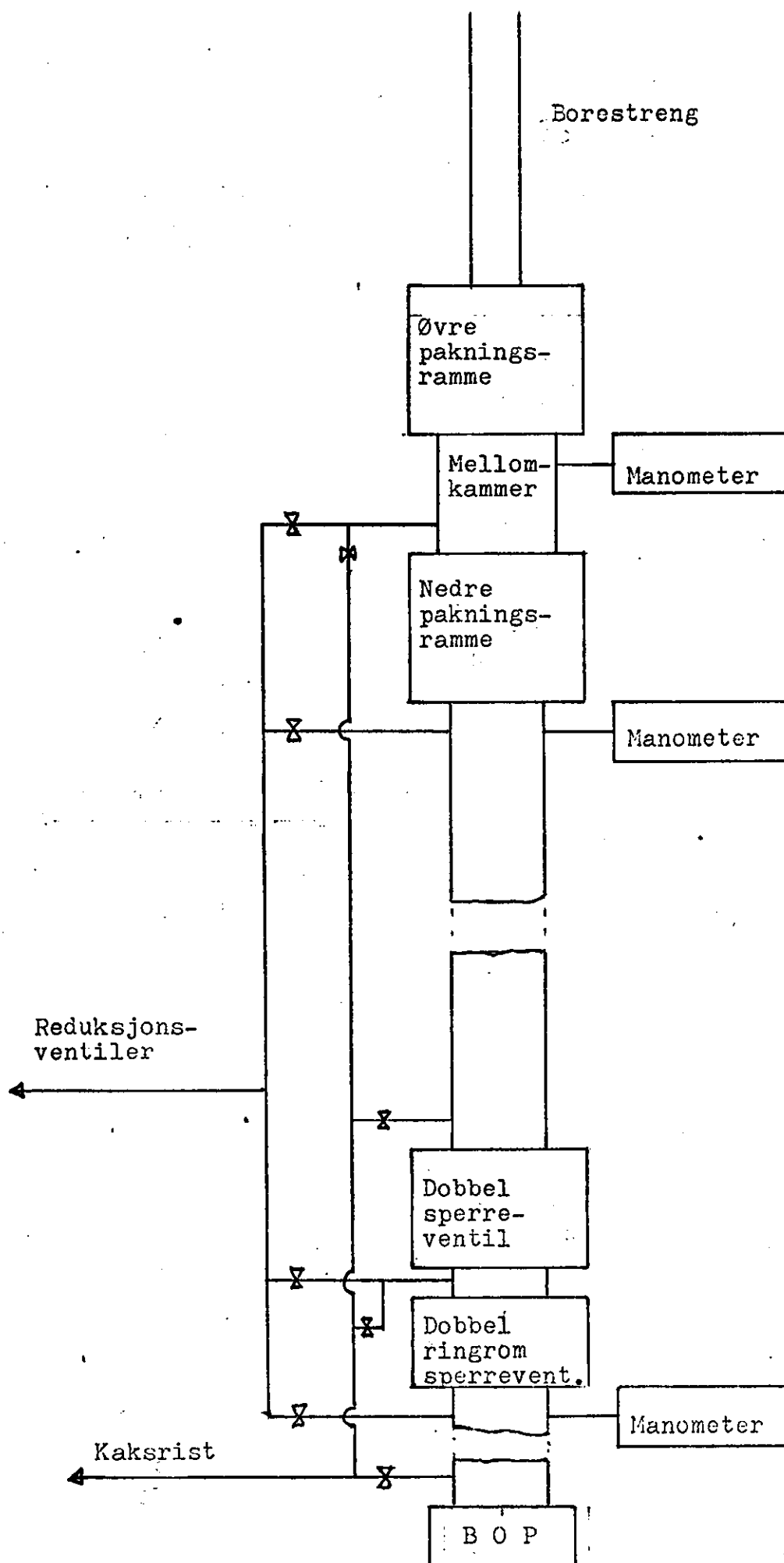
III 6,50m

Sum 11,25m
Teleskop-  
sylindre

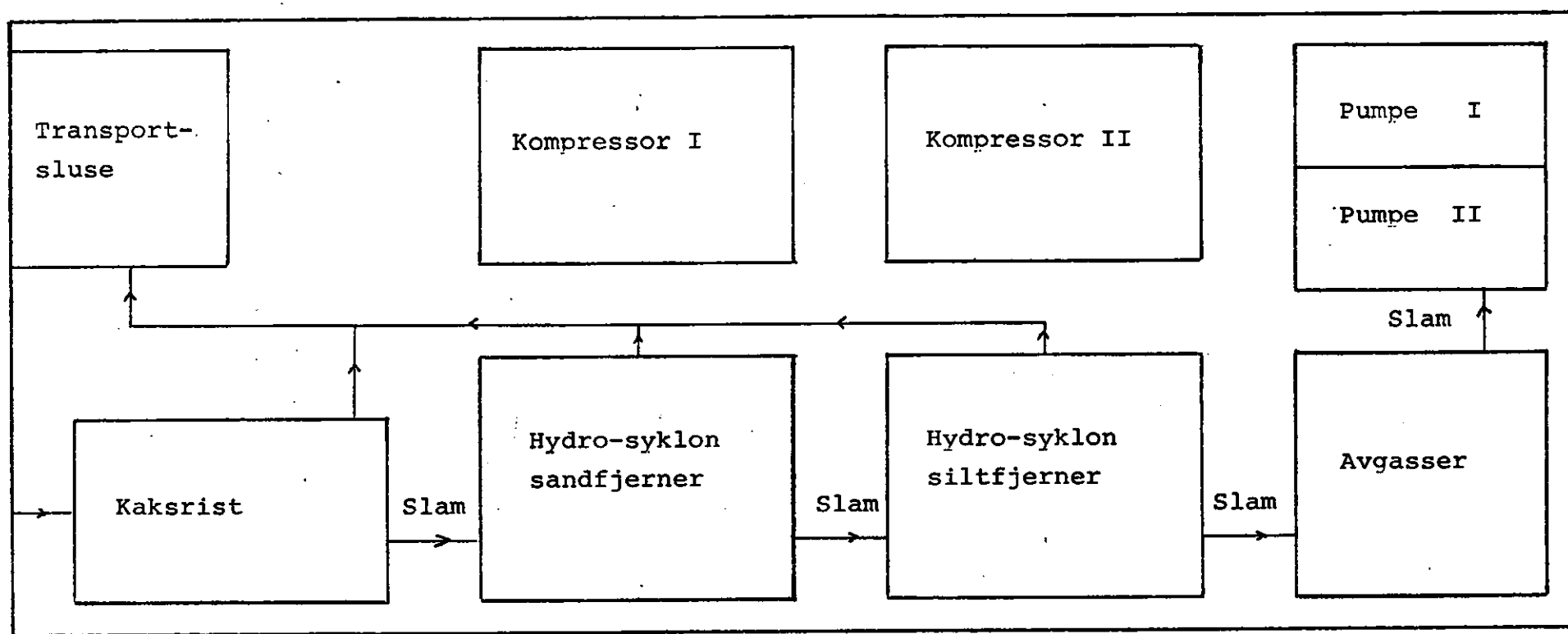
Svanehals

Rotasjons-  
motorBore-  
strengØvre pak-  
nings  
ramme

## S Ø Y L E M E D S Ø Y L E T O P P

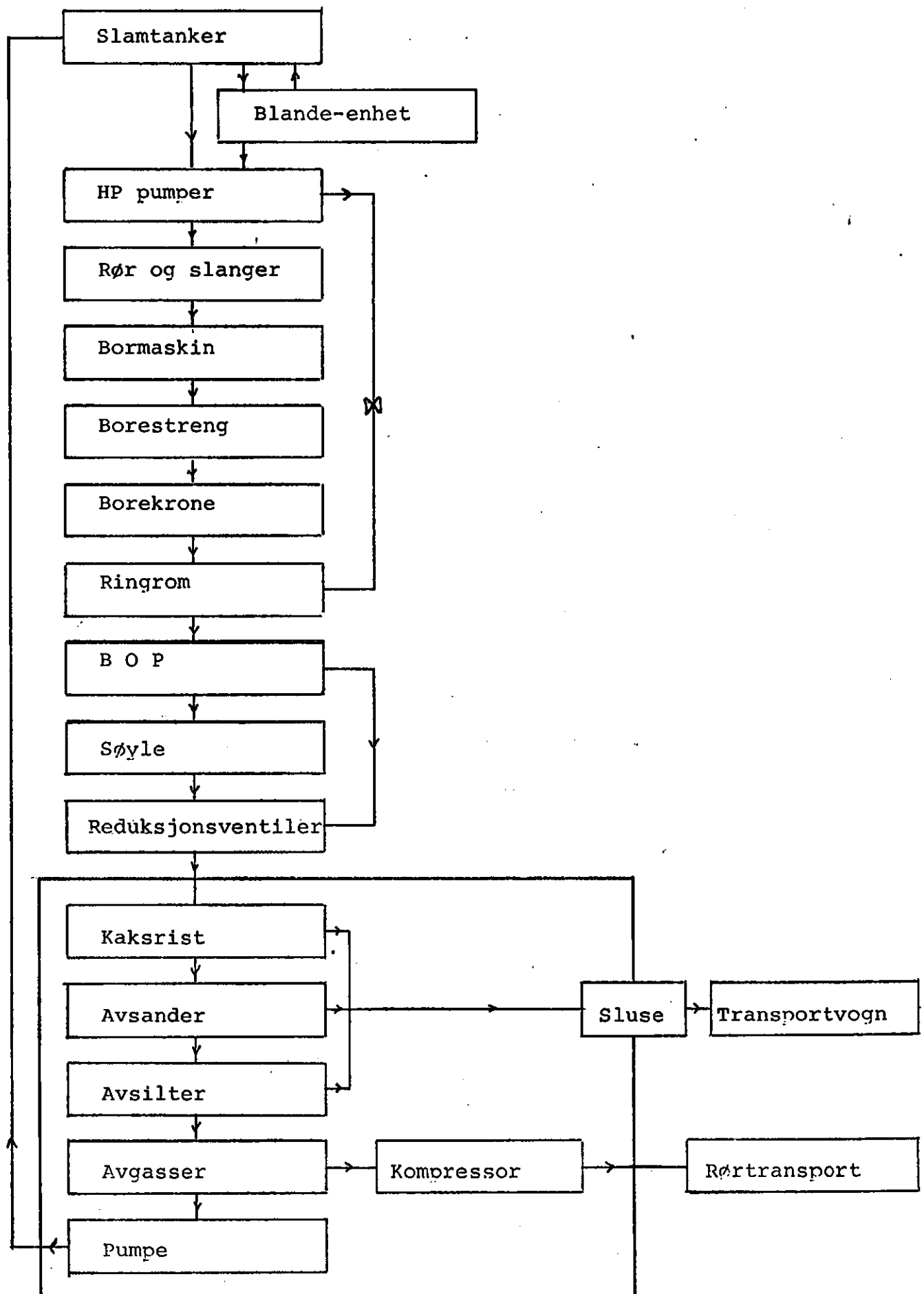


# Slambehandlings- system



Målestokk : 1 : 60

## S L A M S Y S T E M E T





Kostnader tunnel 4,5 m

|                    | Sek 1 | Sek 2 | Sek 3 | Sek 3 | Sek 4 | Sek 5 | Sek 6 | Sek C      | Sek 7 | Sek 8 | Sek D | Sek 9 | Sek 10 | Sek A |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Lengde             | 7     | 7     | 4     | 3     | 6,7   | 4,3   | 7     | 4,5        | 4,3   | 4,3   | 5,1   | 4,6   | 4,6    | 7,1   |
| Kostnader TBM      | 1200  | 1200  | 1200  | 960   | 960   | 960   | 960   | RH<br>3615 | 960   | 960   | 960   | 960   | 960    | 960   |
| Bakrigg            | 370   | 370   | 370   | 320   | 320   | 320   | 320   |            | 320   | 320   | 320   | 320   | 320    | 320   |
| Boreverktøy        | 897   | 897   | 897   | 610   | 610   | 610   | 610   |            | 610   | 610   | 610   | 610   | 610    | 610   |
| Arb. bak stuff     | 1104  | 1104  | 1104  | 1070  | 1060  | 958   | 1070  |            | 958   | 958   | 986   | 972   | 972    | 1074  |
| Skinnegang         | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500   | 500        | 500   | 500   | 500   | 500   | 500    | 500   |
| Sikring            | 300   | 300   | 300   | 7500  | 7500  | 7500  | 7500  | 7500       | 7500  | 7500  | 7500  | 7500  | 7500   | 7500  |
| Sonderboring       | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |            | 50    | 50    | 50    | 50    | 50     | 50    |
| Injeksjon          | 600   | 600   | 600   | 800   | 800   | 800   | 800   | 800        | 800   | 800   | 800   | 800   | 800    | 800   |
| Sum I              | 5021  | 5021  | 5021  | 11810 | 11800 | 11698 | 11810 | 13439      | 11698 | 11698 | 11726 | 11712 | 11712  | 11814 |
| Sum I x Avstandsf. | 5197  | 5269  | 5342  | 12566 | 12708 | 12612 | 13006 | 14813      | 12882 | 12984 | 13170 | 12748 | 12858  | 13241 |
