

DATO: 2/11-1977

RAPPORT NR: 1006

KARTBLAD

Antall sider
— " — bilag

SAKSBEARBEIDER Ø. Logn

A/S BIDJOVAGGE GRUBER

RAPPORT VEDPØRENDE:

Forsøk med Hammerseismikk.
Bestemmelse av dypet til fast fjell.
Bidjovagge/Kautokeino.

RESYMÉ:

1. Forsøkene er positive.
2. Seismografen m/utstyr fungerer meget tilfredsstillende.
3. Seismisk sett består overdekket av to lag:
 - a) Et øvre, porøst, med forplantningshastighet ca. 300 m/s.
 - b) Et nedre, fastere (vannførende); i Bidjovagge, med hastighet ca. 1300 m/s, 1700-1800 m/s i sandmo nord for Kautokeino.
4. Underliggende fjelloverflate med høy forplantningshastighet, i middel 4000 m/s, er påvist i 3-15 m dyp.
5. Det foreslås å anskaffe et utstyr, type Bison 1570 C, se bilag, bakerst.
6. Det antas at sporletergruppen kan foreta selvestendige dybdebestemmelser etter opplæring.

FORDELING
OSLO:

KIRKENES:

ANDRE:

KOMMENTAR:

1. Innledning.

Bestemmelse av dypet til fast fjell er ofte aktuelt i forbindelse med opplegg og utførelse av diamantboringer. Relativt små endringer i planlagte borposisjoner kan bety betydelig økning i løsdেকেboring; et merarbeide som av flere grunner er lite ønskelig. Eller det motsatte kan være tilfelle: Et relativt ubetydelig flytt av bormaskinen kan bety mindre jordboring.

Ved diamantboring i morenedekket område er man så å si daglig stillet overfor problemer av denne art. Det skulle derfor være ønskelig å ha profiler over løsdেকেs tykkelse, før man eventuelt plasserer en bormaskin i terrenget. I tilfeller med tynt overdekke kan man hjelpe seg med enkle sonderbor, men resultatene kan være kontroversielle, hvis det er sten i løsdেকেt. Geofysisk kan bestemmelse av dypet til fast fjell skje ved to metoder:

- 1) Seismisk refraksjon
- 2) Elektrisk sondering.

Den seismiske metode gir de lettest tydbare og derved sikreste resultater.

I de seneste år har man tatt opp hammerseismikken igjen. Denne metodikk består i at man som energibilde benytter et hammerslag istedenfor sprengstoff. Fremgangsmåten ble benyttet i seismikkens barndom, men ble forlatt, fordi energistørrelsen var begrenset. Med moderne seismometre og registrering har metoden kommet til heder og verdighet igjen for spesielle formål som bestemmelse av moreneavsetningers tykkelse etc. Spesielt synes Bison Instruments' nye seismograf - som har en mulighet for lagring av data - velegnet for formålet. Bison's seismograf har mulighet for å bringe svake refraksjoner fra dypere liggende diskontuiteter (f.eks. fjell-overflaten) ut av bakgrunnsstøyen ved at man sender flere impulser (hammerslag) fra samme punkt til ett og samme seismometer. Seismografen summerer opp innkommende impulser; bakgrunnsstøyen (tekniske anlegg, vindsus, etc.) kommer tilfeldig inn og vil svekkes i forhold til reelle impulser fra

underliggende diskontinuiteter. Ved denne fremgangsmåte oppnår man:

- 1) Øket undersøkelsesdyp.
- 2) Resultater også under ugunstige forhold med vind, maskiner i arbeide, eller i trafikk.
- 3) Større nøyaktighet.
- 4) Kortere tid i felt, fordi et lite antall hammerslag er nødvendig for å frem pålitelige avlesninger.

Se forøvrig brosjyre vedlagt bakerst i bilag.

Prospekteringskontoret syntes mulighetene så interessante ut, og det ble bestemt å foreta en utprøving av metodikk og seismograf over morenedekket i Bidjovagge, der tykkelsen er relativt godt kjent fra et antall diamantboringer.

2. Instrumentfelt.

For forsøkene ble leiet følgende to seismografer fra Penning Environmental Products Ltd., Luton, England:

- 1) Bison type 1550
- 2) Bison type 1570 C,

begge med 1 stk. seismometer, nødvendige ledninger (90 m lengder), metallplater ca. 15 x 15 cm² til å slå på, samt likerettere for lading av Ni-Cd-batterier. Bison 1570 C er noe mere avansert (nyere modell) enn modell 1550, og en del dyrere i anskaffelse (i flg. tilbud av 18. mai 1977 3600 dollars mot 2550 for modell 1550). Bison 1570 C tillater måling med 2 seismometre i samme profil (et "fjernt" og et "nært" seismometer) hvilket er en fordel når fjell-overflatens dyp varierer langs profilet.

3. Utførelse.

Utførelse og beregning av forplantningshastigheter og dyp til diskontinuiteter ble utført overensstemmende med instruksjoner som fulgte med seismografene. Som forsøksobjekt ble valgt profil 360 S ved Bidjovagge Gruber. I profilet er det boret 3 diamantborhull, A, B og C, på vinkler $55-60^{\circ}$. Fjell er påtruffet etter h.h.v. 5,6 (A), 5,1 (B), og 3,3 m boring, hvilket svarer til vertikale dyp på 4,8, 4,2 og 2,9 m (se pl. 1).

I profil 360 S ble det gjort dybdebestemmelser i 6 punkter: Bh. A, B, C og 25 m, 60 m og 100 m vest for Bh. B, (se pl. 1).

Under målingene ble benyttet avstander fra 1 til 30 m mellom slagpunkt og seismometer. Ved de første innledende prøver var avstandene mellom 1 og 10-15 m; som det fremgår av pl. 2-8 får man da ikke bestemt overdekketykkelsen tilstrekkelig sikkert. Profilets lengde bør være minst 4-5 ganger større enn dypet som skal bestemmes.

Selve målingene består i at

- 1) Avstand slagpunkt - seismometer måles med målebånd.
- 2) Tiden som den refrakterte impuls tar for å nå seismometeret observeres på seismografen (i millisekunder).

Intervaller for målinger var: a) 1-ca. 6 m: En meter.
b) 5-ca. 30 m: To meter,
d.v.s. ca. 18 observasjoner pr. profil. Gjennomsnittlig må man slå 2 ganger pr. observasjon; d.v.s. 35-40 slag (med slegge) pr. profil.

I enkelte av de nevnte 6 punkter (Se pl. 1) ble dybdebestemmelse utført langs to profiler vinkelrett på hverandre (parallelt og vinkelrett på strøket). I de fleste punkter ble dypet bestemt med begge seismografer. Resultatene (løpetidsdiagrammer) fremgår av pl. 2-13.

I tillegg ble det gjort to dybdebestemmelser ved borhull A i profil 400 S (pl. 14 og 15).

Som det fremgår av enkelte av plansjene er det en viss spredning i løpetidene i de enkelte diagrammer. Man hadde

under målingene en viss mistanke om at spredningen skyldtes ugunstige forhold i overflaten, forårsaket av tuer, stein, vann etc. For å skaffe klarhet i dette problem ble det til slutt målt opp to profiler på en sandmo vest for veien mellom Kautokeino og Bidjovagge, der homogeniteten i overdekket syntes å være så god som det er mulig å få den i naturen, og overflaten er praktisk talt plan og horisontal. Løpetidsdiagrammer for sandmoprofilene er vist i pl. 16 og 17. Under disse målingene ble det målt med 2 m intervaller til 30 m; mellom 30 og 90 m ble det brukt 5 m intervaller. Maksimalt profil med utstyret er 90 m (begrenset av kabellengde).

I profil 360 S ble det i tillegg til ovenfor beskrevne dybdebestemmelser ved ekspanderende målelinjer, forsøksvis gjort målinger etter et annet opplegg. Med en konstant innbyrdes avstand på 15 m ble refraksjonsbølgens løpetid bestemt med 15 m intervaller (15 m "kjedemåling") langs hele den aktuelle del av profilet (300 m lengde, vinkelrett på strøket). Ved små dyp vil den refrakterte bølge ha kort vei gjennom overdekket som har lav forplantningshastighet, og løpetiden vil bli forholdsvis mindre enn ved større overdekkstykkelse, der bølgen vil måtte passere gjennom vesentlig lengre vei i overdekket. En løpetidskurve langs profilet burde derfor gi et relativt mål for overdekketykkelsens variasjoner. Løpetidskurven for profil 360 S er vist øverst i pl. 1, der observert løpetid er avsatt midt mellom slag- og seismometerpunkt.

4. Resultater.

4.1. Løpetidskurve profil 360 S.

I pl. 1 er løpetidskurven for 15 m avstand mellom slag- og seismometerpunkt sammenliknet med et dybdeprofil basert på:

- a) Dybdebestemmelser i 3 diamantborhull A, B og C
- b) 6 seismiske dybdebestemmelser (ved påhugg for A, B og C, samt 25, 60 og 100 m vest borhull B).

Som det fremgår av plansjen viser løpetidskurven adskillig likhet med fjellprofilet. Løpetidskurven anviser positivt gunstige borposisjoner, der boring gjennom overdekning skulle være minst mulig.

