

Rapport 6622.01 Oslo, 7. november 1980

SEISMISKE MÅLINGER VED NORDFJORD  
(HOLANDSFJORD)

for NORDLAND VEGKONTOR

A/S GEOTEAM

Hovedkontor

Wm. Thranesgt. 98, Oslo 1 - Tlf. (02) 37 97 85  
Tlx. 18489 gt n

Seismiske målinger ved  
Nordfjord (Holandsfjord)

for Nordland Vegkontor.

INNHOLD

Innledning	Side 1
Markarbeid	" 1
Oppmåling	" 1
Måleresultater	" 1

BILAG OG TEGNINGER

Bilag S 2	: Refraksjonsseismiske målinger, prinsipper og anvendelser
Bilag S 20	: Tegnforklaring
Bilag S 21	: Seismiske hastigheter i kvartære avsetninger
Bilag S 22	: Seismiske hastigheter i fjellgrunnen
Tegning 6622-1	: Situasjonsplan, profil 1-2/80
Tegning 6622-2	: Profilseksjoner, profil 1-2/80

## INNLEDNING

På oppdrag for Nordland Vegkontor har A/S GEOTEAM utført seismiske undersøkelser i forbindelse med veiskjæring, og for massetak ved Nordfjord.

Hensikten med undersøkelsen var å bestemme mektigheten av løsmassene.

## MARKARBEID

A/S Geoteams personell : B. Sjøgren, A. Olsen og E. Fermann.  
Hjelpfolk : ble stilt til disposisjon av oppdragsgiveren.  
Måleperiode : 15. - 16.7.1980.  
Total profillengde : 360 m fordelt på to profiler.  
Skuddavstand : 25 m.  
Geofonavstand : 5 m.  
Utstyr : Trio ABEM

## OPPMÅLING

Innmåling og nivellering : ble utført av oppdragsgiverens personell.  
Kartgrunnlag : kart i målestokk 1:1000 uten referanse, oversendt fra oppdragsgiver

## MÅLERESULTATER

Målingene ble utført på en smal morenerygg med meget bratte sider. Da en kunne regne med store dybder til fjell, ble de foreslåtte profilene forlenget.

De største løsmassemekthetene, 50 - 60 m, er å finne i begynnelsen av de målte profilene. Utenfor slutten av profilene, i forbindelse med at terrenget stiger, går fjellet i dagen.

Løsmassene utgjøres av en delvis storblokkig morene. Økningen av hastighetene i løsmassene mot dybden er trolig forårsaket av en økning i vanninnholdet. En kan dog ikke helt se bort fra at hastighetsøkningen henger sammen med en forskjell i materialsammensetning. Bunlaget med hastighet 1900 m/s består trolig av et nokså fast materiale.

Oslo, 7. november 1980

for A/S G E O T E A M

  
Anders Dahle

Bengt Sjøgren

## REFRAKSJONSSEISMISKE MÅLINGER, PRINSIPPER OG ANVENDELSER

Ved refraksjonsseismiske målinger registreres bølger som er bøyet (refraktert) inn i geologiske lagstrukturer og følger disse. Måleapparater (geofoner, seismometre) plasseres langs en målelinje (profil) i det området som ønskes undersøkt.

Fra energikilder (sprengladninger) som blir utløst i overflatelaget, vil bølger forplante seg i alle retninger fra skuddpunktet og sette geofonene i svingninger. I geofonene blir svingningene omsatt til elektriske signaler og ført frem til en forsterker gjennom kabler. Disse signaler forsterkes opp og går videre til en oscillograf som tegner opp svingningene på fotopapir (seismogram) eller lagrer dem på magnetbånd.

Ved gitte avstander mellom skuddpunktet og registreringspunktene kan en på grunnlag av seismogrammene plote opp tidspunktet for bølgenes ankomst til geofonene som funksjon av avstanden fra skuddpunktet. Se figur 1.

En slik plott kalles et gangtidsdiagram.

Gangtidsdiagrammet danner grunnlag for bestemmelse av de seismiske hastighetene, samt den tid det tar for bølgene å tilbakelegge visse avstander. Etter at hastighetene er bestemt, kan dybden til laggrenser beregnes ved hjelp av matematisk utledede formler.

