

9/9-78

Frostmængde ved åbent tunnel

beregnet til $T_2 \approx 5000 \text{ h}^\circ\text{C}$

Tunnels længde 370 m

Behov for isolert pladebræk 1200-2500 m
inden for hver ende.

Aktuelt med isolert bræk i hele
Tunnelen

TUNNELREGISTRERING 1969

Fylke. Vest-Agder.....Rv.nr./Rxxxx...E-18.....Tunnelens
 navn.....Atland.....Avstand i m fra nærmeste
 kjente sted på veien.....Høyde o/havet...100.....m
 Lengde.....370.....m Fri bredde.....m Fri høyde ved kjøre-
 banekant.....m Tverrsnitt.kl..II.m² Belysning: inng.
 sone.....lux, midtsone.....lux Vegdekke.....
Trafikkmengde: ADT..710.....SDT..942.....
 Ferdigbygget år.....Påbegynt, ferdig år..1971...Planlagt,
 ferdig år.....

Bergart

Oppsprekning

Lekkasjer

Frost

Skj 1 44/100 F₂ 25000 h²c
 Frost i alle tunneler

Sikring

Merknader

Under bearbeidelse av AG.

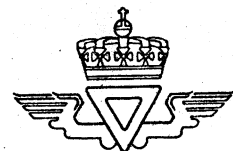
Dato. Kristiansand. 8/9-69.

Navn. Hans Aase.....

SIKRING AV ÅTLAND TUNNEL

Statens Vegvesen, Veglaboratoriet, Oslo

Gaustadalleén 25, Postboks 8109, Oslo Dep.



fylke: Vest-Agder

anlegg: E-18

parsell: Møske bru - Handeland

profil:

UTM-ref.: LK 846540

prosjekt/oppdrag: K74A

seksjon: Bærelag

saksbehandler: E. Brenna

/HNe

dato: Februar 1972

INNHold

Sammendrag

Innhold

Bilag og vedlegg

1. Orientering
2. Fysiske forhold i tunnelen
 - 2.1 Geometriske forhold etc.
 - 2.2 Berggrunnsforhold
 - 2.3 Lekkasjer og frost
3. Forslag til sikring
4. Materialer og utførelse
 - 4.1 Utstøping med membran
 - 4.2 Bolting
 - 4.3 Platehvelv med frostisolering

BILAG:

- K-74A -01 Utsprengt tverrprofil
- 02 Glimmergneis
- 03 Knusningssonen ved pel 578

VEDLEGG:

K-74A

- Vedlegg 1. Forsterkning av fjellet med innstøpte bolter
- Vedlegg 2. Avskjerming av lekkasjer med platehvelv

SIKRING I ÅTLAND TUNNEL

SAMMENDRAG

Behovet for permanente sikringstiltak i tunnelen er undersøkt.

I tørt fjell anbefales tunnelen sikret med innstøpte bolter.

Der hvor det er lekkasjer og forholdsvis bra fjell sikres det med frostisolert platehvelv, eventuelt kombinert med bolter.

På partier med lekkasjer og dårlig fjell må det sikres med fjellavjevning, membranisolering og utstøping mot forskalling.

Nærmere beskrivelse av bolter og platehvelv er gitt i vedlegg 1 og 2.

Forøvrig vil Veglaboratoriet kunne bistå med nærmere anvisninger og oppfølging.

1. ORIENTERING

Etter avtale med avd.ing. Haugen ble det den 7. februar foretatt en befaring av Åtland tunnel. Med på befaringen var avd.ing. Haugen og oppsynsmann Nomeland fra fylket, avd.ing. Brenna fra Veglaboratoriet.

Hensikten med befaringen var å få et inntrykk av rå-tunnelen for å kunne vurdere behovet for permanent sikring.

2. FYSISKE FORHOLD I TUNNELEN

2.1 Geometriske forhold etc.

Tunnellengde 370 m. Stigningsforhold: $44^{\circ}/\infty$ mot N. Horisontalkurvatur: Søndre del av tunnelen, ca. 100 m med kurveradius ca. 200 m, nordre del av tunnelen rettlinjert. Tverrprofilen er sprengt som vist på bilag -01. Det sprenges nå en ca. 2 m dyp grøft langs vestre tunnelvegg.

Tunnelen, som er planlagt åpnet høsten 1972 får trafikkmengde: ADT ca. 800, SDT ca. 1000.

2.2 Berggrunnsforhold

Fjellgrunnen i de sørligste 50 m av tunnelen består av massiv, lite oppsprukket gneisgranitt. Resten av tunnelen ligger i glimmergneis som er mer skifrig og oppdelt i benker. Benkene har en gunstig strøkretning omtrent på tvers av tunnelaksen. De faller ca. 25° mot nord. Benke-tykkelsen varierer fra 0,2 til 1,0 m, bilag -02. Fjellet er også gjennomgått av et steiltstående sprekkesystem, men her er sprekkeavstanden mye større, slik at dette systemet får mindre betydning for fjellets stabilitet.

Det er særlig tre svakhetssoner som er markerte. Den ene ligger ved pel 578, er ca. 2 m tykk og har retning parallelt med skifriheten. Fjellet er her brutt opp i rektangulære blokker med tverrmål 0,2 - 1,0 m. Sonen ble sikret med bolter, bånd og flettverk under driften, bilag -03.

Den andre sonen ligger ved pel 583 og er ca. 1 m tykk. Den har samme retning og karakter som foregående, og er sikret med bolter.

Den tredje sonen er en sprø, granittisk pegmatittgang som står omtrent loddrett og stryker med ca. 20° vinkel i forhold til tunnelaksen fra pel 591 til 594. Fjellet er brutt opp i blokker med varierende form og størrelse. Det ble sikret med spredt bolting under driften.

De nordligste 50 m av tunnelen ligger i dagfjell med åpne skifrihetssprekker og slepper. Her er ikke utført sikring.

