

NGU Rapport nr. 1643

Seismisk undersøkelse for
Bakklandsforbindelsen

TRONDHEIM, SØR-TRØNDELAG

1978



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eiriksons vei 39
Tlf. (075) 15860

Postboks 3006
7001 Trondheim

Postgironr. 5168232
Bankgironr. 0633.05.70014

Rapport nr.	1643	Åpen/ Kontrollert
Tittel:	Seismisk undersøkelse for Bakklandsforbindelsen	
Sted:	Trondheim, Sør-Trøndelag	
Oppdragsgiver :	Trondheim kommune	
Utført i tidsrommet: 1978	Antall sider : 5	
Antall bilag : 1	Antall tegninger : 2	
Saksbearbeider(e):	Gustav Hillestad Peter Melleby Arthur Meek	
Ansvarshavende:	Gustav Hillestad	
Sammendrag :	Målingene ble utført i tidsrommet 22. - 25. mai 1978. Undersøkelsen skulle belyse grunnforholdene på Bakklandet i Trondheim i forbindelse med planlegging av vegtunnel.	
Koordinatreferanse (UTM):		
Nøkkelord	1621	
	Berggrunn og løsmasser	Ingeniørgeologi
	Geofysikk	Seismikk

INNHold:Side:

OPPGAVE

4

UTFØRELSE

4

RESULTATER

4

Bilag 1 : Beskrivelse av seismisk refraksjonsmetode

Tegninger:

1643-01 : Oversiktskart

1643-02 : Grunnprofiler

OPPGAVE

I forbindelse med den pågående utredning av ny hovedvegforbindelse over Bakklandet fikk NGU i oppdrag å utføre seismiske undersøkelser langs 4 profiler, hvis beliggenhet er vist på tegning nr. 01. Profilene ble valgt slik at de skulle gi god dekning for flere av de påtenkte alternativer samtidig som de måleteknisk skulle kunne utføres uten alt for store problemer.

Først og fremst var det forholdene for tunnelpåhugg en ønsket å få belyst. Derneft var det ønskelig å få et begrep om tykkelse av fjelltak samt om fjellets kvalitet.

UTFØRELSE

Målingene ble utført etter vanlig seismisk refraksjonsmetode, som i hovedtrekkene er beskrevet i vedheftet bilag. Den anvendte registreringsapparat var en 12-kanals ABEM TRIO. Innbyrdes seismometeravstand varierte fra 2.5 m til 20 m, alt etter hvor store dyp en regnet med å skulle registrere. En stod mindre fritt enn vanlig med hensyn til valg av sprengladningenes plassering og størrelse fordi det dreide seg om bebygget og sterkt trafikkert område.

Terrenghøyder ble ikke målt, men tatt ut fra foreliggende kart.

RESULTATER

På vedheftet tegning nr. 02 er tolkningen av måleresultatene fremstilt grafisk i vertikalsnitt gjennom profilene. De inntegnede dyp representerer egentlig de korteste avstander til sjiktgrensene - da lydbølgene ikke bare forplanter seg i vertikalplanet - og disse kan leilighetsvis være mindre enn de vertikale dyp. Det angitte fjellrelieff må betraktes som et utglattet bilde av fjellet, hvor eventuelle finere detaljer ikke kommer frem.

Seismogrammene ble ganske gode på tross av trafikkstøyen, og de resulterende diagrammer later til å gi grunnlag for tolkninger som er noenlunde entydige med hensyn til fjellets beliggenhet.

Det øverste laget av løsmassen har en lydhastighet av 400 - 600 m/s, som svarer til humus og sand. I profil 4 ser det ut som dette laget ligger direkte på fjell i Øvre Møllenbergs gate og tilstøtende del av Nedre Kristianstens gate. Forøvrig har en i en vesentlig del av profilene registrert et mellomliggende lag hvor lydforplantningshastigheten er ca. 1500 m/s. Denne hastighet kan svare til forskjellige typer materiale, men i dette tilfelle dreier det seg nok om leire.

Når en ser bort fra muligheten for "blinde soner" og andre systematiske feil, anslår en usikkerheten i de beregnede dyp til $\pm 10\%$.

Når det gjelder fjellets kvalitet, regner en gjerne som en grov regel at hastigheter på 4500 m/s eller mer svarer til godt fjell med hensyn til tunneldrift. Ved denne undersøkelsen var det bare i deler av profil 4 at en registrerte hastigheter som skulle svare til direkte tvilsomt fjell. I dette partiet er fjellet lite overdekket. Det kan derfor muligens dreie seg om dagforvitring som ikke når ned til tunnelnivå.

Trondheim 28. juni 1978.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling

G. Hillestad
geofysiker

SEISMISK REFRAKSJONSMETODE.

Metoden grunner seg på at lydens forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/sek i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/sek i enkelte bergarter.