4.2. Dybdebestemmelser.

Dybdebestemmelsene med ekspanderende målinger langs linjer lagt vinkelrett eller parallelt strøket (pl. 2-17), viser at der i alle undersøkte tilfeller finnes (se tabell 1 og 2):

- a) Et øvre lag i overdekket med forplantningshastighet i nærheten av lydhastigheten i luft (middelhastighet for 14 bestemmelser er 304 m/s). Lagets tykkelse varierer mellom 1 og 3,5 m.
- b) Et nedre lag i overdekket med hastighet omkring
 - 1) 1000-1400 m/s i Bidjovagge (middel 1290 m/s)
 - 2) 1700-1800 m/s i sandmoen nord for Kautokeino.
- c) Underliggende fjell (3.lag) med hastigheter som i middel ligger omkring 4000 m/s. Dypet til fast fjell ligger:
 - 1) I Bidjovagge mellom 3,2 og 8,5 m
 - 2) På sandmoen nord Kautokeino fra 15 m (profil 1) til mere enn 25-30 m i profil 2.

5. Kommentar.

Seismisk sett er således overdekkebestemmelsene et 3-skiktsproblem, idet overdekket tydeligvis foreligger som:

- a) Et øvre, porøst og luftdominert løsedekke (med relativt lavt vanninnhold, forplantningshastighet i nærheten av lydets hastighet i luft).
- b) Et nedre, vanndominert og mere kompakt lag med forplantningshastighet som ligger i nærheten av lydbølgers hastighet i vann (1440 m/s).

Målingene ved Bidjovagge (særlig innledningsvis før man fant frem til riktig metodikk) er preget av en viss spredning i løpetidene. Målingene på sandmoen nord for Kautokeino - der overdekket i overflaten er meget homogent - viser betydelig bedre resultater. Det må antas at det noe dårligere resultat ved Bidjovagge kommer av at overflaten er tuet og ujevn og at overdekket inneholder uensartet steinmateriale. Noe forsøk på å jevne ut terrenget omkring hammerslagpunktene ble ikke prøvet, men en foreløpig konklusjon må være at bedre løpetidsdiagrammer vil kunne oppnås, hvis der legges litt arbeide på å forbedre og jevne overflaten i slagpunktene. Forøvrig har man ingen vanskelighet med å ta ut dypet til fast fjell av diagrammene. Bergartenes midlere hastighet ca. 4000 m/s ligger i størrelse omtrent der man skulle vente for de bergarter som forekommer i profilet 360 S (se tabell 1).

Det fremgår at måleprofilet i dagen bør være 4-5 ganger større enn det aktuelle dyp. Skal resultatene være riktige og klart indikative bør ikke dypet veksle for meget langs profilet. Målinger i 2 retninger kan holde kontroll med at undersøkelsesbetingelsene er i orden på dette punkt.

Med det leiete utstyr kunne man måle inntil 90 m profil, hvilket vil si at dyp inntil 20-25 m kan bestemmes. Det skulle imidlertid ikke være noe i veien for å øke dybde- rekkevidden ved å benytte lengere kabler for overførsel av slagimpulser til seismografen, samt eventuelt om nødvendig bruke små mengder sprengstoff i stedet for slegge.

6. Anbefaling.

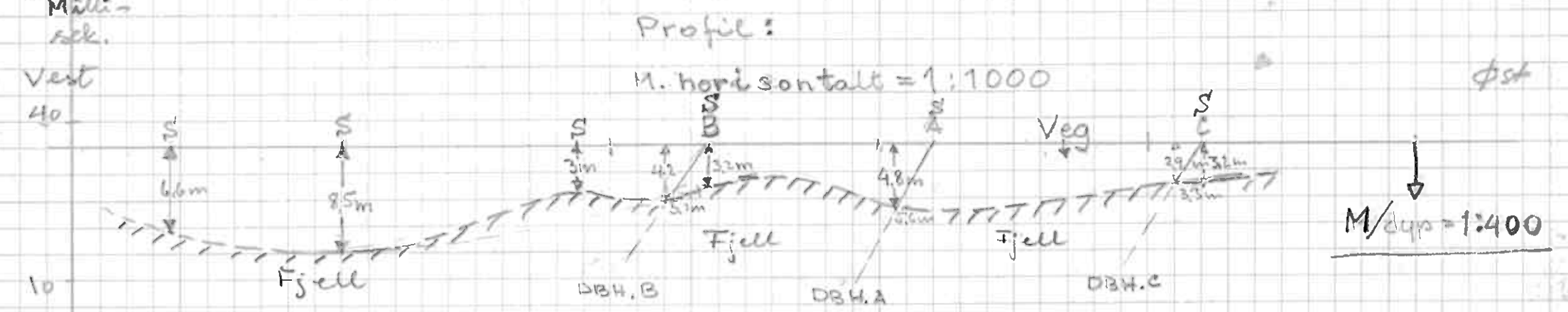
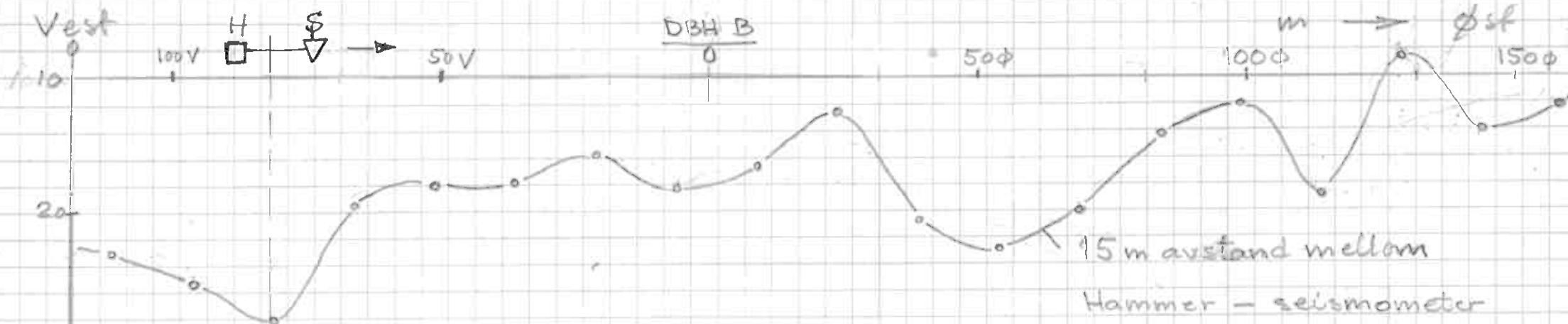
Utstyret fungerte utmerket og virket på alle måter tiltalende. Da det må forutsettes at problemene med å bestemme beste påhugssted for borhull alltid vil være tilstede i vekslende grad ved diamantboring, foreslås at Prospekteringskontoret anskaffer et Bison utstyr, fortrinnsvis modell 1570 C. Modell 1570 C gir mulighet for mere varierte operasjoner enn modell 1550. Pristilbud av 18. mai 1977 ved-

legges som bilag (bak plansjene). Det antas at sporleterne etter en kort opplæringsperiode vil kunne utføre selvstendige dybdebestemmelser med dette utstyret. Burman og Fjellstrøm medvirket som hjelpere, og er allerede innført i metodikken.

Lysaker, 1/11-1977

Ø. Logn

Ø. Logn



S = Seismisk dybdebestemmelse

A-B-C = dia. borkjell

PL.1

As Sydvaranger

Bidjovagge

Hammerseismikk

Profil 360 S

Bison.