2.3 L e k k a s j e r o g f r o s t

Under befaringen ble det registrert følgende lekkasjer i tunnelen:

Små spredte drypp i godt fjell fra pel 572-575

Små drypp fra svakhetssonen ca. pel 578-579

Små til middels kraftige drypp i bra fjell pel 580-581

Middels kraftige drypp fra svakhetssonen pel 583-583+5

Små spredte drypp i bra fjell 583+5 - 585

Middels lekkasjer i østre vegg pel 585 - 585+5

Små spredte lekkasjer i bra fjell, vesentlig i nordre vegg og vegbane pel 585+5 - 591

Middels drypp i ca. 2 m bredt belte på skrå over tunnelen fra svakhetssone, pel 591 - 594

Små spredte drypp i mindre bra dagfjell pel 596 - 601

Om sommeren må en regne med at lekkasjene øker noe i utbredelse og intensitet.

Midlere frostmengde ved Åtland er ca. 1000 h⁰C, maksimal frostmengde er ca. 15000 h⁰C.

Ved befaringen var tunnelen stengt med port i nordre ende, slik at frosten bare trengte et kort stykke inn nærmest begge tunnelåpningene. Når porten fjernes slik at en får naturlig trekk gjennom tunnelen må en regne med periodevis frost i hele tunnelens lengde om vinteren.

3. F o r s l a g t i l s i k r i n g

Tunnelen er sprengt med liten hullavstand og jevnt fordelte ladninger, slik at tverrprofilet ligger nær det ønskede. Derved skulle forholdene ligge godt tilrette for den permanente sikring. Men det bør kontrolleres at det er plass til sikringen utenfor det profil som er foreskrevet for denne vegklassen, spesielt i vederlagene.

Det foreslås følgende sikring:

Svakhetssonen og lekkasjene pel 578 samt påhugget på nordsiden sikres med utstøpning med membran. Pris 7000 - 9000 kr pr. lm.

De andre svakhetssonene samt dagfjellsonen sikres med systematisk bolting. Der fjellet er mest oppsprukket og knust må boltene kombineres med bånd og nett.

Forøvrig utføres spredt bolting av mulige løse blokker. Pris på systematisk bolting med 8-10 bolter pr. lm tunnel, kr. 500 pr. lm.

De lekkasjer som ikke sikres med membranutstøping avskjermes med et frostisolert platehvelv som føres helt ned i kultlaget på begge sider. Pris 2500 - 3500 kr. pr. lm.

Der hvor det skal sikres med utstøpning eller platehvelv bør det være drengrofter på begge sider av tunnelen.

Sikringsarbeidene bør utføres i den rekkefølge de her er nevnt. Alle arbeider bortsett fra bolting bør utføres i sommerhalvåret.

Nødvendig omfang av sikringsarbeidene blir:

Bolting	ca. 150 lm
Frostisolert platehvelv	ca. 100 lm
Utstøpning med membran	ca. 20 lm

Omfanget av vann- og frostsikringen er usikker og bør avgjøres nærmere på grunnlag av maksimale lekkasjer og frostmengder. En vil derfor foreslå at vegkontoret registrerer og noterer utbredelse av vann og is i tunnelen til forskjellige tider. Videre bør det så snart som mulig settes igang temperaturmåling i tunnelen, slik som Veglaboratoriet tidligere har anvist.

4. MATERIALER OG UTFØRELSE

4.1 U t s t ø p i n g m e d m e m b r a n

Sikringens plassbehov utenfor teoretisk profil er 25-30 cm. En regner med at en avjevning av fjelloverflaten med sprøytebetong vil bli rimligst i dette tilfelle. Våt-sprøyting med en forholdsvis mager betongkvalitet skulle være godt egnet, men tørrsprøyting kan også brukes. Tilslaget må ikke inneholde knuste materialer som senere kan gjennomhulle membranen. Nærmere detaljer må avgjøres i samråd med de som utfører sprøytingen.

Som membran antar en at polyetylenfolie som reises med stålspiler og legges i flere lag med stor overlapping skulle være velegnet.

Tilslutt støpes det ytre betonghvelvet med tykkelse 25-30 cm B-300 mellom membran og forskalling. Hvelvet bør føres noen meter forbi lekkasjepartiet, slik at vannet ikke presses ut i kanten av betongen.

4.2 B o l t i n g

Sikring krever ingen plass utenfor teoretisk profil. Det anbefales å bruke bolter som støpes inn med betong

i full lengde. Nærmere detaljer er gitt i vedlegg 1.

4.3 Platehvelv med frostisolering

Sikringens plassbehov utenfor teoretisk profil er 25-30 cm.

Det forutsettes at fjellet er helt stabilt, eventuelt ved hjelp av boltsikring.

Til framstilling av platehvelv kan nyttes korrugerte plater av aluminium. Platen bestilles fra produsent i ønsket tykkelse, størrelse og krumning. Bolter og bjelker til montering av platene kan være av aluminium eller varmforsinket stål. Som isoleringsmateriale kan brukes matter av mineralull med overtrekk av 0,15 mm tykk, helsveiset polyetylenfolie.

Boltene støpes først fast i fjellet med betong eller et herdende syntetisk materiale. Platene festes så til bjelkene med selvgjengende, korrosjonsfaste skruer.

Bjelkene ligger langsetter tunnelaksen mens platene ligger med korrugeringen på tvers, slik at vannet kan renne ned på baksiden. Ved montering av isoleringen bygger en videre på det enkle hvelvet. Mineralullmattene kan limes fast enten til de indre eller de ytre platene.