| Ventilasjon        | 150   | 150   | 150   | 150   | 150   | 150   | 150   | 200        | 150   | 150   | 150   | 150   | 150    | 150   |
| Utkjøring          | -     | 278   | 557   | 557   | 835   | 1101  | 1272  | 1763       | 1551  | 1722  | 1893  | 1272  | 1455   | 1638  |
| Sum II (kr/m)      | 5347  | 5557  | 6049  | 13273 | 13693 | 13863 | 14428 | 16776      | 14583 | 14856 | 15213 | 14270 | 14463  | 15029 |
| Kostnad (mill. kr) | 37,4  | 38,9  | 24,2  | 39,8  | 91,7  | 59,6  | 101,0 | 75,5       | 62,7  | 63,9  | 77,6  | 65,2  | 66,5   | 106,7 |

$$\text{Avstandsfaktor} = (1 + 0,002 \times \text{Transp.1.}) (1 + 0,005 \times \text{Stuffl.})$$

| INNDRIFT                   | FULLPROFILBORING | Ø 3m        |
|----------------------------|------------------|-------------|
| BERGART                    | GRANITT          | SEDIMENT    |
| DRI                        | 49               | 75          |
| BWI                        | 33               | 20          |
| Oppsprekking (klasse)      | 1                | 11          |
| Vinkel                     | 0°               | 0           |
| Matekraft pr. kutter       | 20               | 20          |
| Red. p.g.a. oppspr.(0,9)   | 18               | (0,88) 17,6 |
| Kuttekoeff (k)             | 0,1              | 0,15        |
| Brutto M                   | 9,2              | 9,2         |
| Korr. HK $\frac{600}{520}$ | 1,15             | 1,15        |
| Korr. kuttekoeff.          | 1,5              |             |
| Andvendbar matekraft       | 15,9 t           | 10,6        |
| Inntrengning               | 4,0              | 4,4         |
| Tillegg for oppspr.        |                  | 10%         |
| Korr. DRI =49              |                  | 0,77        |
| Korr. inntr.               | 4,0              | 4,7         |
| RPM                        | 12               | 12          |
| Netto inndrift m/h         | 2,88             | 3,38        |
| Utnyttelse                 | 50%              | 50%         |
| Ukeinndrift (m)            | 230              | 270         |