28/6-77

ØL

Tabell 1: Forplantningshastigheter/Bidjovagge

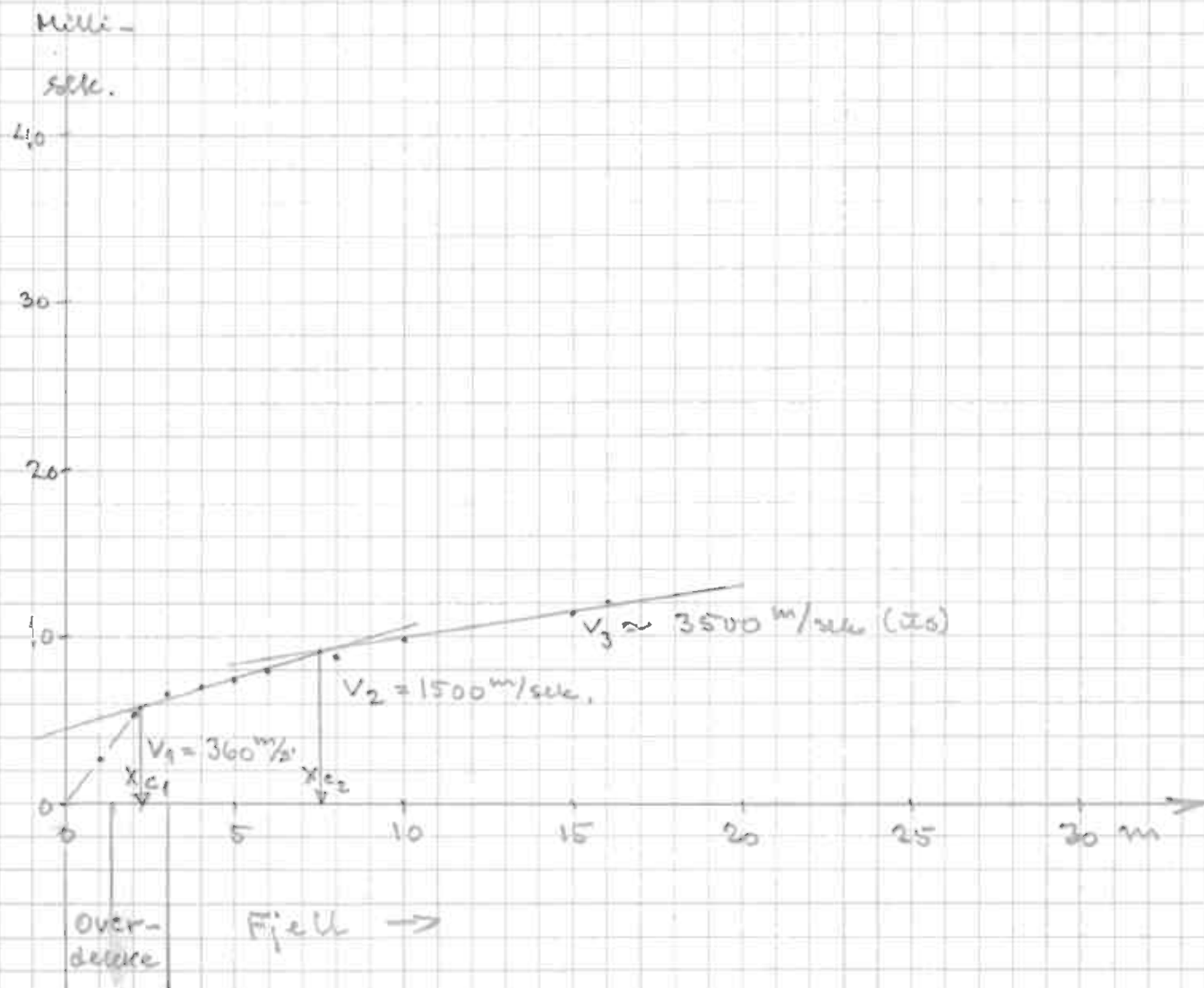
Profil	360S	360S	360S	360S	360S	360S	400S	Aritm.	Anm.
Sted	BHC	BHA	BHB	25mVBHB	60mVBHB	100mVBHB	BHA	middel	
Hast. (1)	360 m/s	333 m/s	250 m/s	275 m/s	445 m/s	285 m/s	375 m/s	<u>304 m/s</u>	(1) Bison 1550
i (2)	230 "	350 "		315 "	333 "	300 "	400 "		(2) Bison 1570 c
ørne del (3)					300 "				(3) Bison 1570 c
overdel (V ₁)	~ 300 m/s	~ 340 m/s	~ 250 m/s	~ 300 m/s	~ 260 m/s	~ 290 m/s	390 m/s		
Hast. (1)	1500 m/s	1040 m/s	940 m/s	910 m/s	970 m/s	950 m/s	1170 m/s	<u>1290 m/s</u>	
i (2)	1800 "	~ 3000 "		1200 "	1000 "	650 "	~ 1760 "		
nedre del (3)					1150 "				
overdel (V ₂)	~ 1650 m/s	~ 2000 m/s	~ 950 m/s	~ 1050 m/s	~ 1040 m/s	~ 800 m/s	~ 1470 m/s		
Hast. (1)	3500 m/s	—	~ 7000 m/s	~ 2000 m/s	~ 7000 m/s	~ 2500 m/s	~ 3100 m/s	<u>~ 4000 m/s</u>	
i (2)	4000 "	—		—	~ 7000 "	~ 2100 "	~ 2400 "		
gjell (3)					~ 3400 "				
(V ₃)	~ 3800 m/s	—	~ 7000 m/s	~ 2000 m/s	~ 5800 m/s	~ 2300 m/s	~ 2800 m/s		
Anm.	Grønsten Amfibolitt	Grønsten Amfibolitt	Grønsten Albittfjell (brakket)	Amfibolitt	Albittfjell (Albittfjell)	Albittfjell	Albittfjell	Grønsten	

Quartz porphyry: 4870-5330 m/s
Black shales with pyrrhotite: 3890-5500 m/s

Parashis: Mining Geophysics

Tabell 2: Forplantningshastigheter/nord Kautokeino

Sted	Sandmo nord kautokeino	
	Profil 1 ved elv V. 100 m ei	Profil 2 i Verkant av ned Bredforagge
Hast. i øvre del av overdelene V_1	350 m/s	340 m/s
Hast. i nedre del av overdelene V_2	1700 m/s	1800 m/s
Hast. i fjell V_3	6500 m/s	—
	Grønsten og amfibolitt	



$$\frac{V_3}{V_2} = \underline{2.3}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \underline{4.2}$$