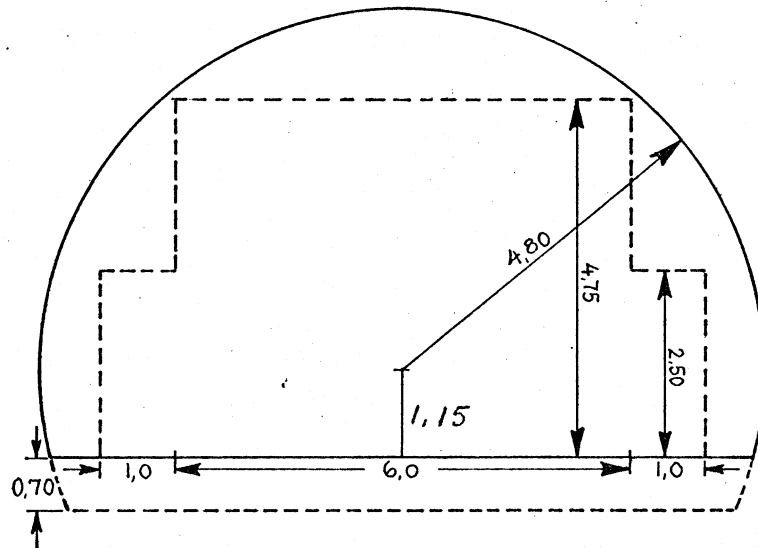
Så kommer et nytt lag med korrugerte plater på vegsiden. For å unngå kuldebroer må disse skrues sammen i kantene slik at de danner et selvbærende hvelv. For å stive av hele konstruksjonen kan det tilslutt med visse mellomrom reises opp støttebruer av galvaniserte stålrør. Slike rør kan også tjene som feste for tekniske installasjoner. Nærmere detaljer er gitt i vedlegg 2.

Når det gjelder utstøping med membran og montering av platehvelv forutsetter en et nært samarbeid mellom vegkontoret og Veglaboratoriet. En bør være oppmerksom på at leveringstidene for enkelte av de materialer som her er nevnt kan være lange.

Veglaboratoriet
Oslo 15. februar

Kaare Flaate
Kaare Flaate

E. Brenna
E. Brenna



Utsprengt tverrprofil og mindste tverrprofil for tunnel, vegkl. II d

Åtland tunnel, rv. E 18

Målestokk

1:100

Tegning nr.

K 74A - 01

Dato/Sign.:

VEGDIREKTORATET
VEGLABORATORIET - BÆRELAGSEKSJON



Fig. K 74 A - 02

Glimmergneis med skiffrighet som faller ca. 25 grader mot nord og gjennomsettende, loddrette sprekker.

Østre vegg av Åtland tunnel, rv. E - 18.

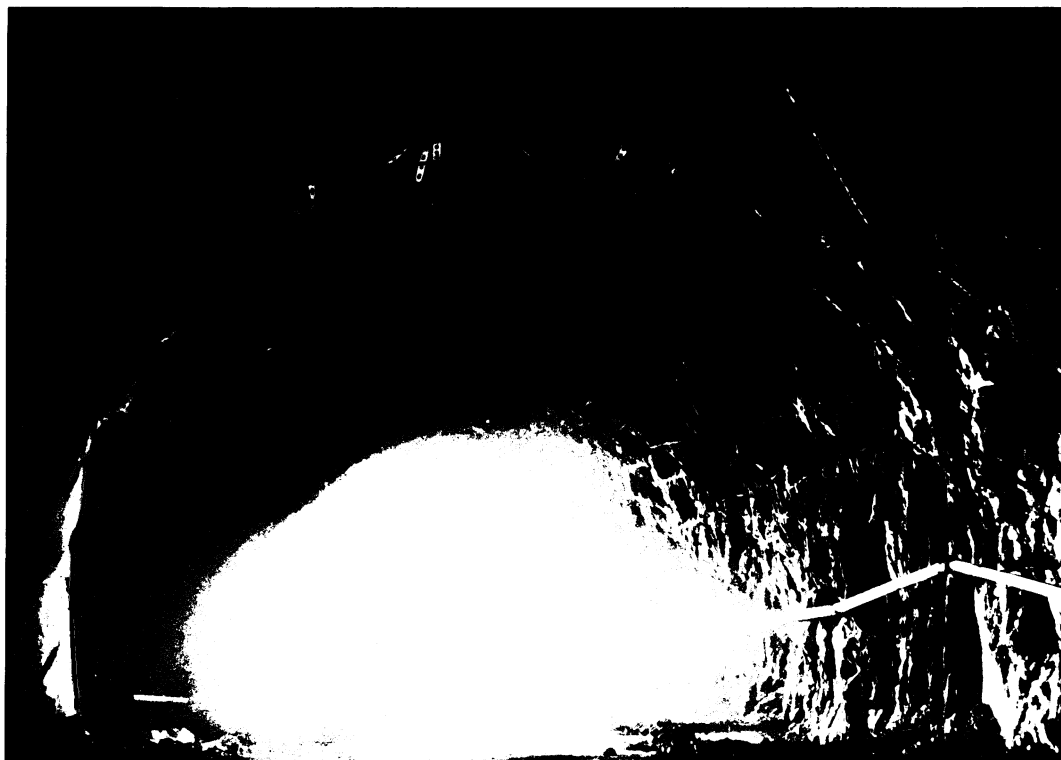


Fig. K 74 A - 03

Knusningssonen ved pel 578 som må støpes ut med membran. Fjellprofilet opptrukket.

Åtland tunnel, rv. E - 18.

K74A

VEDLEGG 1

FORSTERKNING AV FJELLET MED INNSTØPTE BOLTER

Arbeidsgangen er følgende:

- 1) Hullet bores opp med vanlig smalskjær (Borserie 11) i tilstrekkelig dybde og spyles rent.

Innstøping med syntetiske støpematerialer:

- 2) Patronen med støpemateriale skyves inn til bunnen av borchullet med bolten.
- 3) Ved hjelp av bormaskinen eller drill roteres bolten i ca. 30 sekunder slik at patronen knuses og komponentene blandes. Etter 10-30 minutter kan bolten belastes til brudd. Ved å varme opp bolten umiddelbart før innstøpingen kan herdetiden reduseres ytterligere. Hvis det er ønskelig kan bolten forspennes.