## KOSTNADER TUNNEL Ø=3,0m

| Seksjon     | 1    | 2    | 3         | 4     | 5     | 6    | C     | 7    | 8    | D    | 9    | 10   | A    |
|-------------|------|------|-----------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Lengde (m)  | 7000 | 7000 | 4000 3000 | 6700  | 4300  | 7000 | 4500  | 4300 | 4300 | 5100 | 4600 | 4600 | 7100 |
| Stuff-      |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| lengde (m)  | 8443 | 9660 | 11398     | 12128 | 10391 | 8588 | 11500 | 6550 | 7212 | 5100 | 5578 | 6286 | 7100 |
| Drive-      |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| lengde (m)  | 8443 | 8217 | 1340 7398 | 7730  | 4963  | 2497 | 4500  | 4962 | 4962 | 2188 | 5578 | 5308 | 5414 |
| Transport-  |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| lengde (km) | -    | 7,0  | 14,0 14,0 | 21,0  | 27,7  | 32,0 | 32,0  | 39,0 | 43,3 | 47,6 | 32,0 | 36,6 | 41,2 |
| Kostnad TBM |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| (kr/m)      | 860  | 860  | 860 560   | 560   | 560   | 560  | 560   | 560  | 560  | 560  | 560  | 560  | 560  |
| Bakrigg     | 225  | 225  | 225 200   | 200   | 200   | 200  | 200   | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  |
| Boreverktøy | 541  | 541  | 541 327   | 327   | 327   | 327  | 327   | 327  | 327  | 327  | 327  | 327  | 327  |
| Arb. bak    |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| stuff       | 960  | 1009 | 1086 1086 | 1111  | 1033  | 965  | 1086  | 892  | 912  | 834  | 844  | 873  | 912  |
| Skinnegang  | 150  | 150  | 150 150   | 150   | 150   | 150  | 150   | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  |
| Sikring     | 200  | 200  | 200 5000  | 5000  | 5000  | 5000 | 5000  | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| Sonder-     |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| boring      | 200  | 200  | 200 200   | 200   | 200   | 200  | 200   | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  | 200  |
| Injeksjon   | 400  | 400  | 400 500   | 500   | 500   | 500  | 500   | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  | 500  |
| Sum I       | 3536 | 3585 | 3662 8023 | 8048  | 7970  | 7902 | 8023  | 7829 | 7849 | 7771 | 7781 | 7810 | 7849 |
| Sum I x     |      |      |           |       |       |      |       |      |      |      |      |      |      |
| avstandsfak | 3685 | 3811 | 3979 8718 | 8895  | 8849  | 8769 | 9027  | 8716 | 8836 | 8728 | 8510 | 8645 | 8797 |
| Ventilasjon | 150  | 150  | 150 150   | 150   | 150   | 150  | 150   | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  | 150  |

Fortsettelse

## KOSTNADER TUNNEL Ø=3,0m

| Seksjon    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | C    | 7    | 8    | D    | 9    | 10   | A    |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Utkjøring  | -    | 124  | 247  | 247  | 371  | 490  | 565  | 565  | 689  | 765  | 841  | 565  | 647  | 728  |
| Sum II     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (kr/m)     | 3835 | 4085 | 4376 | 9115 | 9416 | 9489 | 9484 | 9742 | 9555 | 9751 | 9719 | 9225 | 9442 | 9675 |
| Kostnad    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| (mill.kr.) | 32,4 | 33,6 | 5,9  | 67,4 | 72,8 | 47,1 | 23,7 | 43,8 | 47,4 | 48,4 | 21,3 | 51,5 | 50,1 | 52,4 |

Avstandsfaktor =  $(1+0,002 \cdot \text{Transportl. i km}) (1+0,005 \cdot \text{stuffl. i km})$

# Kostnader basisstasjoner

| Basisstasjon                       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sikring &<br>Drivekost x Avst.fak. | 662  | 672  | 2022 | 2046 | 2048 | 2092 | 2092 | 2109 | 2068 | 2086 |
| Framføring div                     | 1085 | 1085 | 1085 | 1039 | 667  | 1085 | 667  | 667  | 713  | 713  |
| Utkjøring                          | 20   | 39   | 58   | 76   | 88   | 107  | 119  | 131  | 101  | 113  |
| Sum ( 1000 kr )                    | 1767 | 1796 | 3165 | 3161 | 2803 | 3284 | 2878 | 2901 | 2882 | 2912 |
| Stufflengde                        | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 6,7  | 4,3  | 7,0  | 4,3  | 4,3  | 4,6  | 4,6  |
| Transport lengde                   | -    | 7,0  | 14,0 | 21,0 | 27,7 | 32,0 | 39,0 | 43,3 | 32,0 | 36,6 |

$$\text{Avstandsfaktor} = ( 1 + 0,002 \cdot \text{Transp.l.} ) ( 1 + 0,005 \cdot \text{Stuffl.} )$$

# Kostnader bore/produksjons-områder

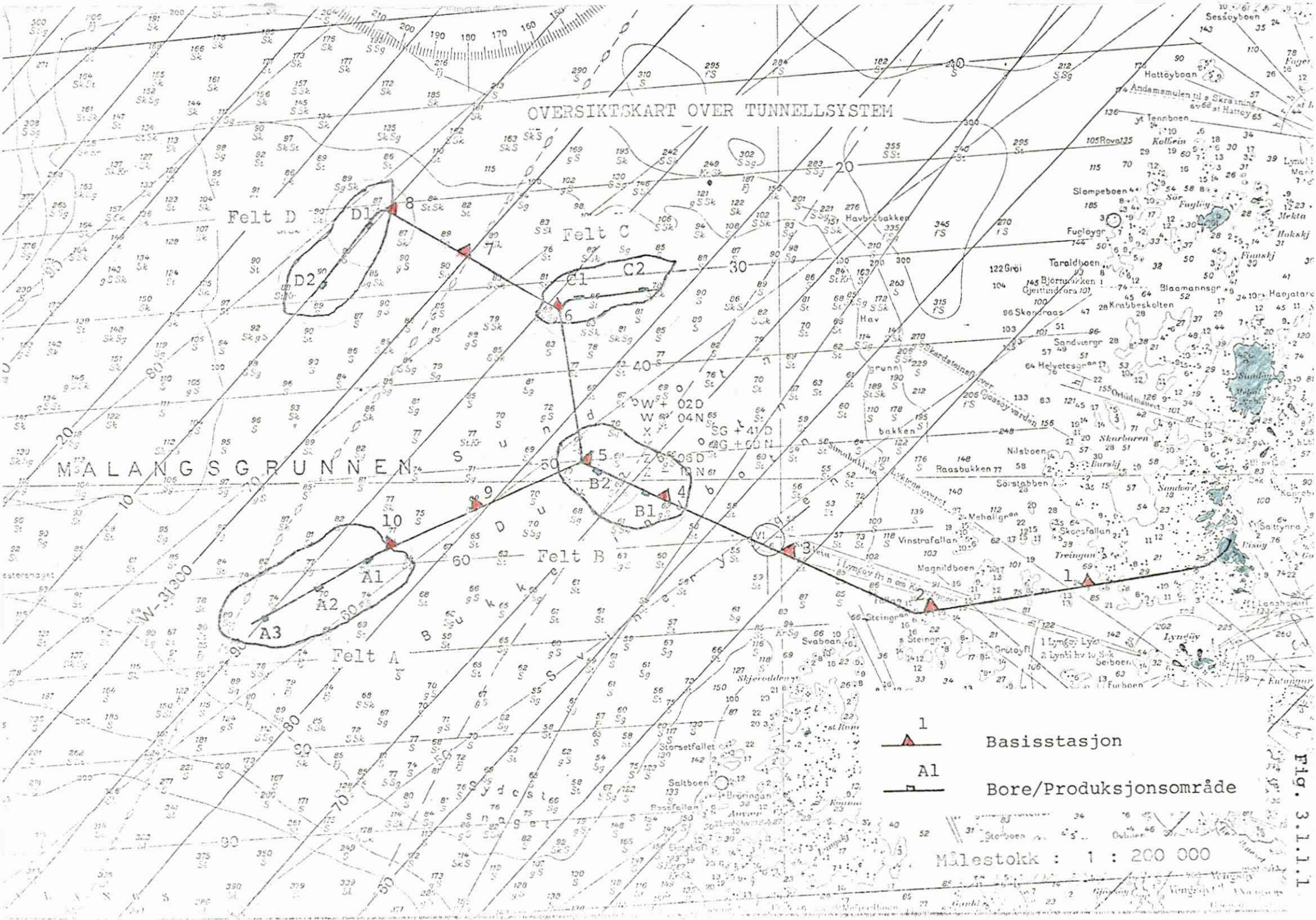
| Felt                             | A1    | A2    | A3    | B1    | B2    | C1    | - C2  | D1    | D2    |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Volum (m <sup>3</sup> )          | 62900 | 73750 | 62900 | 62900 | 58560 | 46625 | 35775 | 62900 | 73750 |
| Overflateareal (m <sup>2</sup> ) | 27330 | 31105 | 27330 | 27330 | 25820 | 21668 | 17894 | 27330 | 31105 |
| Antall brønner                   | 40    | 50    | 40    | 40    | 36    | 25    | 15    | 40    | 50    |
| Drivekost. (mill.kr)             | 12,6  | 14,8  | 12,6  | 12,6  | 11,7  | 9,3   | 7,2   | 12,6  | 14,8  |
| Sikring, fundament.              | 36,8  | 42,3  | 36,8  | 36,8  | 34,6  | 28,5  | 23,0  | 36,8  | 42,3  |
| Sum I                            | 49,4  | 57,1  | 49,4  | 49,4  | 46,3  | 37,8  | 30,2  | 49,4  | 57,1  |
| Sum I x Avstn.fak.               | 53,6  | 62,2  | 54,1  | 52,2  | 49,2  | 40,8  | 32,8  | 54,2  | 63,1  |
| Utkjøring                        | 6,6   | 8,3   | 7,5   | 4,5   | 4,5   | 4,7   | 3,9   | 7,6   | 9,6   |
| Sum II                           | 60,2  | 70,5  | 61,6  | 56,7  | 53,2  | 45,5  | 36,7  | 61,8  | 72,7  |