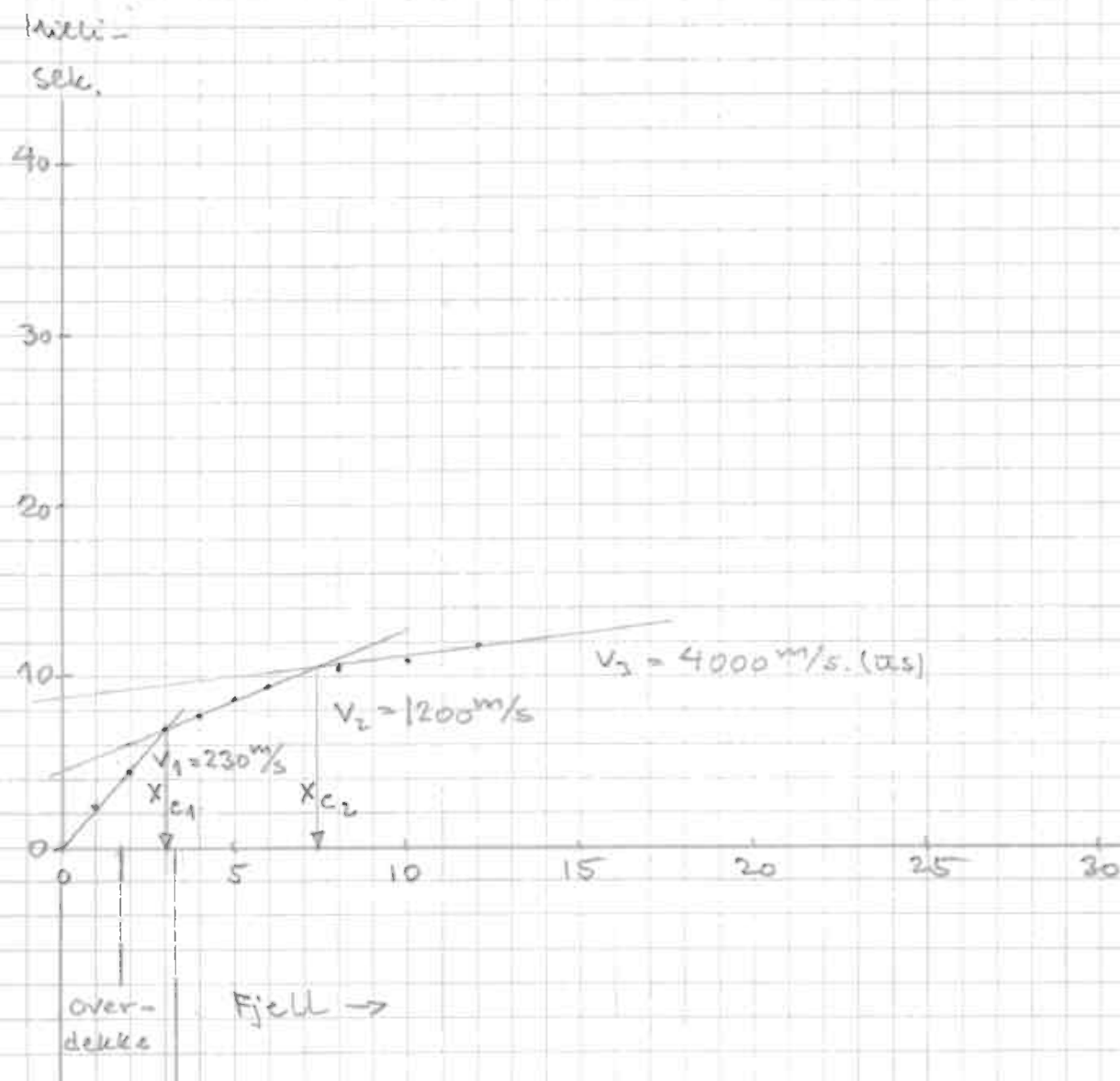
A/s Sydvaranger PL. 2

Bidjovagge

Hammerselsmikk

Profil 360 S - BH, C

Bison Modell 150 29/7-77 45



A/s Sydvaranger
 Bidjovagge
 Hammerseismikk
 Profil 340.5 - BH, e

PL.3

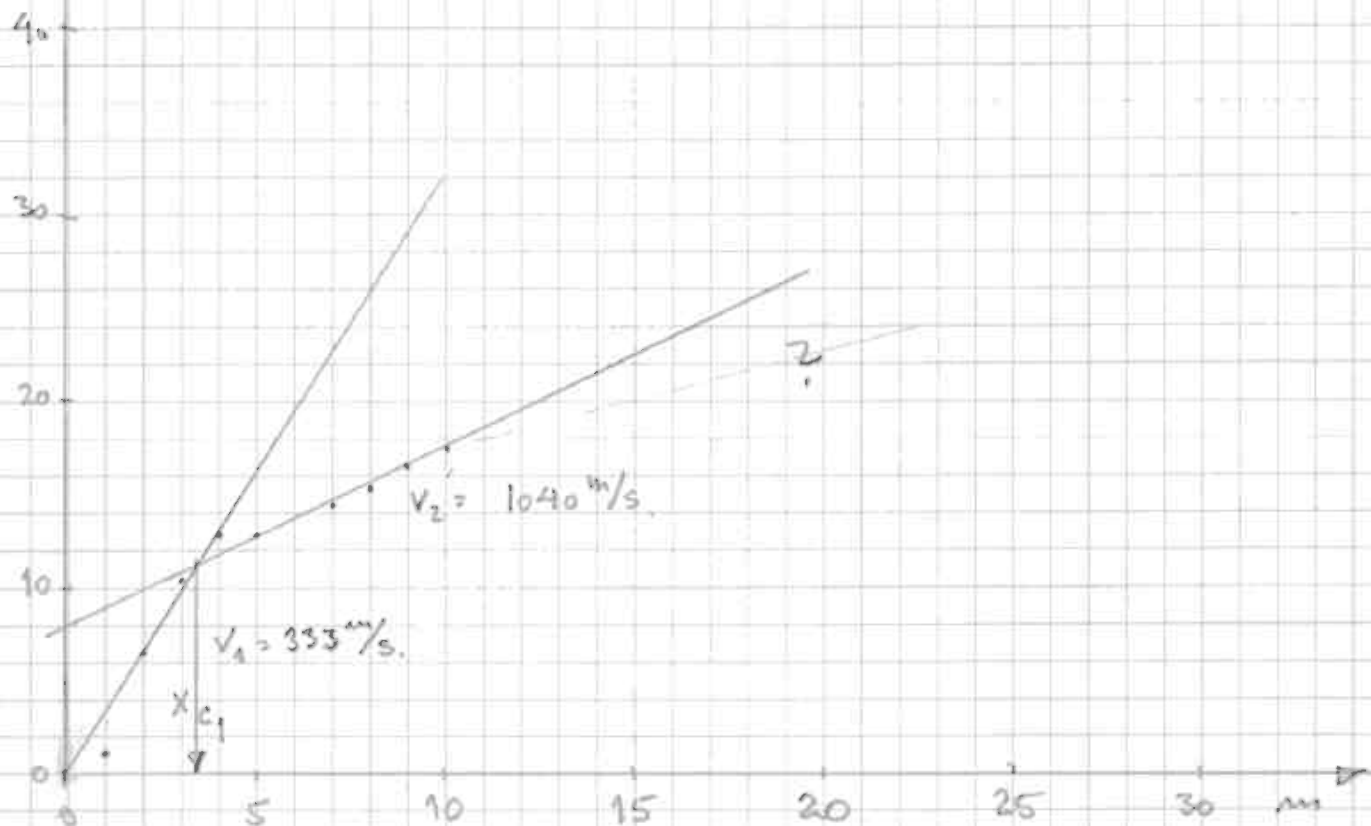
Bilson 1570 e

29/6-77 ϕ_6

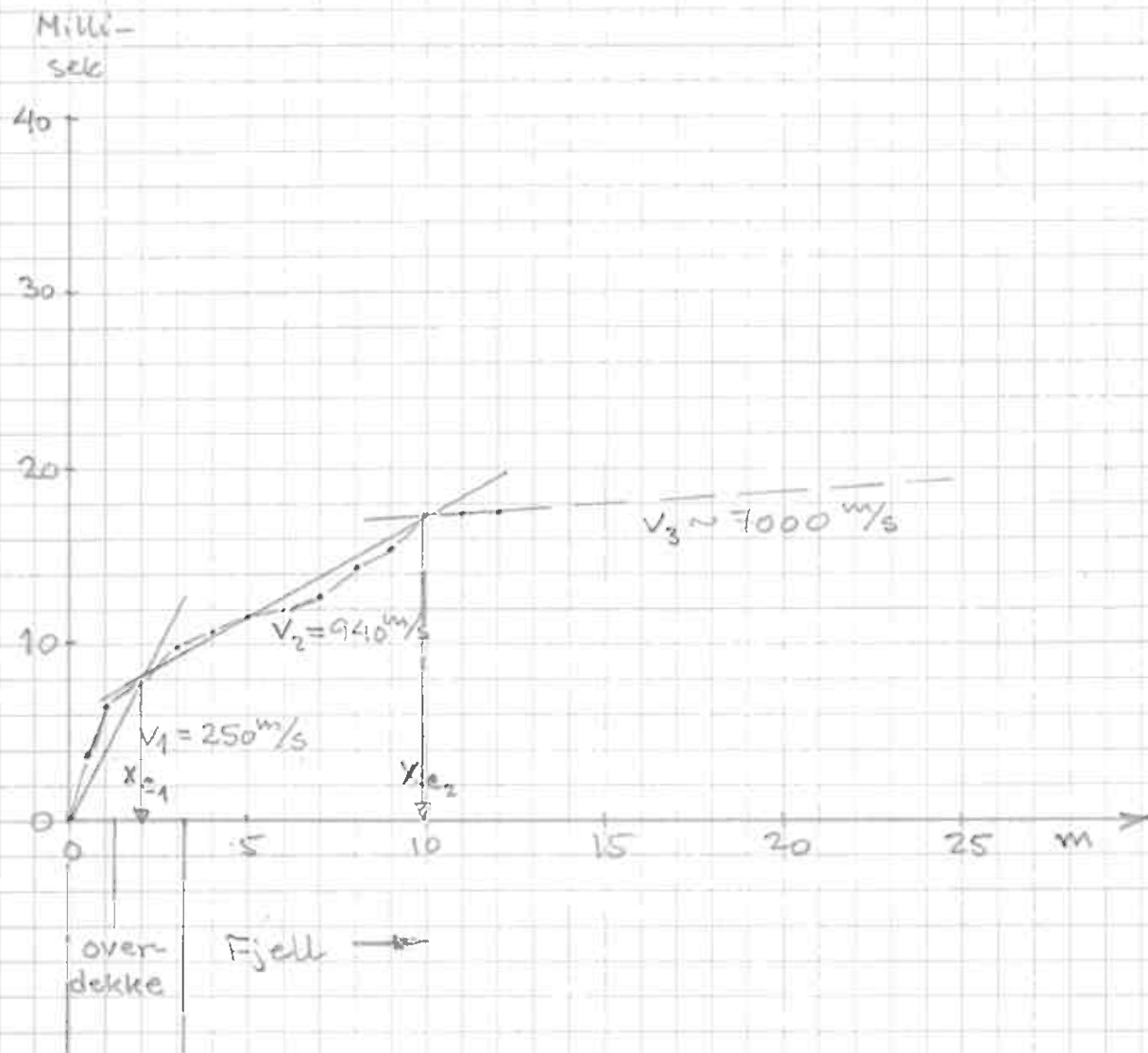


A/s Sydvaranger
 Bidjovagge PL.4
 Hammerseismikk
 Profil 360S-BH, A
 Vinkelrett på strøket
 Bison 1570C 29/6-77 Φ_L

Milli-
sek



A/s Sydvaranger PL.5.
Bådjavagge
Hammerseismilek
Profil 360 S - BH, A
Vinkelrett på strøket
Bison 1550 29/6 - 77 02