Innstøpning med betong (Bergjet-metoden):

- 2) Betong av passende konsistens fylles i pumpebeholderen og lokket stenges.
- 3) Pumpslangens ende føres opp til bunnen av borchullet.
- 4) Trykkluftventilen til pumpebeholderen åpnes, slik at blandingen presses fra beholderen gjennom slangen til bunn av borchullet.
- 5) Etersom borchullet fylles med betong, dras slangen langsomt ut, til man har fylt hullet i en tilstrekkelig lengde og ventilen stenges.
- 6) Bolten skyves eller slås deretter opp i hullet til plata ligger opp mot fjellet. Det bør da komme litt betong ut av borchullet, slik at man er sikker på at det er fylt helt ut til munningen. For å lette sentreringen i hullet kan det sveises fast "styrefinner" av ståltråd på boltene. Etter ca. 1 uke kan boltene belastes til brudd.

Utstyr:

Syntetiske støpematerialer fås kjøpt i form av patroner i forskjellige lengder og diametre og med forskjellige herdetider. De leveres her i landet av Norforskaling A/S, Haugenslettveien, Grorud, tlf. 250050.

Betong kan enten kjøpes som ferdig tørrmørtel eller blandes til selv. Ferdig mørtel leveres av Betong-kjemisk A/S' Frits Kiær's vei 11, Oslo 3. Den har betegnelsen Betokem EXM (H).

En passende blanding lages av like deler sand og sement. Sanden skal være jevnt gradert fra 0-2 mm. Ved aggressiv lekkasjevann bør det brukes sulfatresistent sement. Betongens konsistens er meget viktig for å oppnå et godt resultat. Den skal være plastisk til seigtflytende. Blir massen for tykk får man ikke pumpet den inn, blir den for tynn vil den ikke henge i borhullet.

Boltene lages av 20 mm KS 60. De kan enten ha en fast påsveiset underlagsplate eller plata kan være løs med hull og festes med gjenger og mutter. Er boltene forsynt med gjenger og mutter kan de forspennes ved at en støper inn enden av bolten, lar støpematerialet herdne og deretter forspenner. For å lette boltens innpressing i hullet kan den lages med meiselformet spiss.

Skal sikringen kunne regnes som permanent bør også den del av bolten som ikke støpes inn inklusive gjenger, plate, skive og mutter rustbeskyttes. (Tilpassing av gjengene bør skje etter denne behandlingen).

Overflaten renses da først i et beisebad, f.eks. bestående av ren saltsyre og vann i blandingsforhold 1:1.

Deretter varmforsinkes den med en lagtykkelse på 100 my, tilsvarende 800 g sink pr. m².

Tilslutt kromateres sinkbelegget for å hindre at det oppløses av fersk betong. Dette gjøres ved å dusje med en oppløsning bestående av 10 kg natriumdikromat, 0,25 kg svovelsyre og 0,25 kg saltpetersyre blandet med vann til 100 l løsning. Ca. 10 minutter etter påføringen spyles det hele med rent vann.

Eventuelle bånd og nett som brukes sammen med boltene bør rustbeskyttes på samme måte.

Bolter bånd og nett leveres av Rosings bro- og gjærdefabrik A/S, Lørenveien 54, Oslo, tlf. 214350.

Til blanding av betongen bør en helst ha en liten blandingsmaskin for å få tilstrekkelig jevn konsistens uten klumper. Det kan også brukes en drill påmontert visp til blandingen.

Til å pumpe betongen opp i borhullet finnes det spesielle pumper i handelen. Hordaland Vegvesen har imidlertid dårlige erfaringer med disse og har laget en konet beholder som tar ca. 10 l masse. Den har trykkluftinntak via en ventil øverst på siden. Massen fylles på gjennom en åpning på toppen, som kan stenges hermetisk med et lokk med klemmer. I bunnen er det tilkobling for plastslange som fører betongen inn i borhullet. Av hensyn til trykktapet bør ikke slangen være for lang, og beholderen bør stå oppe på arbeidsbukken.

Virkingen av boltene er avhengig av en god vedheftning fra boltene via betongen til fjellet. Er det vannlekkasjer fra borhullet kan en få utvasking av betongen før herding som resulterer i nedsatt vedhefting og dessuten fare for korrosjon av boltene.

Ved prøvebelastning av enkelte bolter med hydraulisk jekk kan vedheftingen undersøkes. ~~(Slik kontroll utføres bl.a. av Kontor for fjellsprengningsteknikk).~~

K74A

VEDLEGG 2

AVSKJERMING AV LEKKASJER MED PLATEHVELV

Vedlagte figurer viser prinsippene for bygging av frost-isolert platetak. Det forutsettes brukt dobbelt hvelv av sinusformede bølgeplater med isolering av mineralull overtrukket med plastfolie imellom. Arbeidsgangen er følgende:

1. Tunnelens tverrprofil måles nøyaktig opp slik at en er sikker på at det blir plass til hvelvet. Der hvor det er for trangt må det strösses ut. Helst bør hvelvet ha en krumningsradius i hele tverrprofilen for at det skal få maksimal styrke og samtidig være enkelt å montere.
2. Fjellets stabilitet kontrolleres. Det foretas rensk og boltsikring etter behov.
3. Boltene som fester hvelvet til fjellet måles nøyaktig inn og festes med ca. 2m mellomrom, f.eks. med syntetisk støpemateriale.
4. De langsgående bærebjelkene måles inn, skrues fast til boltene og overskytende boltender skjæres av.
5. Platene skrues fast til bærebjelkene. En begynner i taket og arbeider seg nedover slik at platene blir liggende med ca. 20 cm overlapp som en takteking. I tunnelretningen skal platene ligge med minst en bølgelendes overlapping. Vannet skal nå fritt kunne renne ned på baksiden. Slik fortsetter en til hele lekkasjepartiet er avskjermet.
6. Isoleringsmattene legges kant i kant og kan limes fast til bølgeplatene med spesiallim. En kan enten lime matten fast til det indre platehvelvet som alt er reist, eller en kan lime dem fast til de ytre platene og deretter montere disse. En må i begge tilfelle sørge for å unngå kuldebroer gjennom isoleringen. Det må heller ikke rives hull på mattene da dette vil føre til at fuktighet trenger inn og ødelegger isoleringsevnen.
7. Montering av ytre platehvelv begynner med bolter og vinkeljern som hvelvet skal hvile på. Deretter monteres platene, idet en begynner nederst i veggene og arbeider seg oppover mot midten av taket. For å unngå kuldebroer må isolering og plater presses opp mot det indre hvelvet og skrues sammen i kantene slik at de danner et selvbærende hvelv. For å forenkle monteringen kan det lages slisser i kanten for skruene.