$$\text{Avstandsfaktor} = 1 + 0,002 \times \text{Transportlengde}$$

## Innhold

## Figur:

- 3.1.1.1 Kart over tunneltracé
- 3.1.1.2 Bunn- og tunnelprofil fra påhugg
- 3.1.2.1 Tverrsnitt av tunnelsystem ved basisstasjon
- 3.1.2.2 Snitt over tunnelbaner
- 3.1.3.1 Monorail og bredsporet bane i tunnel  $\varnothing = 4,5$  m
- 3.2.1 Plankart over basisstasjon
- 3.3.1 Plankart over nivå 1000, boreområde B1
- 3.3.2 Plankart over nivå 1020, produksjonsområde B1
- 3.3.3 Vertikalsnitt - bore/produksjonsområde
- 4.1.1 Bormaskin på fundament
- 4.2.1 Søyلة med søyletopp
- 4.2.2 Slambehandlingssystem
- 4.2.3 Slamsystemet
- 6.1 Tidsplan for driving til, og oppfaring av oljefelt på Malangsgrunnen



OVERSIKTSKART OVER TUNNELLSYSTEM

MALANGSGRUNNEN

Felt D

Felt C

Felt B

Felt A

- 1 Basisstasjon
- A1 Bore/Produksjonsområde

Målestokk : 1 : 200 000

# BUNN- OG TUNNEL - PROFIL FRA PÅHUGG

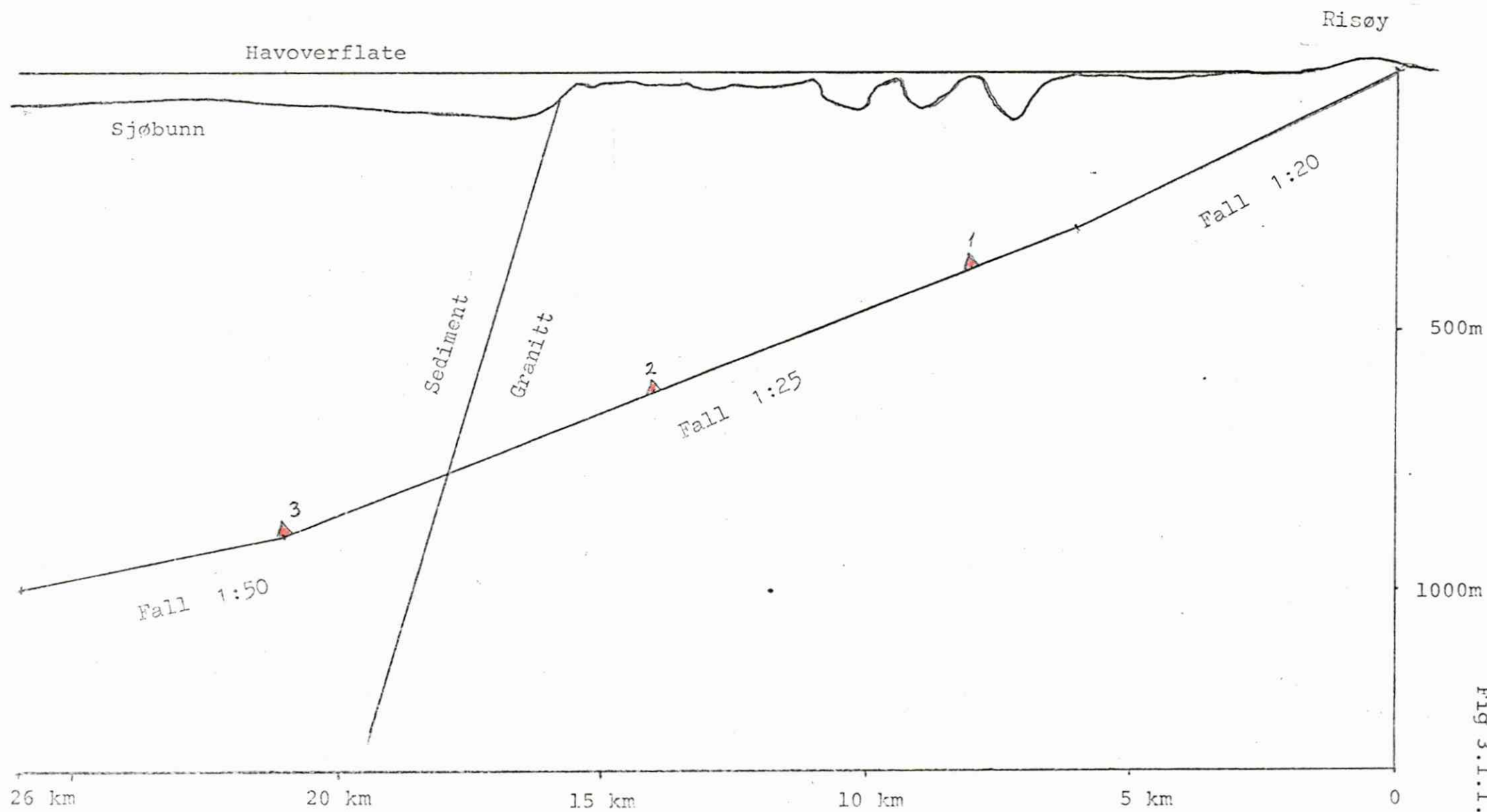
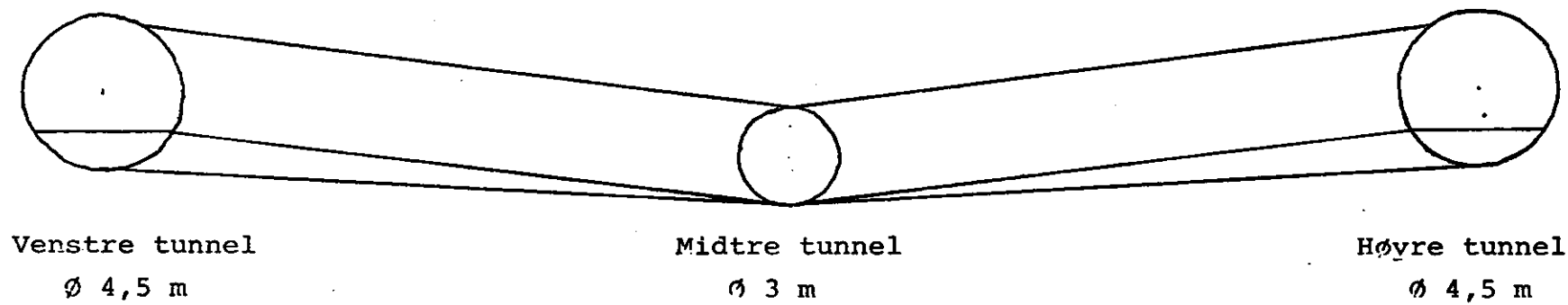