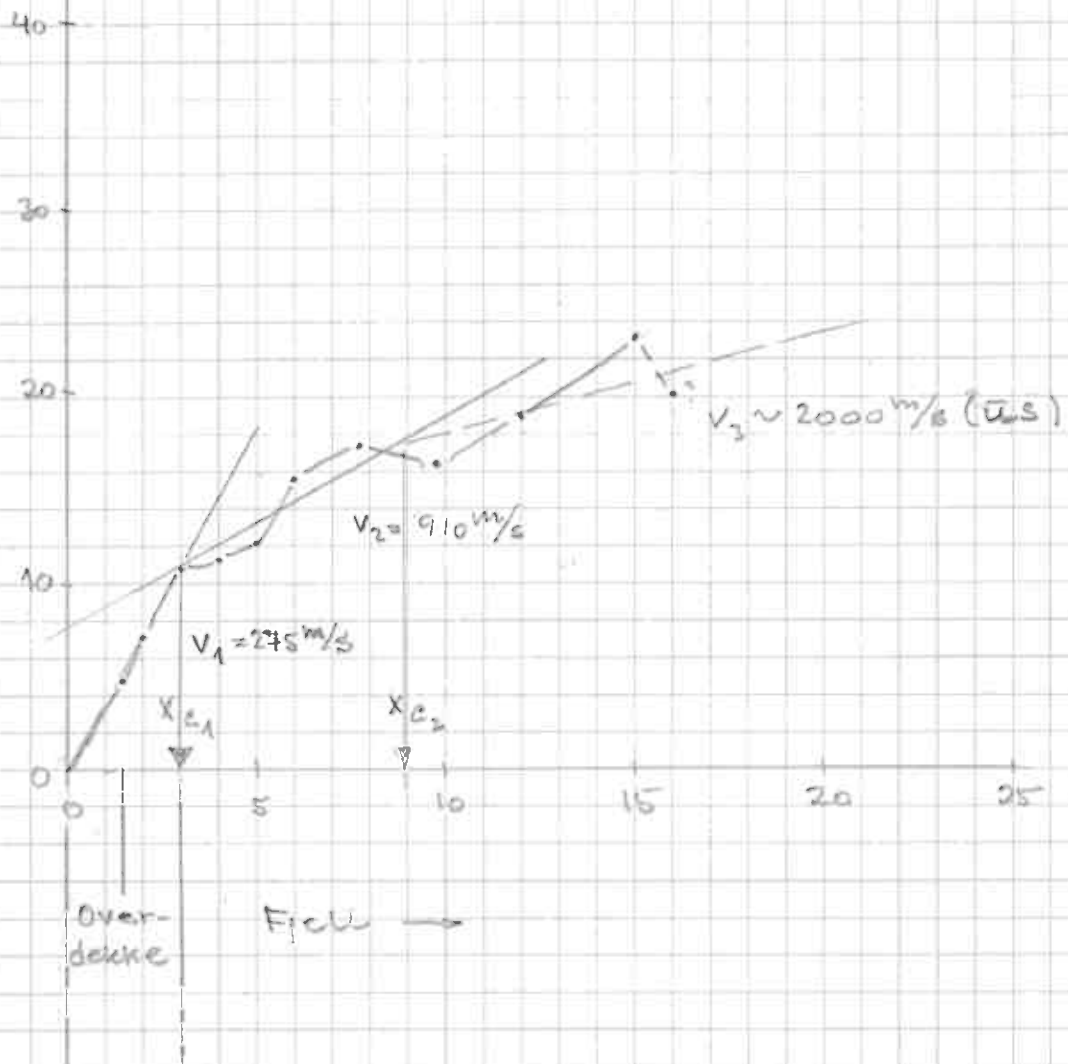


$$\frac{V_3}{V_2} = \underline{7.5}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \underline{3.8}$$

A/s Sydvaranger .
 Bidjovagge PL.6
 Hammerseismikk
 Profil 360 S - BH B
 Vinkelrett på strøket
 Bison 1550. 28/6-77 OL

Milli-
sek.



$$\frac{V_3}{V_2} = \underline{2.2} \text{ (u.s.)}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \underline{3.3}$$

A/S Sydvaranger

Biddjovagge

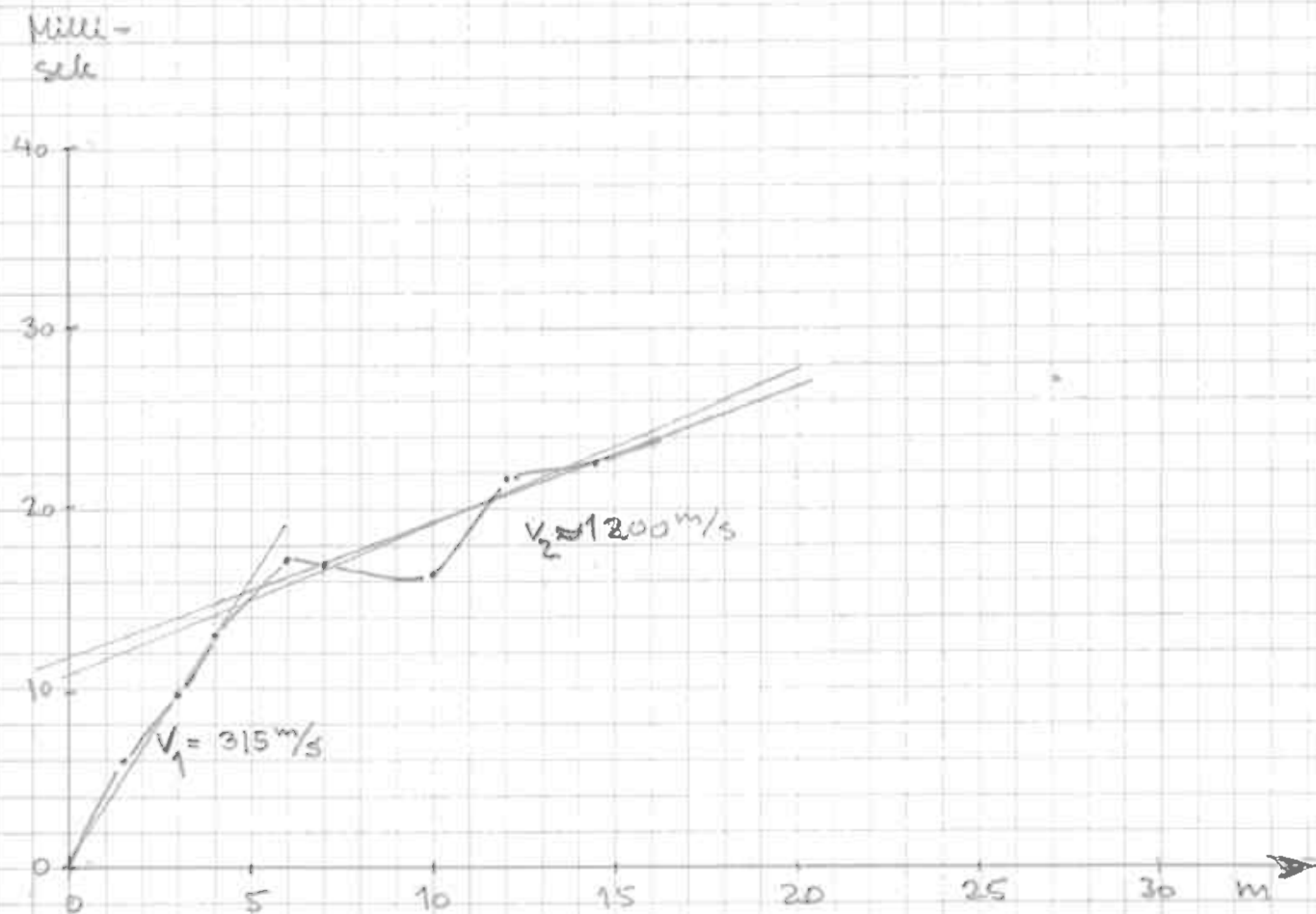
Hammerseismikk

Profil 360 S - 25 m V BH 8

Vinkelrett på stroket

Bison 1550 29/6-77 ϕL

PL.7.