Den refraksjonsseismiske metode er ikke bare begrenset til beregning av lagdelinger og lagtykkelser i løsmasser. Den gir også verdifull informasjon om fjellkvalitet ved måling av fjellhastigheter. Oppsprukket fjell og knusningssoner kan påvises ved senkning i bølgehastigheten gjennom slike områder. Dette er av stor betydning for ingeniørgeologiske vurderinger av fjellgrunnen i forbindelse med tunneltracéer, bygging av fjellrom o.s.v.

I denne forbindelse er det viktig å merke seg at geofonavstand såvel som seismiske målelinjers retning i forhold til en svakhetssone er av betydning for muligheten til å registrere den ved hjelp av refraksjonsseismikk. Soner som er smalere enn geofonavstanden vil som regel ikke kunne registreres. Dersom profilene krysser sonen mye på skrå eller går tilnærmet parallelt med sonen, vil den virke smalere enn den virkelig er, og i verste fall ikke bli registrert. Det er også viktig å merke seg at ved refraksjonsseismikk registreres svakhetssonens skjæring med overflaten. Dersom sonen ikke faller vertikalt, vil f.eks. en tunnel i dypet krysse den på et annet sted enn det som direkte leses ut fra et refraksjonsseismisk profil.

Analyse av rene løsmassehastigheter kan også til en viss grad gi opplysninger om massenes sammensetning og karakter som støtte ved geotekniske undersøkelser. Ved refraksjonsseismiske målinger kan en i mange tilfeller påvise grunnvannsstanden i løsmasser idet våte løsavsetninger har høyere hastighet enn tilsvarende tørre masser.

Anvendelsen av den refraksjonsseismiske metode bygger på noen viktige forutsetninger:

- I. Konstant hastighet innenfor lagene ved hvert skuddpunkt (beregningsspunkt).
- II. Hastigheten fra lag til lag må øke nedover i dypet.
- III. Hvert lag må være representert i gangtidsdiagrammet med sin typiske hastighet.

Avvik fra disse forutsetninger gir grunnlag for følgende feilkilder:

- A. Dersom et lag har lavere hastighet enn et overliggende, vil laget "hoppes over", og en kan beregne for store dyp til fjell.
- B. "Blindsonelag" er lag med høyere hastighet enn overliggende lag, men der lagets mektighet og beliggenhet i dypet er slik at bølger fra dette laget kommer seinere inn enn tilsvarende bølger fra dypere liggende lag. I slike tilfeller kan en beregne for små dyp til laget under.