En "lydstråle" fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom 2 sjikt hvor lydhastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallsloddet, slik at $\frac{\sin i}{\sin R} = \frac{V_1}{V_2}$. Når R blir $= 90^\circ$, vil den

refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har $\sin i = \frac{V_1}{V_2}$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstiller denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi årsak til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå frem før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnytter en ved å plassere seismometre langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner i samme linje. En får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydhastigheten langs profilet, kan en oppnå en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

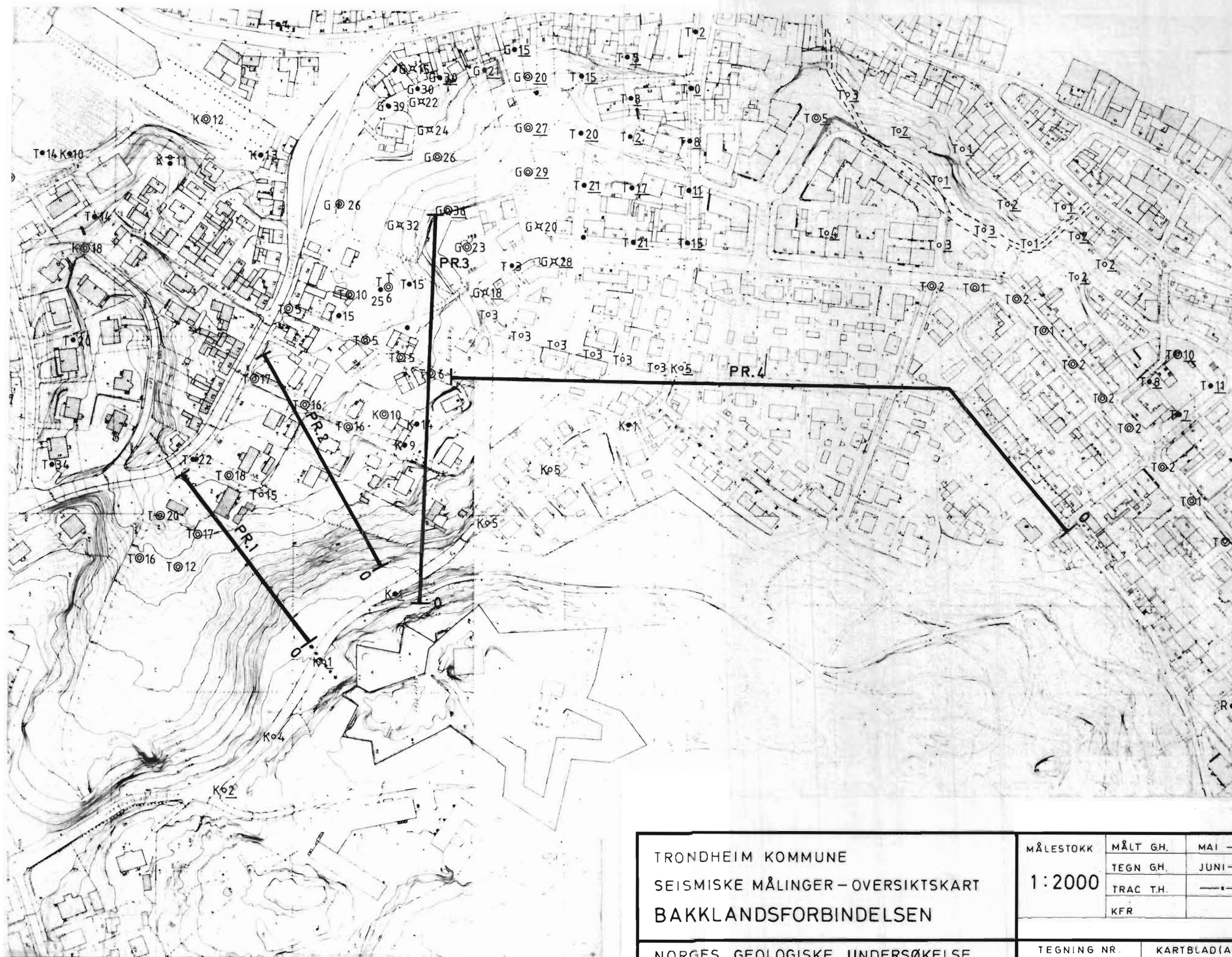
Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. En får refrakterte bølger fra alle grenser når hastig-

heten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil en gjerne få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i de opp-tegnete diagrammer, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten senere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt "blind sone", og de virkelige dybder kan være vesentlig større enn de beregnede. En annen feilkilde er til stede hvis lyden på sin vei nedover i jordskorpen treffer et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det aldri komme refrakterte bølger opp igjen til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil derfor ikke kunne erkjennes av måledataene. De virkelige dyp vil være mindre enn de beregnede. Generelt må en si at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt.

Med den anvendte apparatur vil en kunne bestemme bølgenes "løpetid" med en usikkerhet av 1 millisekund når seismogrammene har gjennomsnittlig kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/sek, svarer dette til en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Når en oppnår førsteklasses seismogrammer, kan tiden avleses med 0.5 millisekund nøyaktighet, men selv da mener vi det er urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell - størrelsesorden 1 m - blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og en må regne med prosentvis store feil i dypene.



TRONDHEIM KOMMUNE
SEISMISKE MÅLINGER - OVERSIKTSKART
BAKKLANDSFORBINDELSEN

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

MÅLESTOKK 1:2000	MÅLT GH.	MAI -78
	TEGN GH.	JUNI-78
	TRAC TH.	— — —
	KFR	

TEGNING NR.	KARTBLAD (AMS)
1643-01	