$$\frac{V_2}{V_1} = 3.8$$

A/s Sydvaranger

Bidjovagge

PL.8

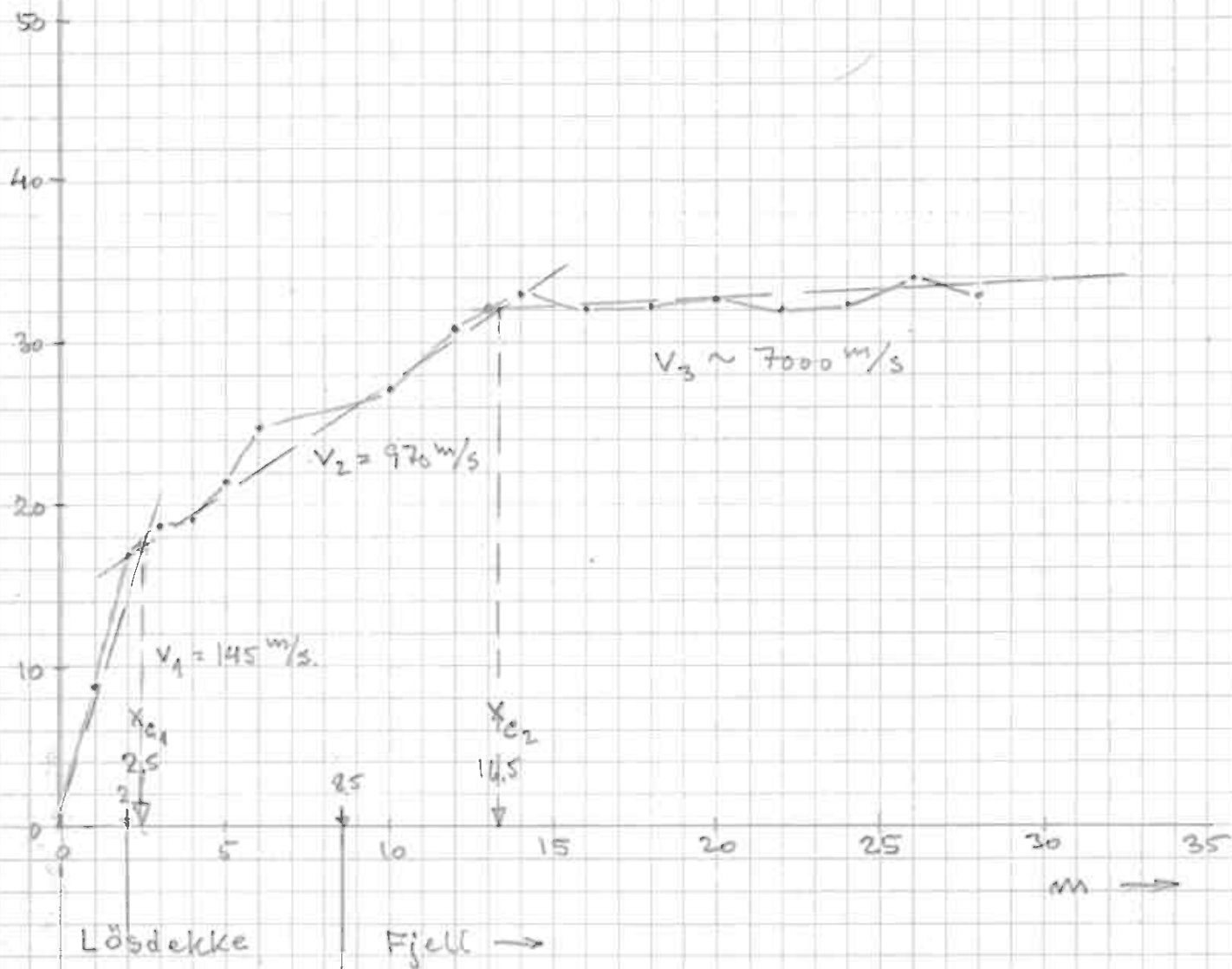
Hammerseismikk

Profil 360 S-25m V BH B

Vinkelrett strøket

Bison 1570C 29/7-77 ØL

Milli-
sek



$$\frac{V_3}{V_2} \approx 7$$

$$\frac{V_2}{V_1} \approx 6.7$$

4/s Sydranger

Bidjovagge

Hammerseismikk

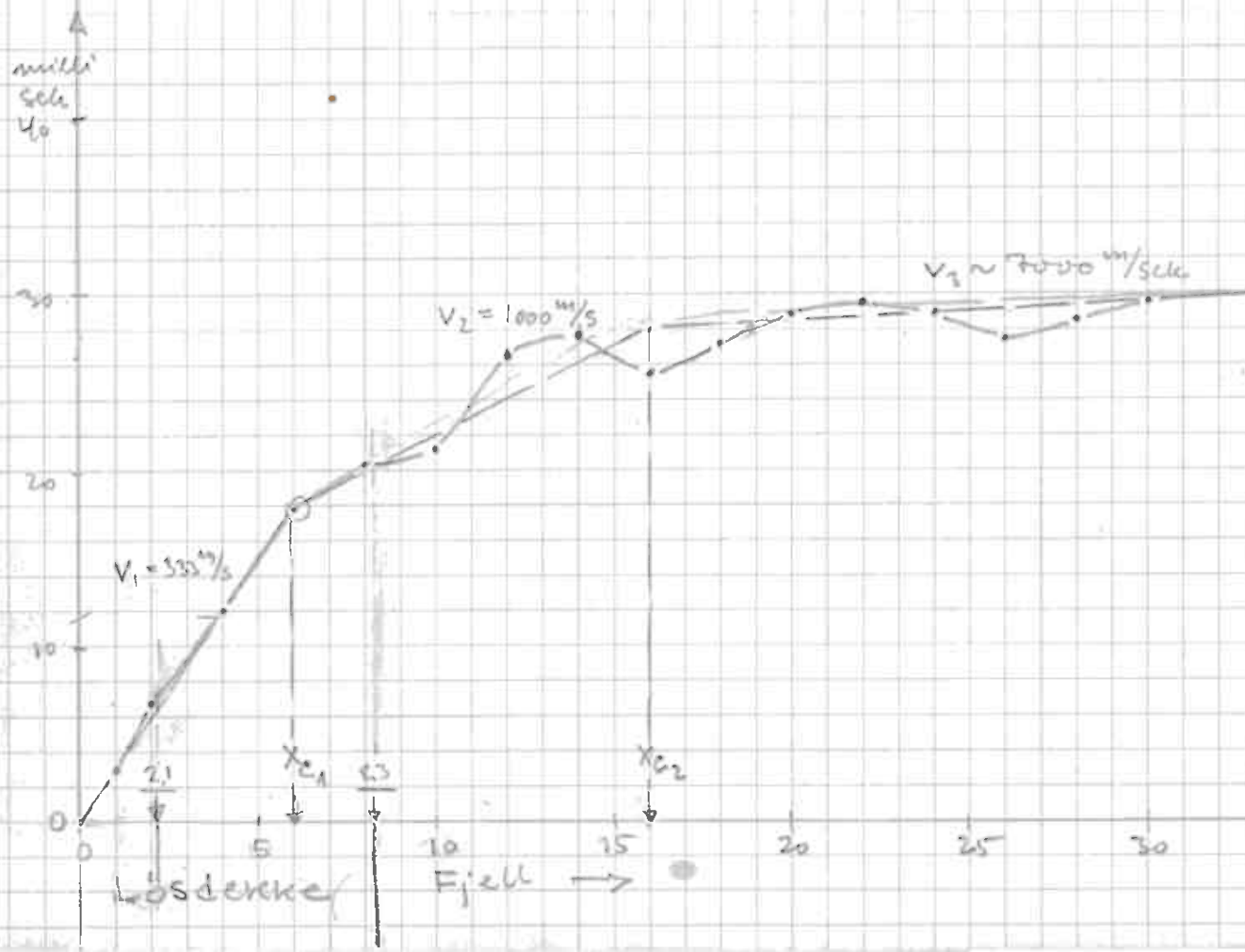
Overdekkebestemmelse

Profil 360S-60m V. BH B

Parallelt stroket

Bison Modell 1550 29/6-77

PL.9



$$\frac{V_3}{V_2} \approx 7$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 3$$

A/s Sydvaranger
Bridgøvagge

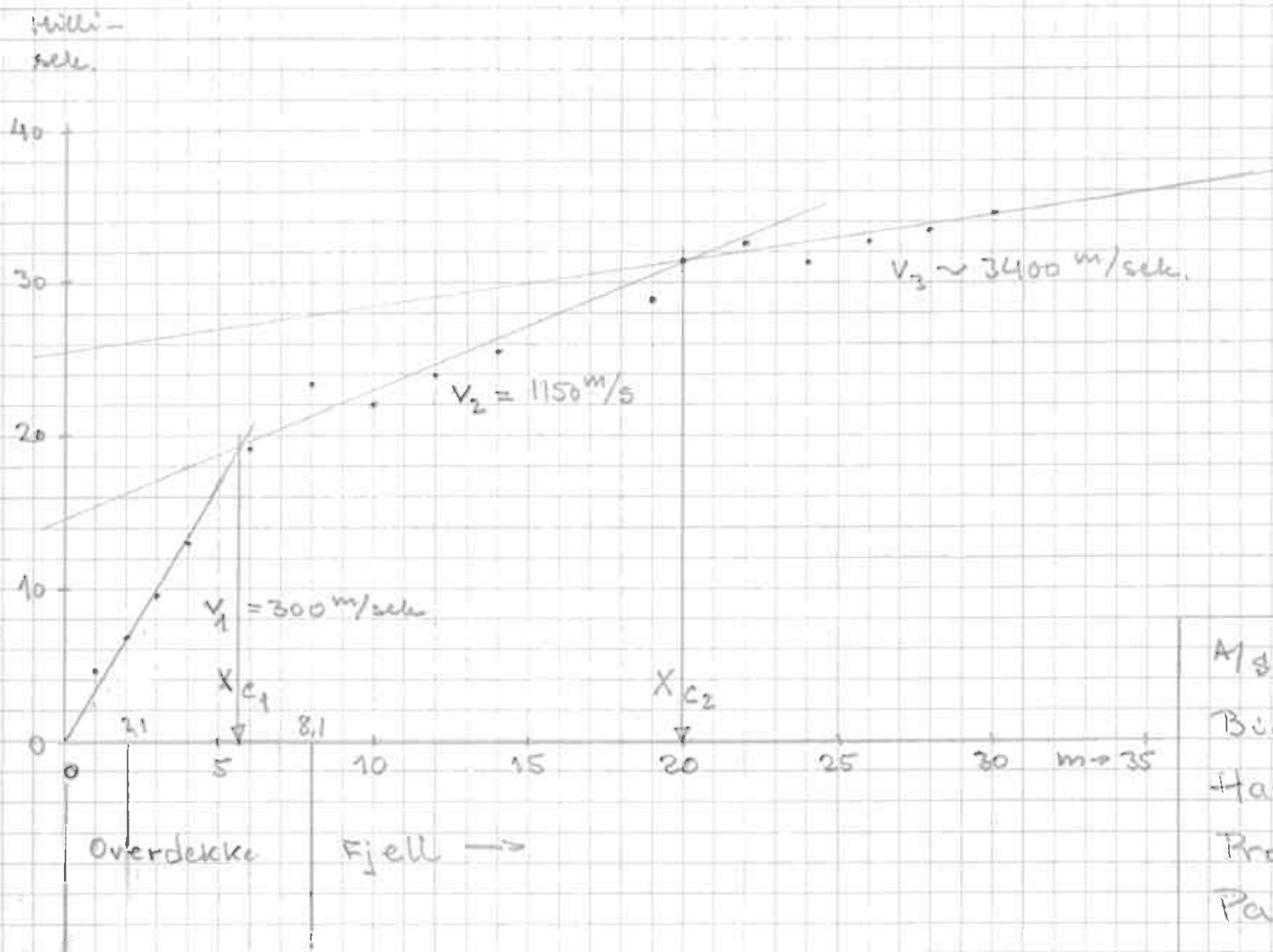
PL.10

Hammer seismikk
Overdekkbestemmelse

Profil 360S - bom V BH B

Vinkelrett på strøket

Bison Modell 1570C. 29/6 77



M/s Sydvaranger
 Bødjovagge PL 11
 Hammerseismikk
 Profil 360 S-60 m V BH. B.
 Parallelt strøket
 Bison 1570C. 29/6-77 ØL.