8. Skal det kunne brukes tynne, forholdsvis billige plater i hvelvene bør de stives av med støttebuer tilslutt. Dette kan gjøres ved å reise opp buer av stålrør som på forhånd er bøyd til et profil som nøyaktig tilsvarende hvelvets. For å forenkle transporten kan rørene deles i kortere seksjoner som forbindes ved montering, f.eks. ved gjenger og muffe. Etter at buene er presset opp mot det ytre hvelvet låses de fast til vinkeljernet med skruer.
9. Den del av veggseksjonen som kommer under vegbanen bør beskyttes med en tykkere plate, f.eks. av PVC på innsiden.
10. Alle åpninger i kantene av hvelvet tettes til, f.eks. med skumplast, steinull etc. Dette er meget viktig for å hindre at kald luft kommer inn på baksiden av hvelvet. Dessuten gjenfylles med steinmaterialer slik at platene går helt ned i kultlaget. For å hindre iskjøving fra lekkasjer i sålen kan en også isolere under vegoverbygningen.

Materialer:

Plater, sinusformede bølgeplater i aluminium. Kan eventuelt fås lakkert, men dette er ikke nødvendig for korrosjonsbestandigheten. Bredde: 30". Lengde 6, 8 eller 12'. Tykkelse 0,56 mm. Plateskruer.
Leverandør: Vik Verk, Vik i Sogn.

Isolering, matter av glassull innpakket i sømfri polyetylenfolie. Tykkelse 5 eller 10 cm. Lengde og bredde bestilles etter hva som er mest praktisk ved montering
Leverandør: Glavaprodukter eller Rockwool, Oslo.

Lim, Pantex skumplastlim, HS 44,
Leverandør: Lüttichau kem. fabrikk, Oslo

Bolter, kamstål, varmforsinket 20-25 mm med gjenger, mutter og plate.

Bærebjelker, aluminium- eller stålprofiler (varmforsinket) 3-5 mm tykke på limt ca. 2mm tykk gummilist mot platene.

Støttebuer, stålrør, varmforsinket ca. 1½" diam.

Leverandør: Diverse mek. verksteder, f.eks. Ørsta stålindustrier.

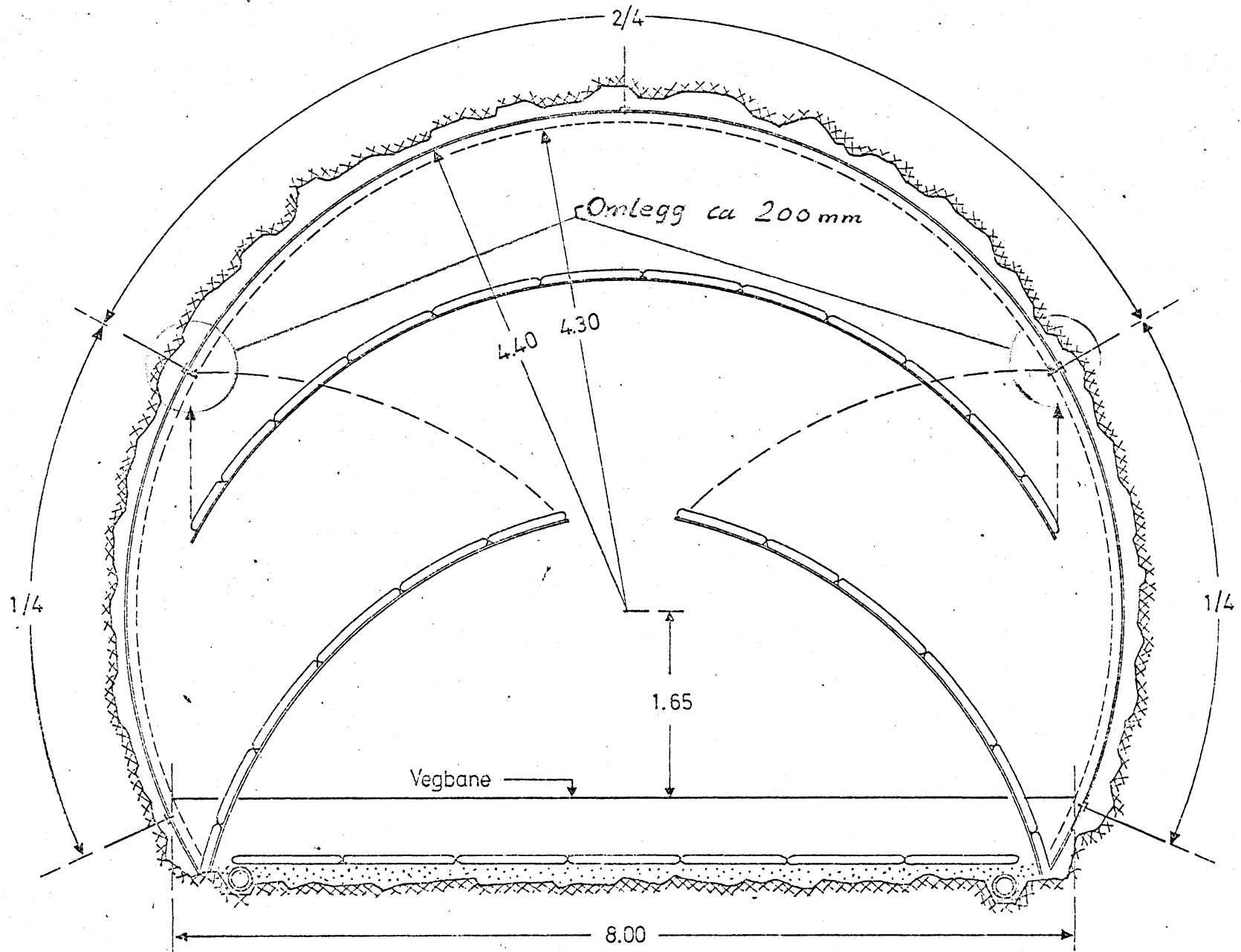


FIG. 1. VANN OG FROSTSIKRING AV TUNNELER, VEGKLASSE II D.
 Dobbelt Al-platetak isolert med mineralull. Isolasjon i såle.
 Stadier under montering. M=1:50