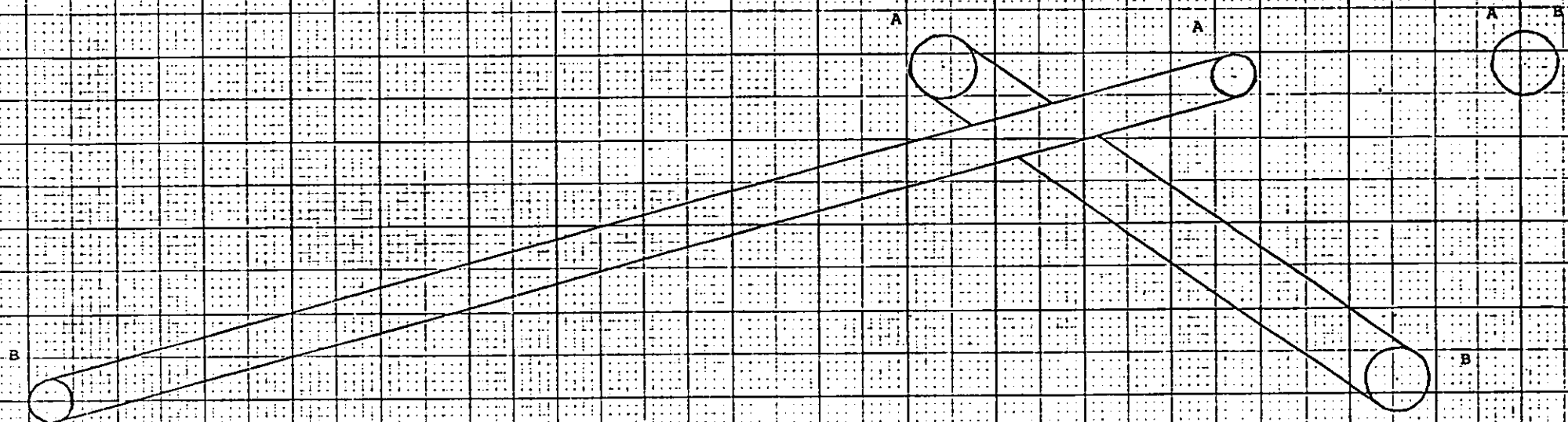
Fig 3.1.1.2

Tverrsnitt av tunnel-system  
ved basis-stasjon



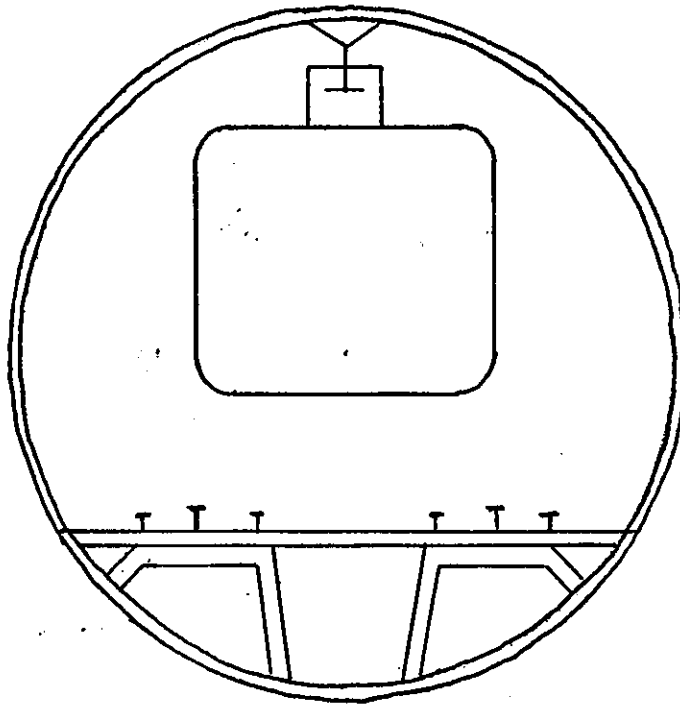
Målestokk : 1 :200

Tunnelkonstellasjon ved driving A  
Tunnelkonstellasjon ved passering prod. område: B