Milli-
sek

40

30

20

10

0

$V_1 = 285 \text{ m/s}$

$V_2 = 950 \text{ m/s}$

$V_3 \approx 2500 \text{ m/s}$

$$\frac{V_3}{V_2} \approx 2.6$$

$$\frac{V_2}{V_1} \approx 3.3$$

1.5

x_{c1}

6.6

x_{c2}

20

25

30

35

Overdekke

Fjell →

m →

A/s Sydvaranger

Bidjovagge

PL.12

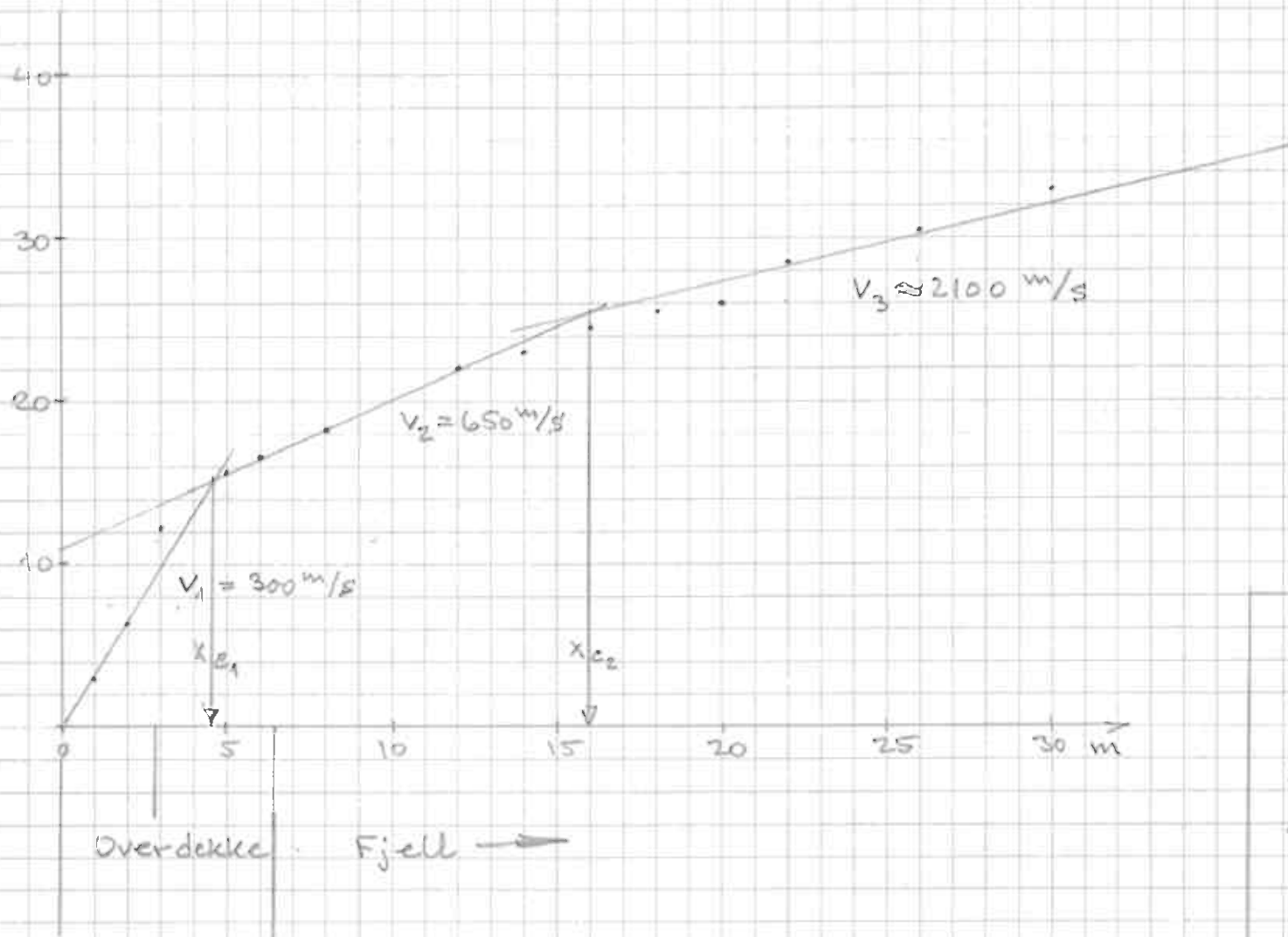
Hammerseismikk

Overdekkebestemmelse

Profil 360 s - 100 m V BH B

Parallelt strøket

Bison Modell 1550 29/6-77 dk



$$\frac{V_3}{V_2} = 3.2$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 2.2$$

A/s Sydvaranger

Bidjovagge

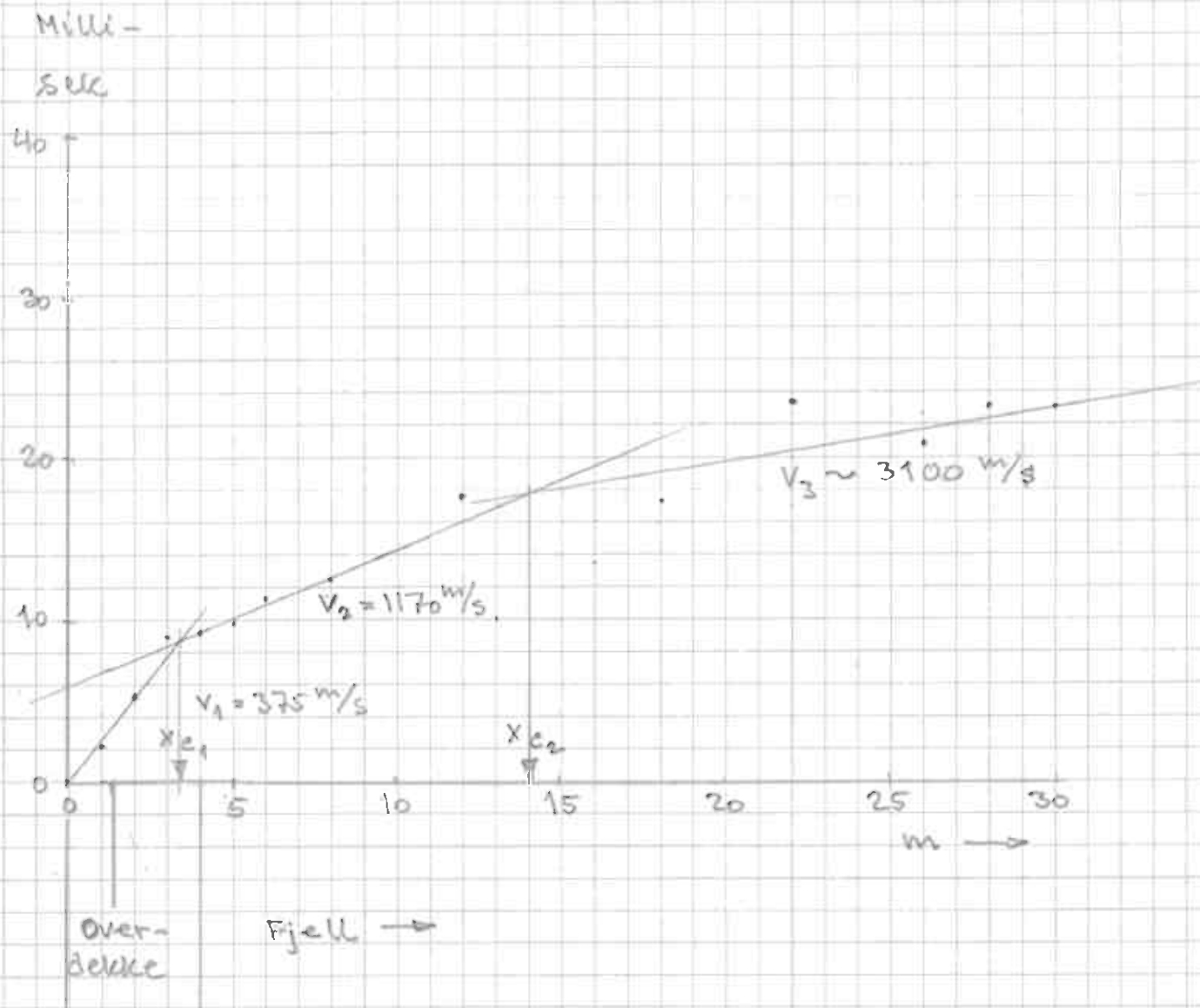
PL.13

Hammerseismikk

Profil 360S-100m V.B.H.B

Parallelt strøket

Bison 1570c 29/7-77 ϕL



Dyp påvist ved dia. boring:

$$7 \text{ m} \cdot \sin 45^\circ \approx \underline{5 \text{ m}}$$

$$\frac{v_3}{v_2} = \underline{2,7}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \underline{3,1}$$