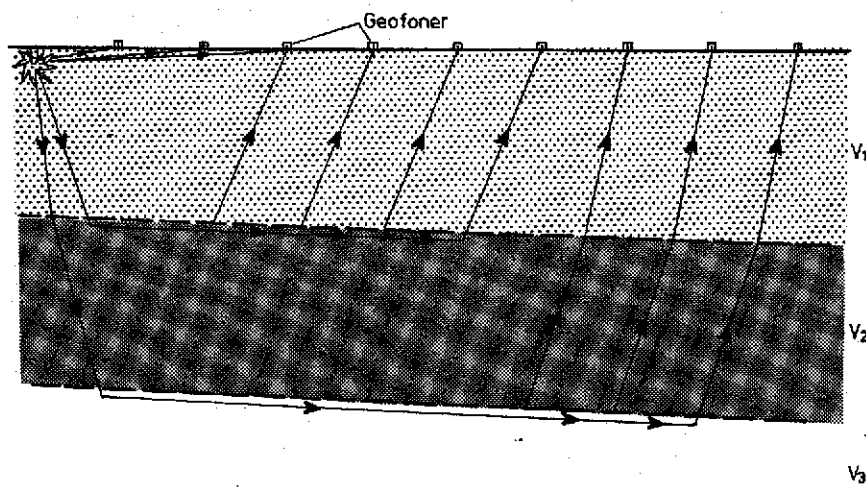
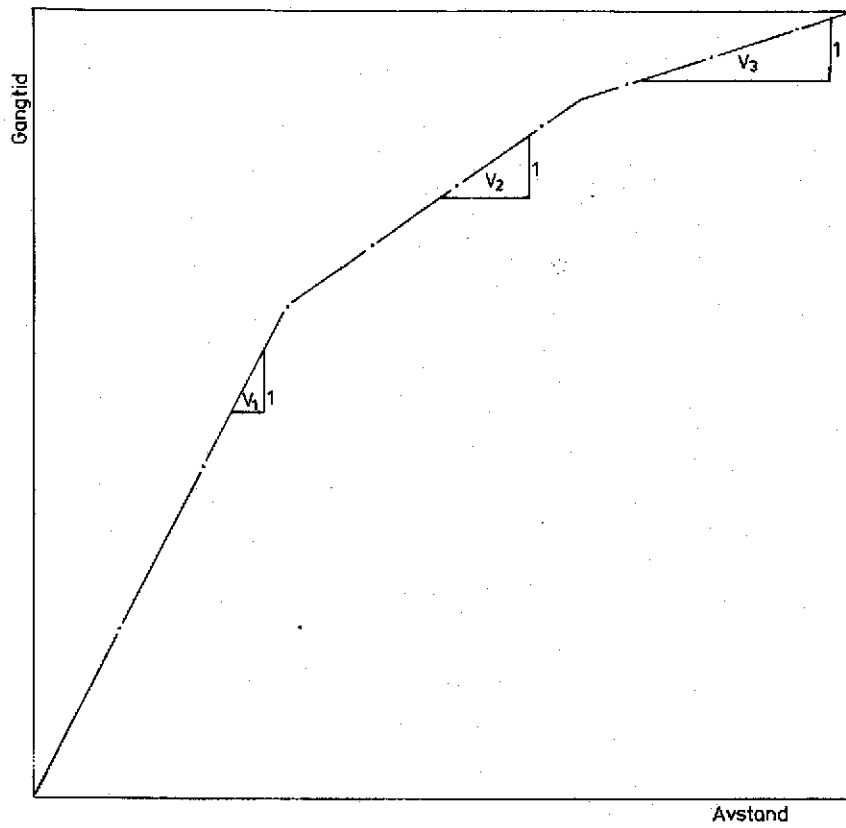
Problemet med lavhastighetslag (A) kan forekomme f.eks. dersom et tykt blokkrikt lag ligger over et tynt lag med sand. Hastigheten i det blokkrike laget vil som regel være høyere enn i sand, og sandlaget vil under slike omstendigheter ikke bli representert i gangtidsdiagrammet på en slik måte at hastighet og mektighet kan beregnes. Et spesialtilfelle av lavhastighetslagproblematikken oppstår ved tele og permafrost eller ved målinger på kunstige overflatedekker, og kan gi relativt store feil i dybdebestemmelsene.

Eksempler på "blindsonelag" (B) er f.eks. morene mellom finere masser og fjell; vannmettede masser under tørre masser eller oppsprukket fjell (dagfjell) mellom løsmasser og solid godt fjell.

Målingene vil i de fleste tilfeller gi indikasjoner på om forutsetningene I-III er oppfylt, slik at en både ved markarbeid og beregninger kan utføre korreksjoner og innhente tilleggsinformasjon som innenfor rimelige feilgrenser gir svar på de spørsmål som stilles. Erfaringer m.h.t. markarbeid og beregningsmetodikk, samt god teoretisk bakgrunn er i slike tilfeller av betydning. Generelle matematiske feilgrenser når det gjelder dybdebestemmelser ved refraksjonsseismikk kan vanskelig oppstilles. Erfaring fra boringer og avdekninger ved f.eks. tunnelpåslag har imidlertid gitt et rikholdig statistisk materiale for vurdering av nøyaktigheten ved fjelldybdebestemmelser. På dette grunnlag har vi kunnet sette opp følgende verdier for standardavviket av våre fjelldybdebestemmelser:

Dyp mindre enn 10 m:	± 1 m
Dyp større enn 10 m:	± 10% av beregnet dyp

En bør også være oppmerksom på at dybder beregnet ved refraksjonsseismikk representerer normalen til fjellflaten.



Figur 1.



SEISMISKE HASTIGHETER I KVARTÆRE AVSETNINGER

Longitudinalbølgenes hastigheter gjennom forskjellige typer kvartære avsetninger spenner over et vidt område, fra ca. 100 m/s i tørre og løse jordlag til ca. 3000 m/s i meget hardpakkede og tette vannmettede moreneavsetninger. De viktigste faktorer som er avgjørende for hastigheten i sedimentene er vanninnhold, porøsitet, kornstørrelse og mineralogisk sammensetning.

De seismiske hastighetene kan gi visse indikasjoner på hvilke typer løsavsetninger som finnes langs et profil. Bakgrunnen for dette er at hastighetene i forskjellige typer løsavsetninger faller i visse hastighetsområder. En beregnet hastighet vil derfor tilsvare en løsmasstype eller også i enkelte tilfelle, flere alternative løsmasstyper. Nedenfor følger en liste over variasjonsområdet for hastighetene i enkelte løsmasstyper.