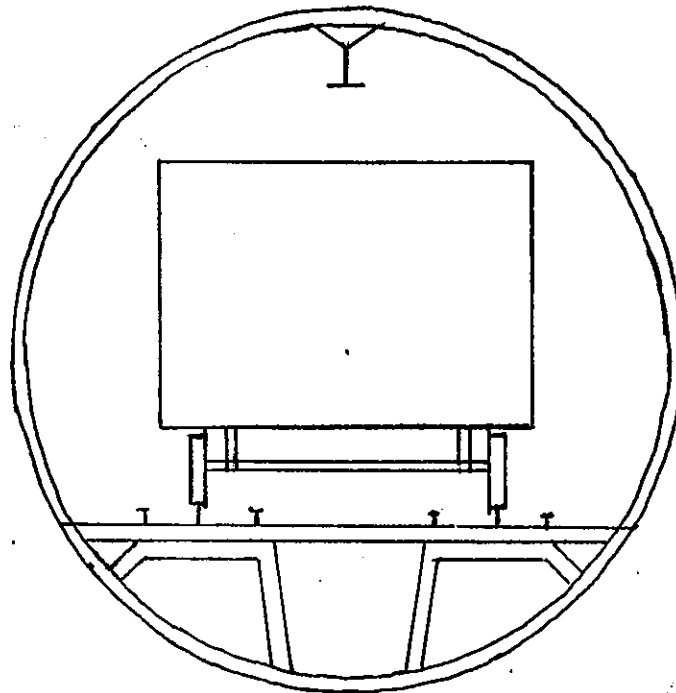


T U N N E L    Ø 4,5 m

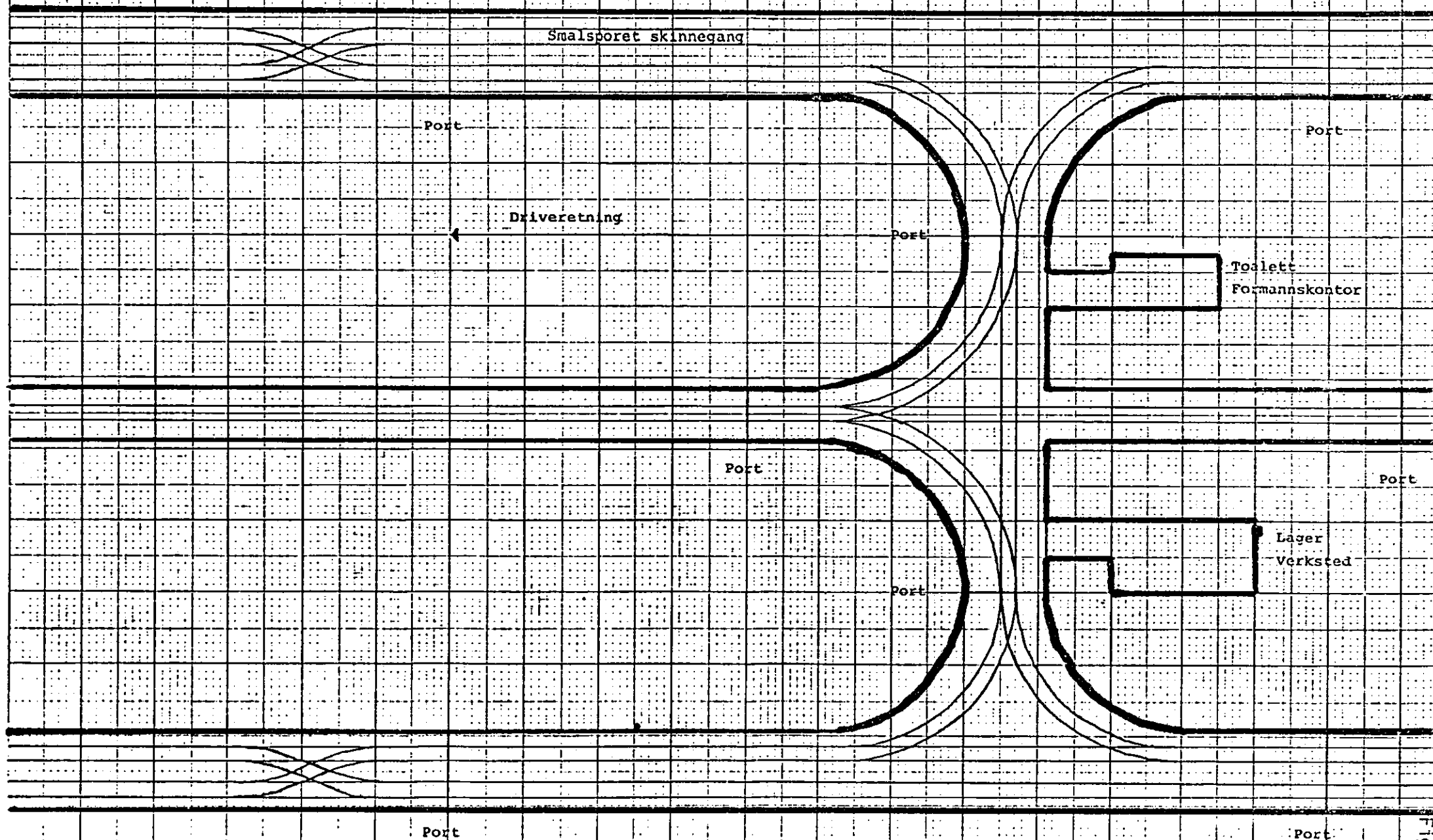
Monorail



Bredsporet bane for godstransport



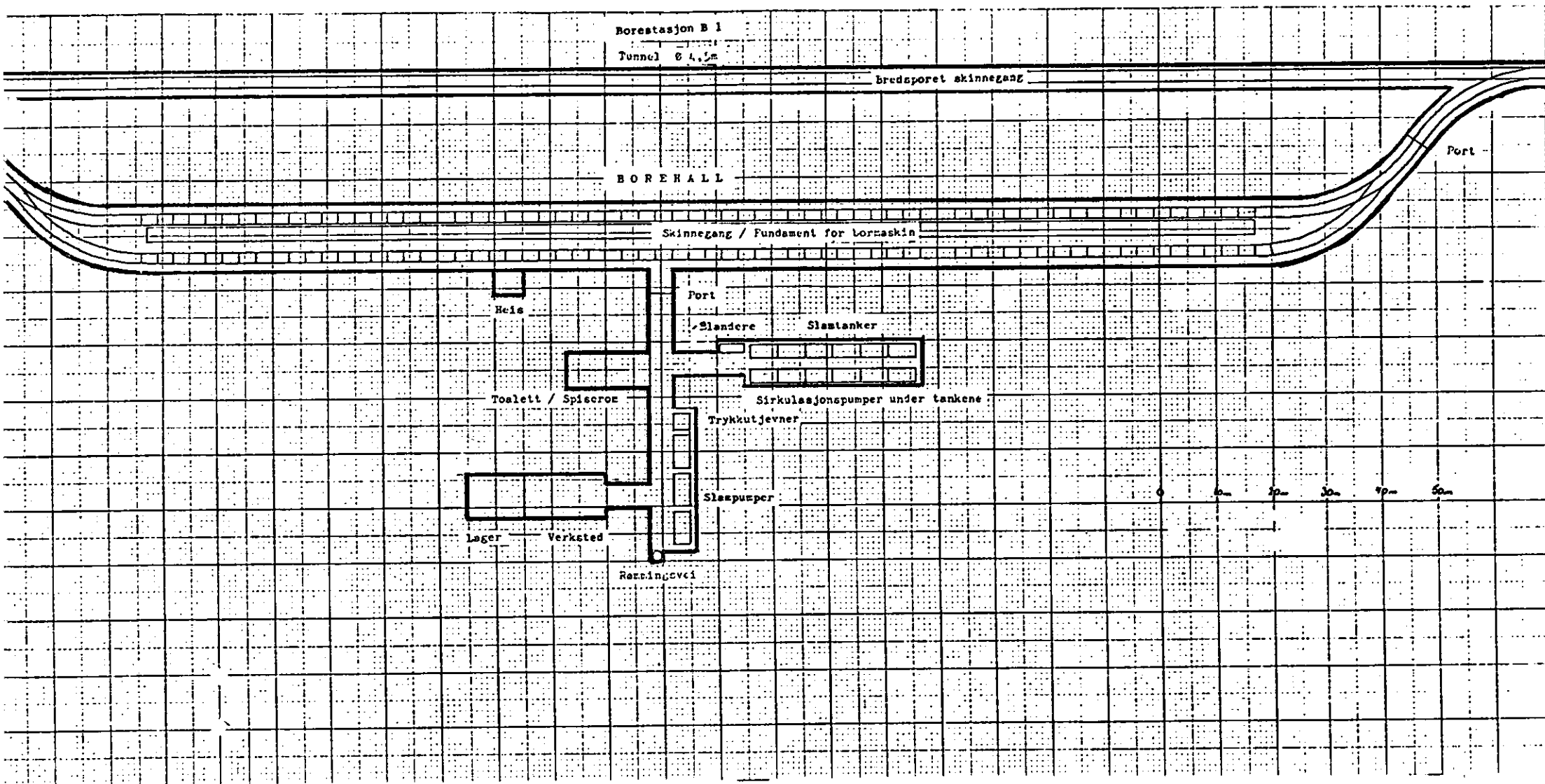
Målestokk : 1 : 50

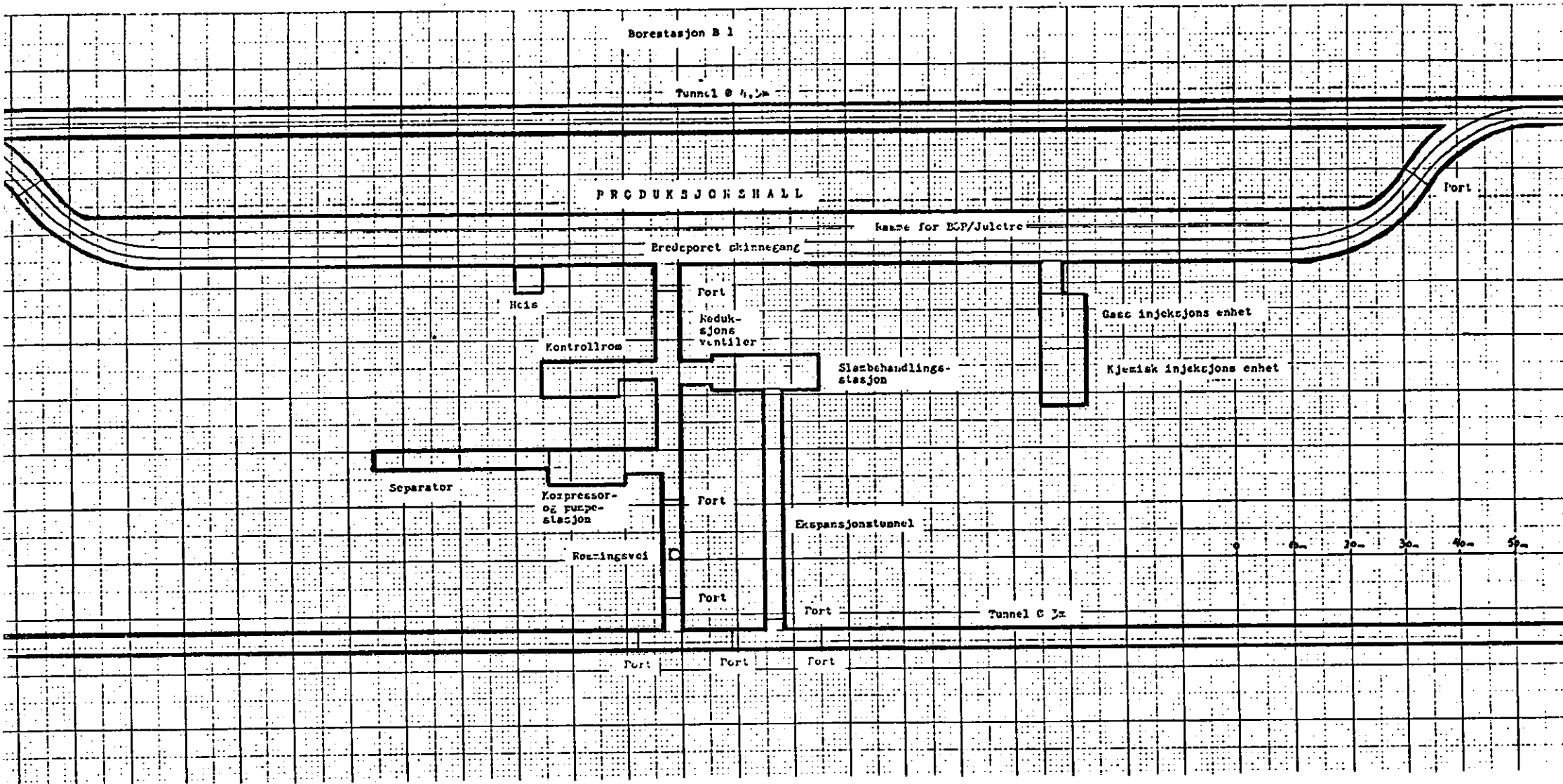


Plankart over basisstasjon