A1 s Sydvaranger

Bidjovagge

PL 14

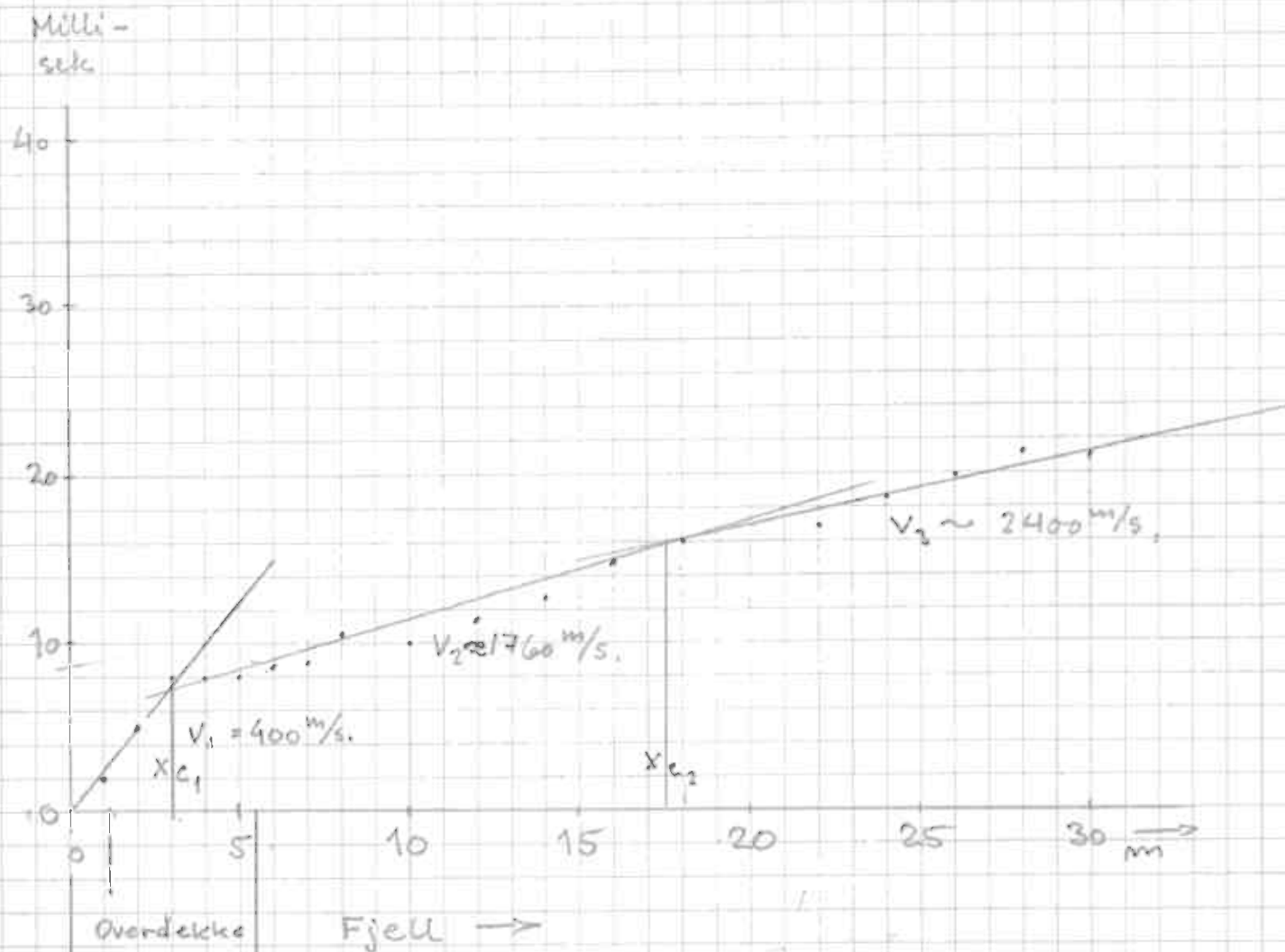
Hammerseismikk

Profil 400 S - BHA

Parallelt strøket

Bison 1550. 20/6-77

GL



Dyp påvist ved dia. boring:

$$7 \text{ m} \cdot \sin 45^\circ \approx \underline{5 \text{ m}}$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \underline{1.4}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \underline{4.4}$$

A/s Sydvaranger

Biddjovagge

PL.15

Hammerseismikk

Profil 400S-BH. A

Parallelt strøket

Bison 1570C 30/6-77

PL

Milli-
sek

60

50

40

30

20

10

0

$$V_2 = 1700 \text{ m/s.}$$

$$V_1 = 350 \text{ m/s}$$

$$V_3 \approx 6500 \text{ m/s.}$$

$$\frac{V_3}{V_2} \approx \underline{3.8}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \underline{4.9}$$

X_{C1}

X_{C2}

Overdekke

Fjell →

mm →

A/s Sydvaranger

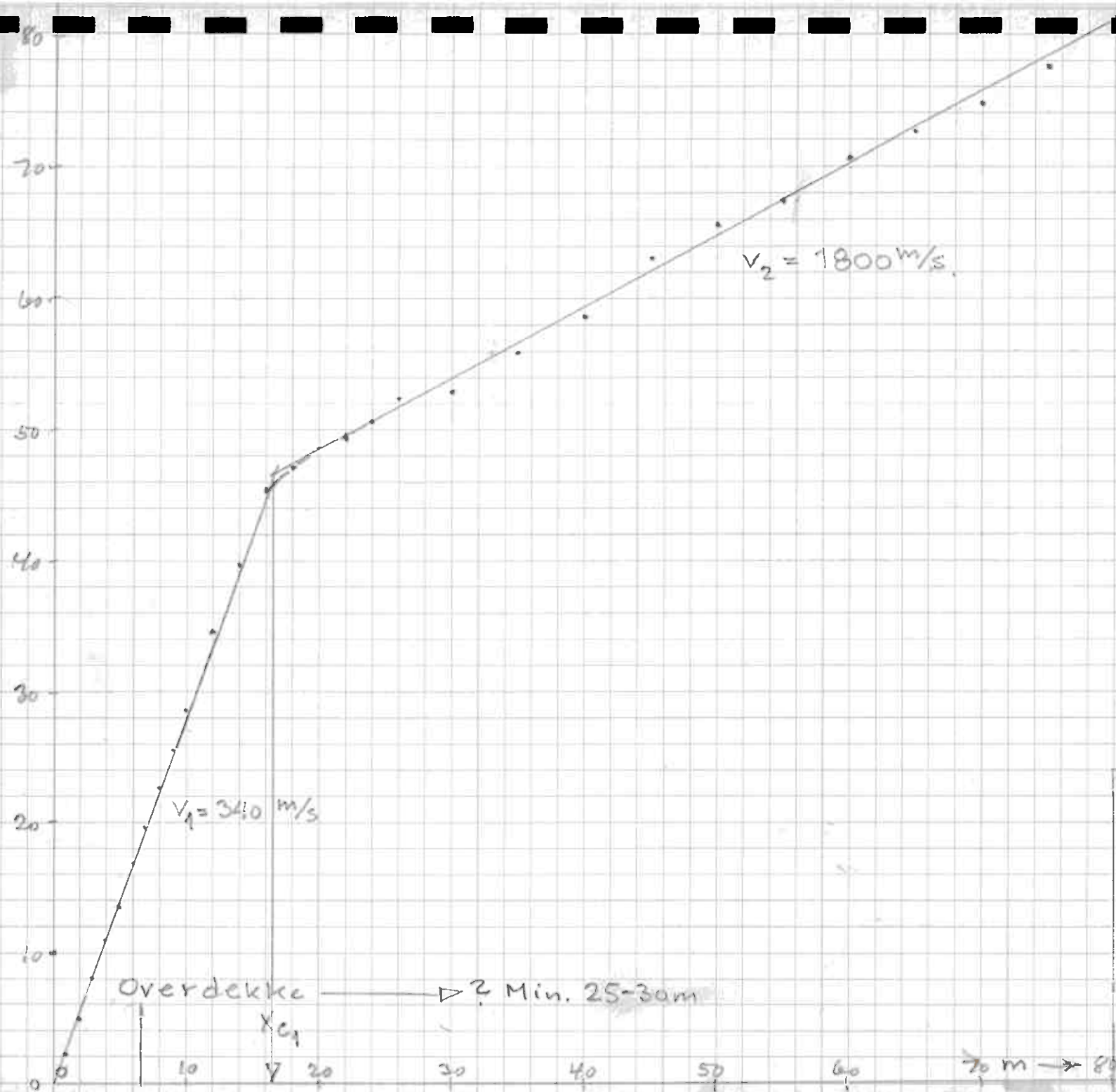
Kautokaia PL.16

Hammerseismikk

Overdekkebestemmelser

Profil 1. på Sandmo

Bison Modell 1570C 1/7-77
PL



A/s Sydvaranger
 Kautokeino PL.17
 Hammerseismikk
 Overdekkebestemmelser
 Profil 2 på sandmo
 70 m → 89 Bison Modell 1570C 30/6-77
 OL