Morene over grunnvannsnivået	300 m/s - 1300 m/s
" under "	1700 m/s - 2800 m/s
Sand over "	300 m/s - 800 m/s
Grus over "	300 m/s - 1100 m/s
Sand og grus under grunnvannsnivået	1000 m/s - 1700 m/s

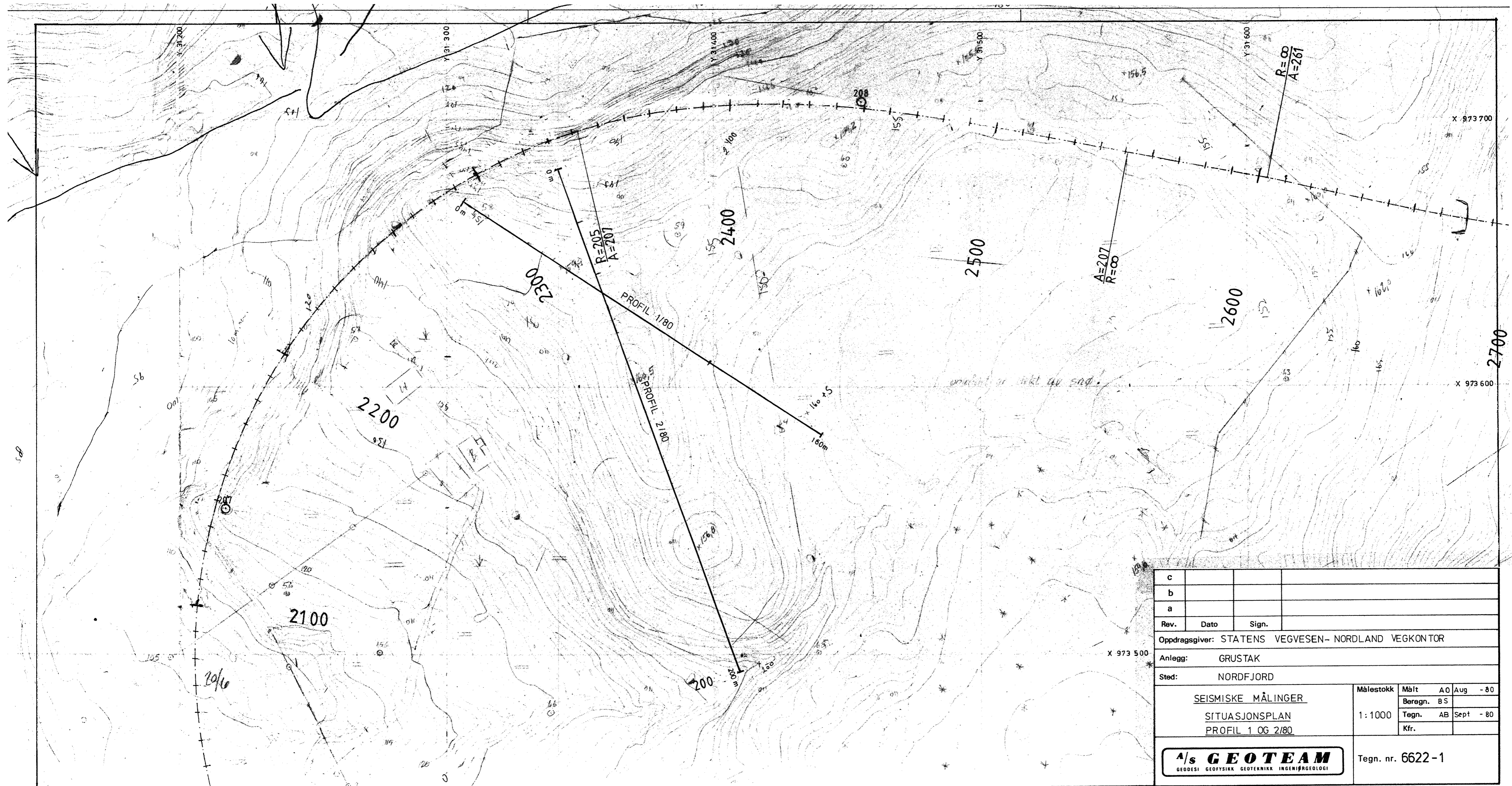
SEISMISKE HASTIGHETER I FJELLGRUNNEN

Hastigheten for seismiske longitudinalbølger gjennom forskjellige bergartstyper spenner over et vidt område. Som eksempel kan nevnes at porøse kalkbergarter har en hastighet på ca. 2300 m/s, mens massive diabasbergarter har en hastighet på opptil 7000 m/s.