# PLANKART OVER HIVÅ 1000

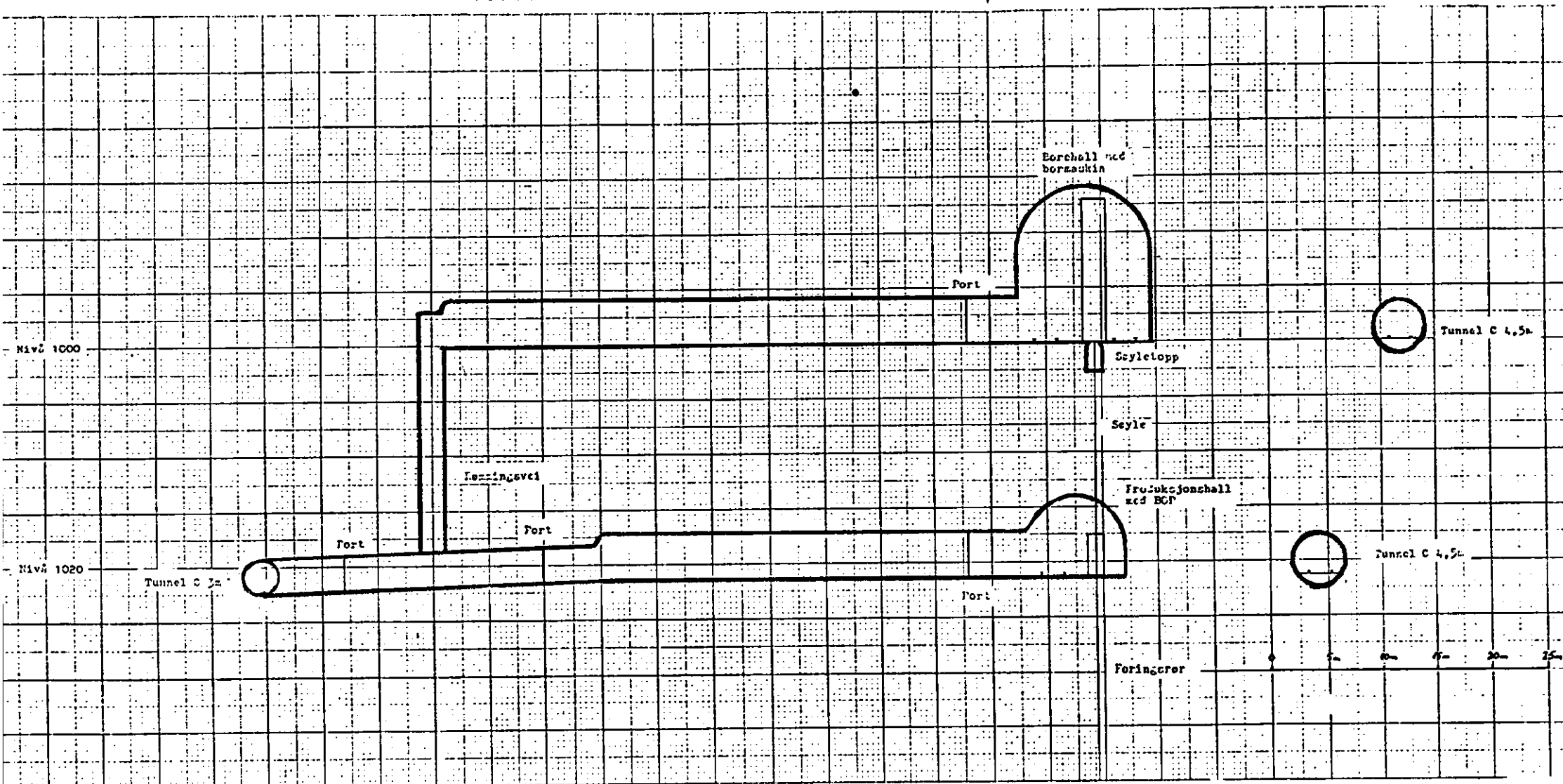
Fig. 3.3.1





VERTIKALSKJITT - LORE/PRODUKSJONSOMRÅDE

Fig. 3.3.3



## B O R M A S K I N

på  
fundament

Topp-plate

Tørrvekt:  
35 000 kg

Høyde: 13 m

Bredde fotplate:  
2,75 m

Lengde fotplate:  
2,75 m

Slaglengder:

I 1,55m

II 3,20m

III 6,50m

Sum 11,25m

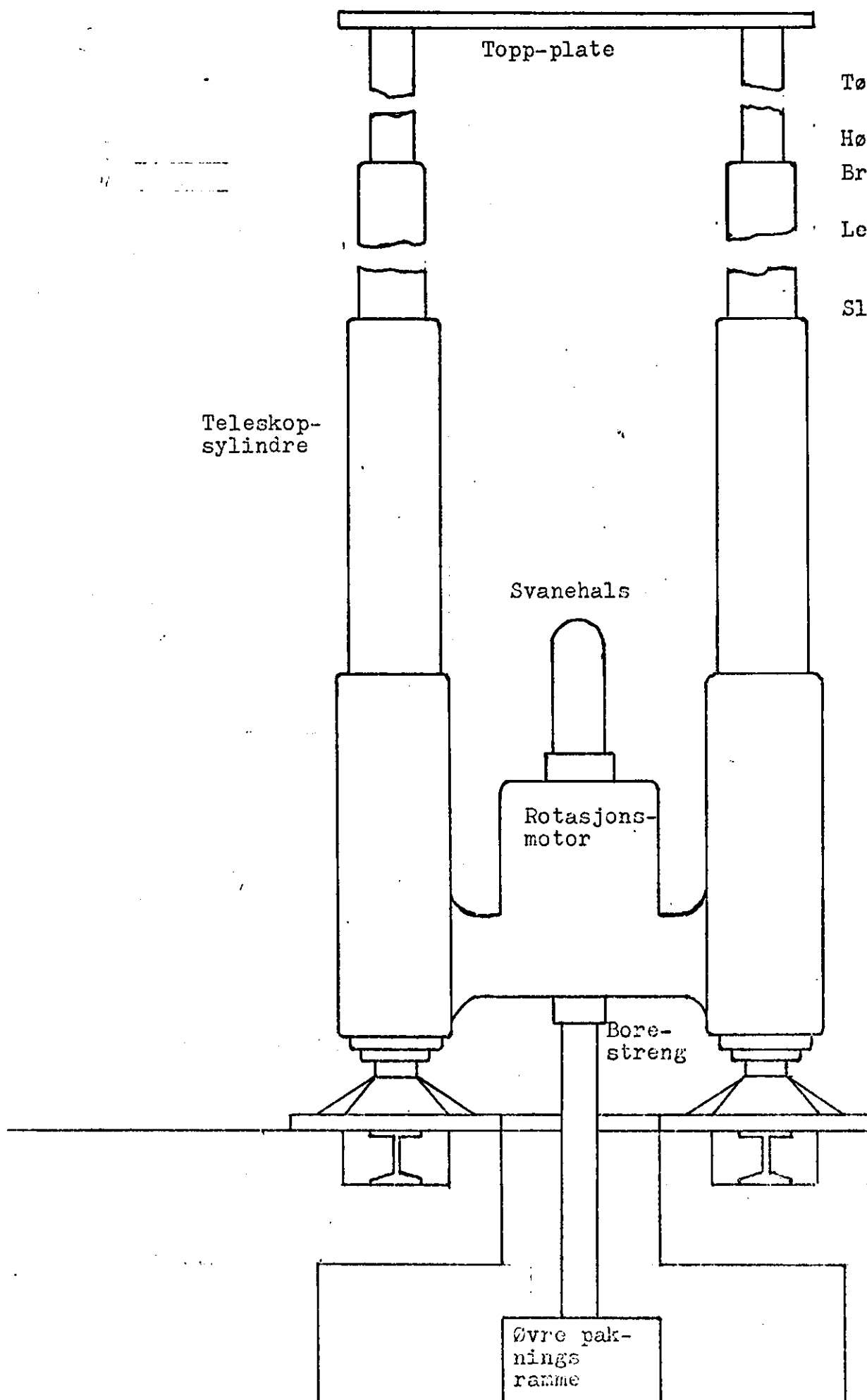
Teleskop-  
sylindre

Svanehals

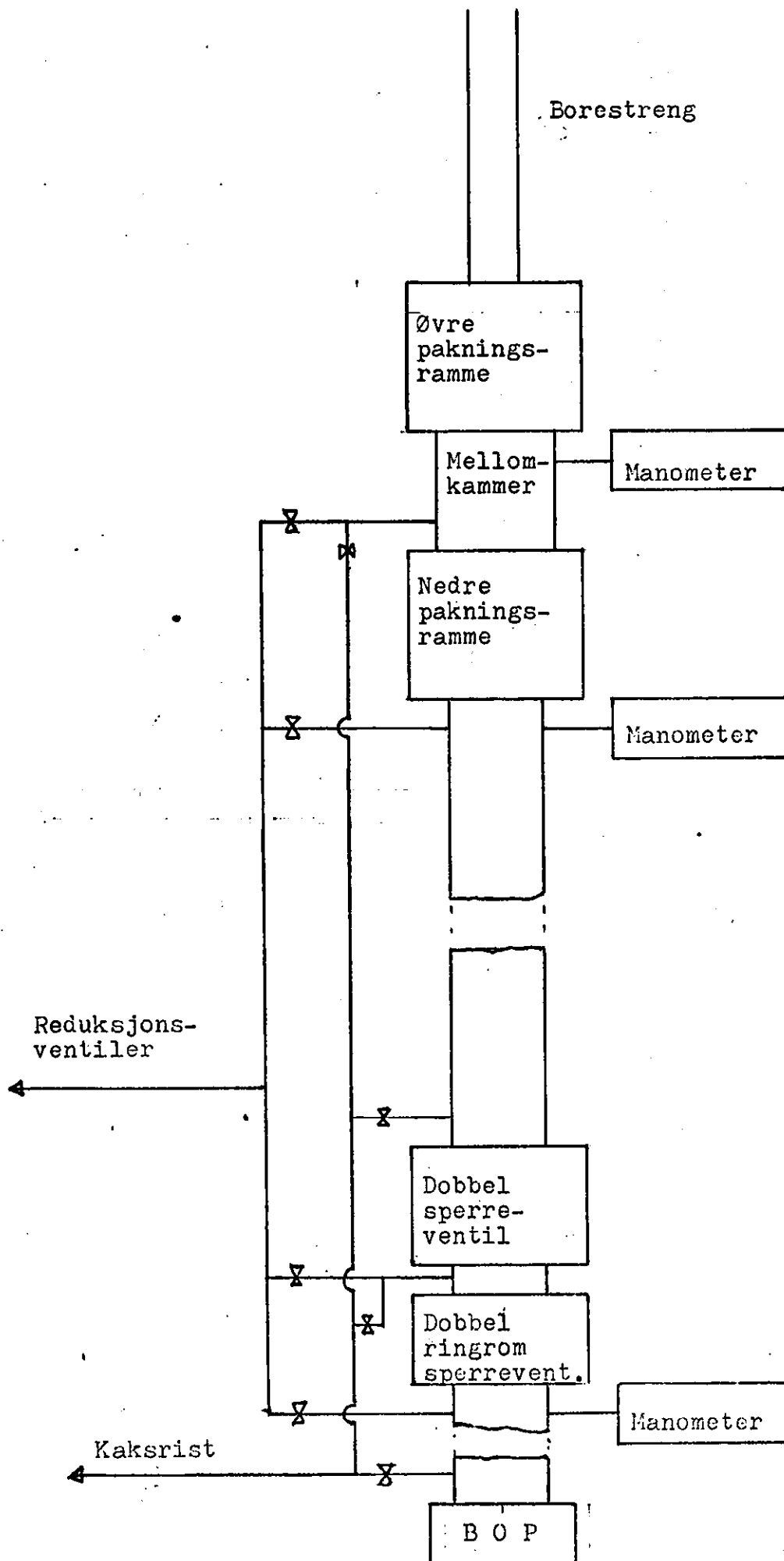
Rotasjons-  
motor

Bore-  
streng

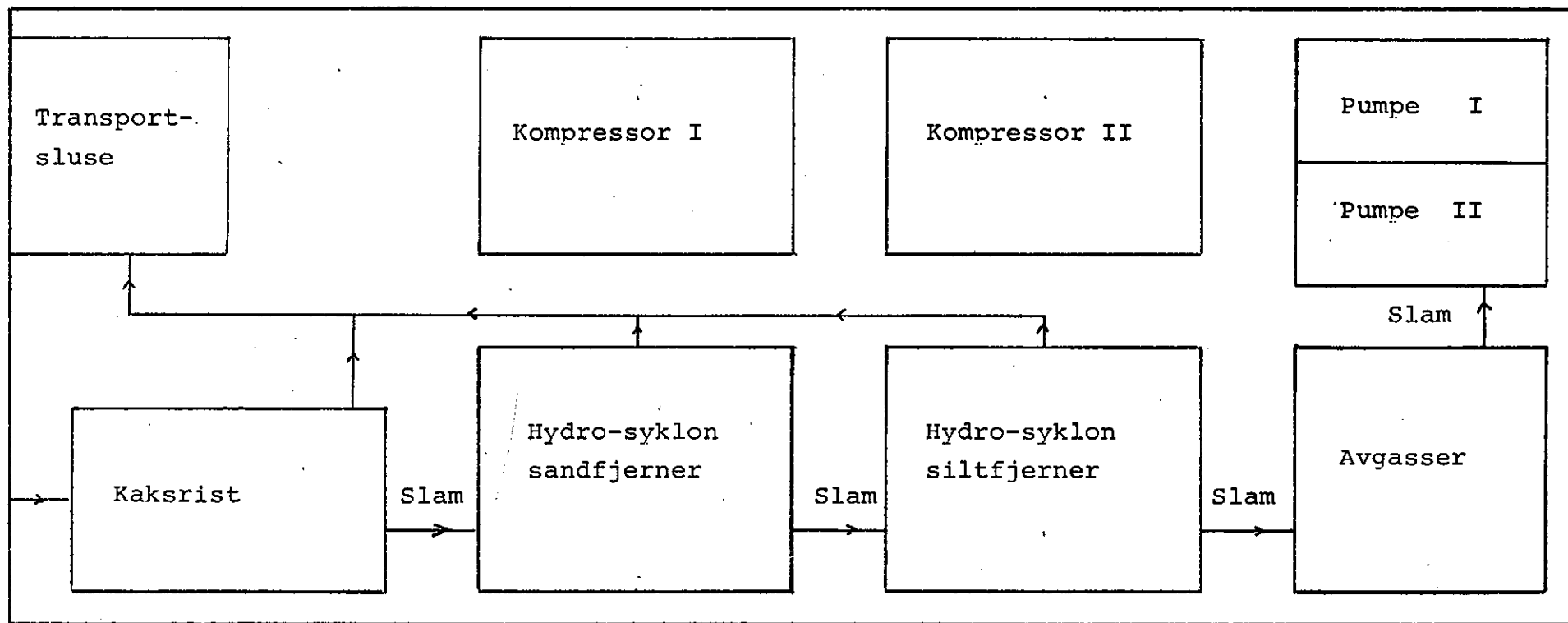
Øvre pak-  
nings  
ramme



## S Ø Y L E   M E D   S Ø Y L E T O P P



Slambehandlings-  
system



Målestokk : 1 : 60

## S L A M S Y S T E M E T