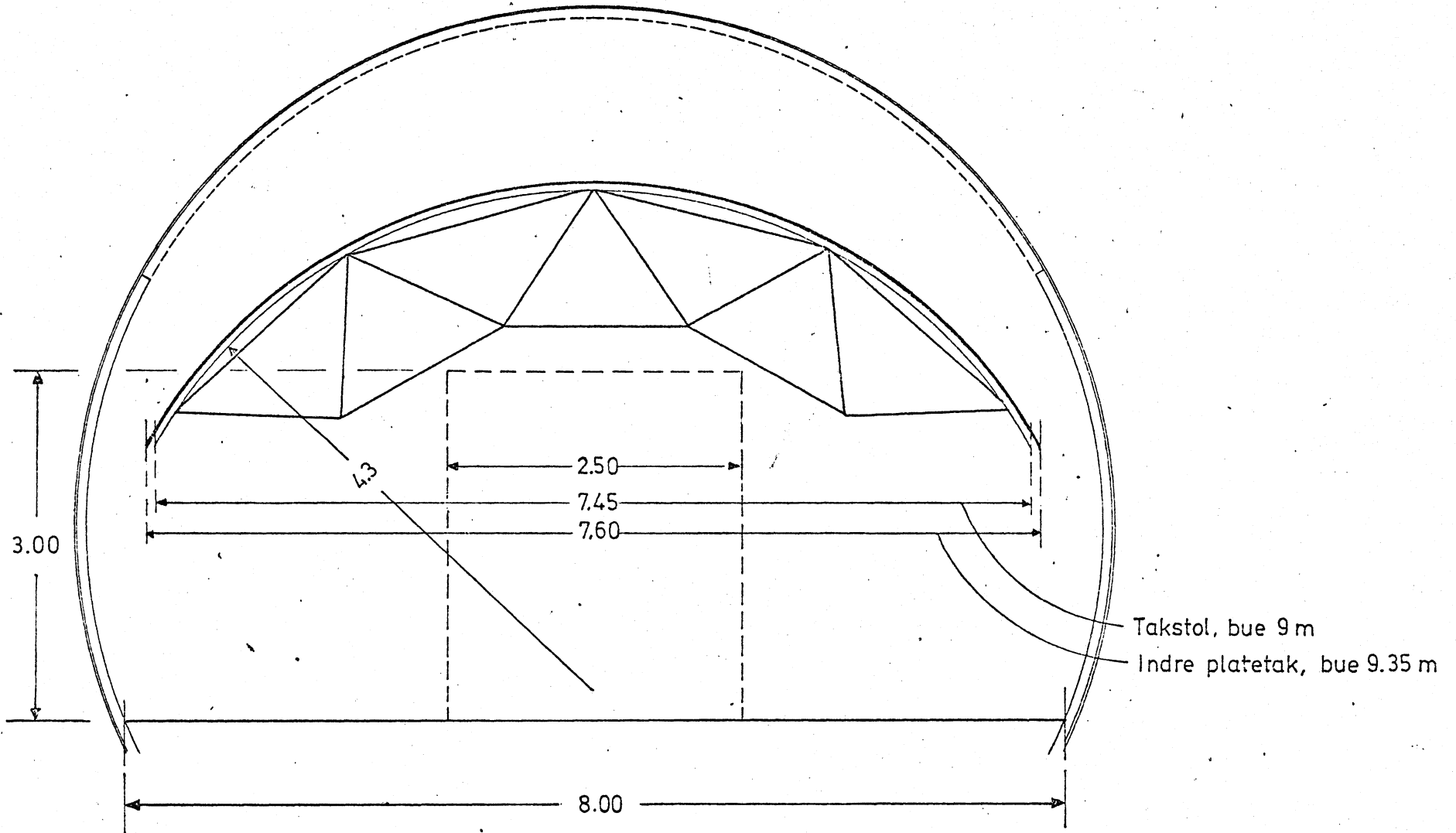


FIG.2.
 TAKSTOL FOR MONTERING AV INDRE
 PLATETAK MED ISOLERING. M=1:50