Generelt er hastigheten i et medium avhengig av flere faktorer. I en bergart er porøsiteten en særlig viktig faktor. En økning i porøsitet ved for eksempel en oppsprekking vil føre til en hastighetssenkning. Lavhastighetssoner i fjellgrunnen korresponderer derfor oftest til dårligere fjellkvalitet.

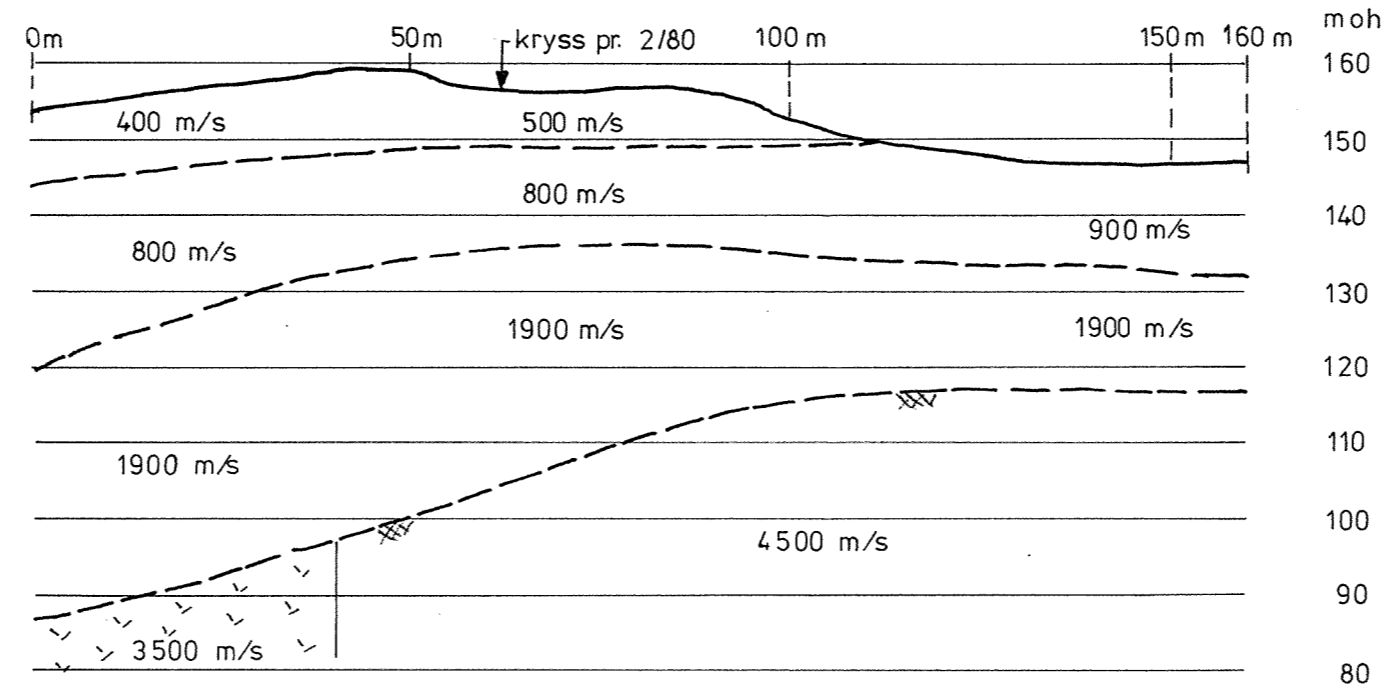
For bergarter med godt utviklet planstruktur vil bergartenes strøk og fall i forhold til profilretningen også være avgjørende for den registrerte hastighet. De høyeste hastigheter registreres langs skifrihetsplanet, og de laveste vinkelrett på dette. Som eksempel kan nevnes at en variasjon på 1000 m/s - 1500 m/s i hastigheten i meget skifrige bergarter, målt hennholdsvis parallelt og vinkelrett på skifrihetsplanet, ikke er uvanlig.

Dersom en har kjennskap til bergartstypene i et måleområde, samt opplysninger om bergartenes strøk- og fallretning, har en gode muligheter for å lokalisere knusningssoner eller sleppesoner ved en analyse av de seismiske hastighetene.