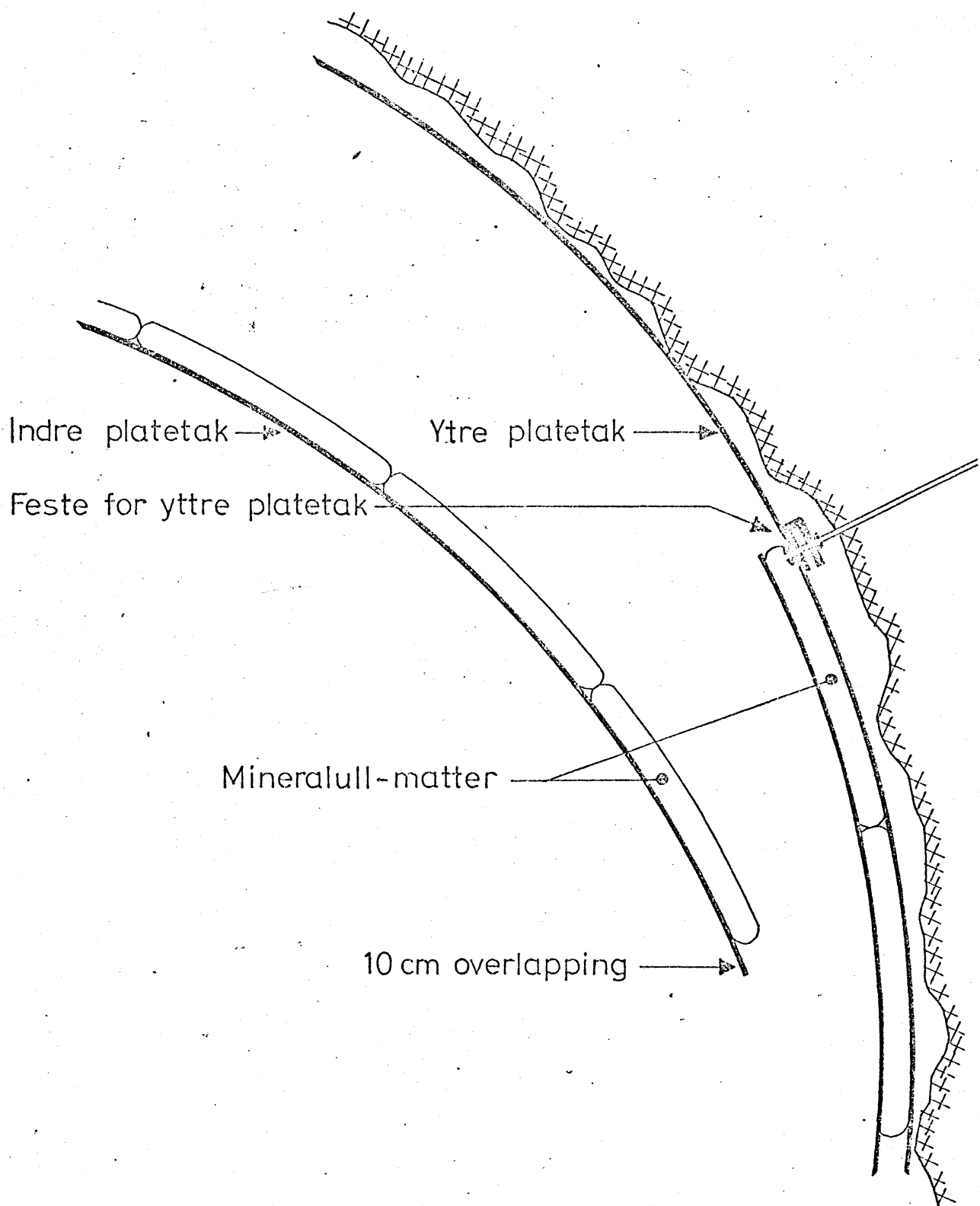


FIG. 3.
MONTERING AV INDRE PLATETAK
MED ISOLERING.

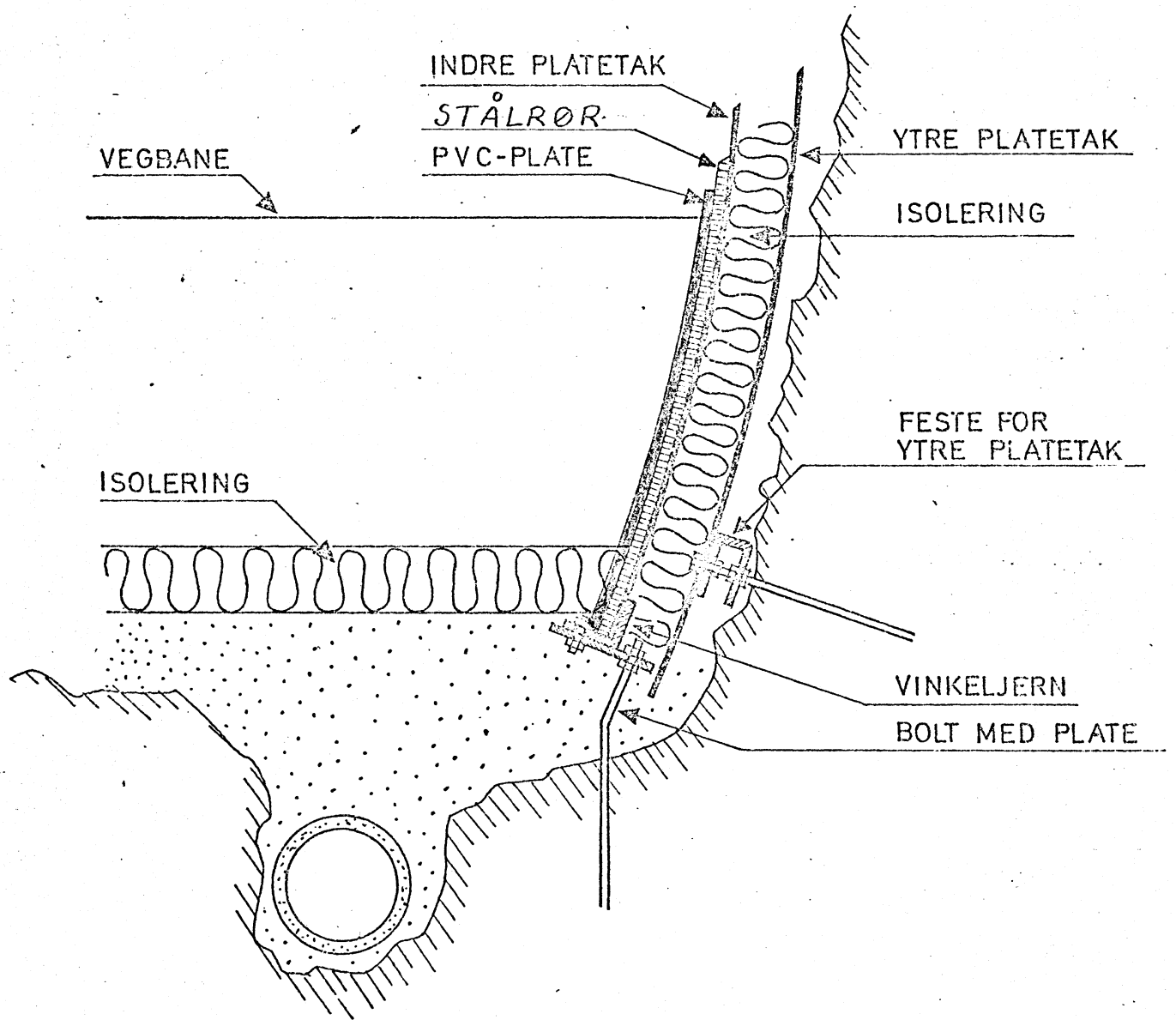


FIG. 4.

FOT FOR INDRE PLATETAK.

M. 1:10

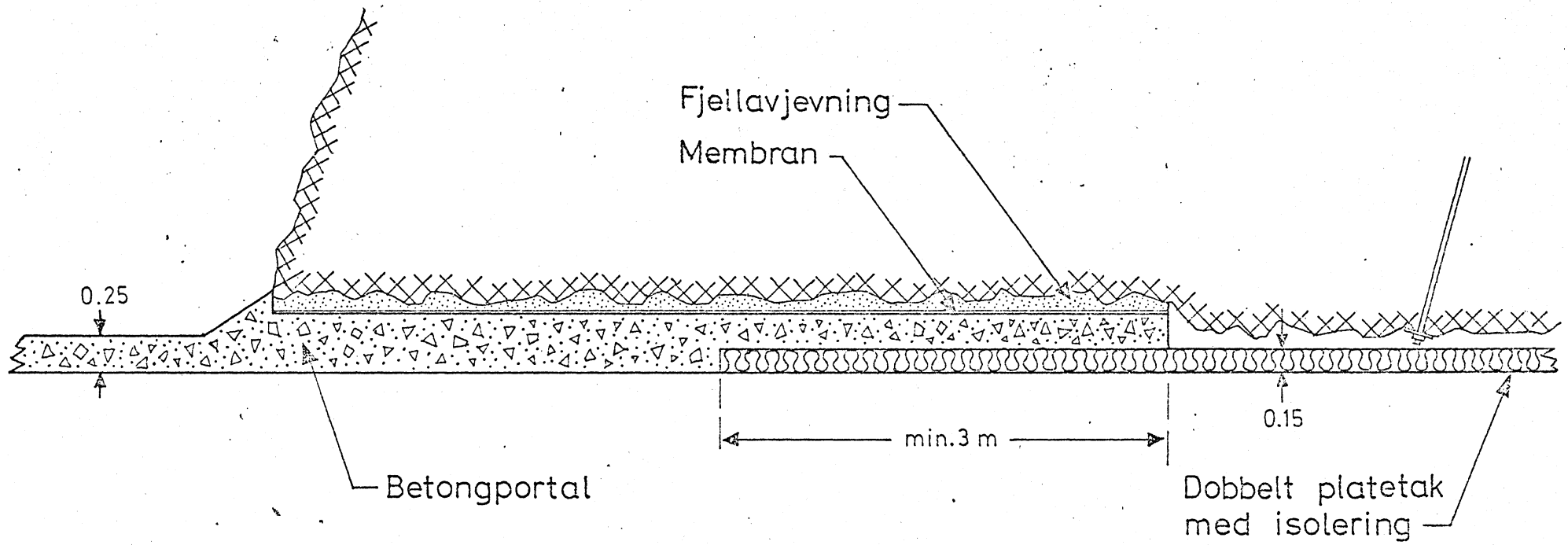


FIG. 5. OVERGANG PORTAL-ISOLERT PLATETAK.

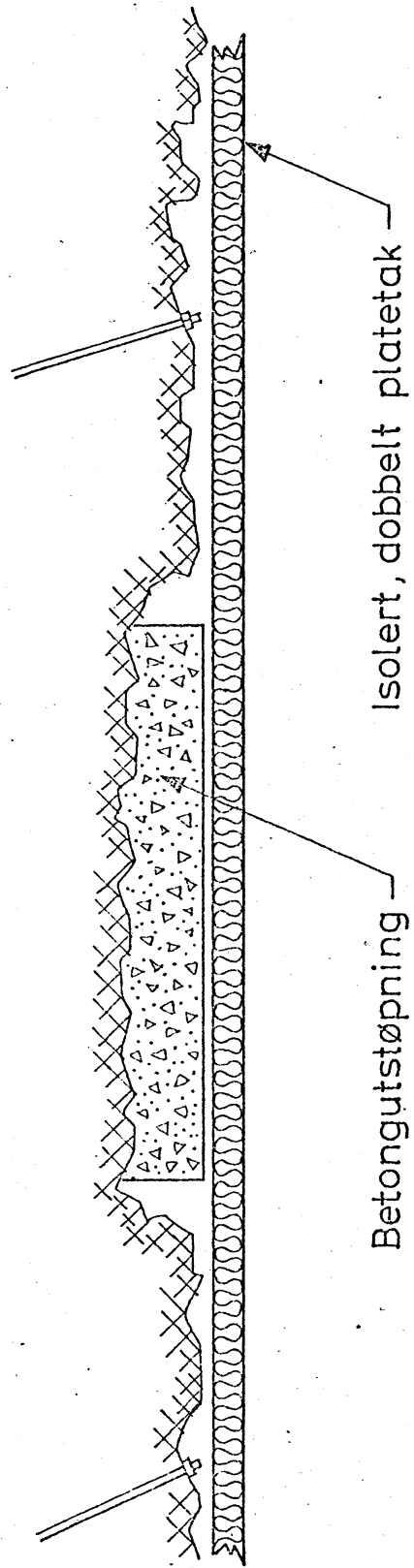


FIG.6. ISOLERT PLATETAK FORBI KORT BETONGUTSTØPNING.