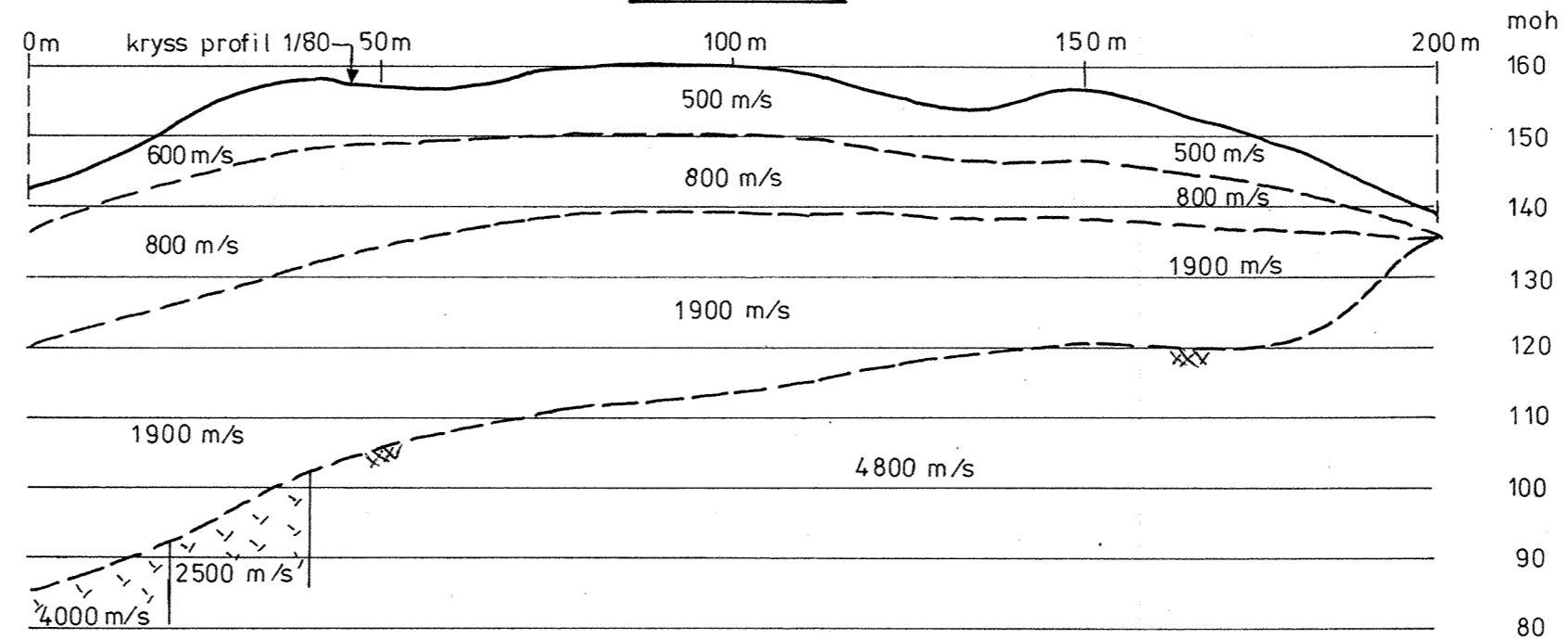


c							
b							
a							
Rev.	Dato	Sign.					
Oppdragsgiver: STATENS VEGVESEN- NORDLAND VEGKONTOR							
Anlegg: GRUSTAK							
Sted: NORDFJORD							
SEISMISKE MÅLINGER SITUASJONSPLAN PROFIL 1 OG 2/80			Målestokk	Målt	A0	Aug	- 80
			1:1000	Beregn.	BS		
<b>A/s GEOTEAM</b> <small>GEDDESI GEOFYSIKK GEOTEKNIKK INGENIØRGEOLOGI</small>				Tegn.	AB	Sept	- 80
				Kfr.			
			Tegn. nr. 6622-1				

PROFIL 1/80



PROFIL 2/80



c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgiver: STATENS VEGVESEN - NORDLAND VEGKONTOR			
Anlegg: GRUSTAK			
Sted: NORDFJORD			
SEISMISKE MÅLINGER PROFIL 1 OG 2/80			Målestokk
			Målt A O Aug -80
			Beregn. BS
			Tegn. AB Sept. -80
1: 1000			Kfr.
			Tegn. nr. 6622-2