



Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1740	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Bergtrykksmålinger ved Elkem A/S Skorovas Gruber 24/11 - 9/12 1970				
Forfatter Berge, Ivar Myrvang, Arne		Dato 17.02 1971	Bedrift ELKEM A/S - Skorovas Gruber NTH	
Kommune Namsskogan	Fylke Nord-Trøndelag	Bergdistrikt Trondheimske	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geoteknikk	Dokument type		Forekomster Skorovas	
Råstofftype Malm/metall	Emneord			
Sammendrag				

BERGMEKANIKKLABORATORIET
Institutt for gruvedrift
7034 TRONDHEIM - NTH

6/ 8V/740
Telefon 30 100
App. 144

BERGMEKANIKKLABORATORIET

(Utfører av forskningsoppdrag innenfor gruvedrift, berg-
mekanikk, gruvemåling, gruveventilasjon osv.)

R A P P O R T

VEDRØRENDE

Bergtrykksmålinger ved Elkem A/S Skorovas Gruber

24/11 - 9/12 1970

Trondheim 17. februar 1971

1. GENERELT

Målingene ble foretatt i tidsrommet 24/11 - 9/12 1970. Måleområdene ble utpekt ved befaring 19/8 - 20/8 1970. Den eksakte plassering av målehullene ble bestemt av bergingeniør A. Myrvang ved igangsettingen av arbeidet 24/11 - 25/11.

Selve målearbeidet er utført av vårt vanlige målelag (2 mann).

I vårt P.M. av 10/9 1970 vedrørende opplegg av målearbeidet i Skorovas ble det også antydnet strekkprøving av gamle kjerner. Vi har imidlertid ikke funnet det nødvendig å foreta slike forsøk i denne omgang.

2. MÅLESTEDER

Det er ialt målt på 4 steder. Disse er inntegnet på bilag 1. Plasseringen forøvrig vil fremgå av detaljsskissene, bilag 2 og 3.

Målestedene 1, 2 og 3 ligger i pilarer. Hensikten med disse er å måle vertikalbelastningen på pilarene. Målemetode her er såkalte "doorstoppers".

Målested 4 ligger innenfor brytningsområdene. Hensikten er her å fastlegge den tredimensjonale spenningstilstand, spesielt med henblikk på om det eksisterer horisontale spenninger av betydning. Målemetode her er tredimensjonale måleceller.

Målested 1 (bilag 1 og 2):

Dette ligger i pilar pr. 67 på "loftet" i kis. Pilaren er meget oppsprukket, og det bød på visse vanskeligheter å finne et egnet sted for målehullet. På skissen er de meste fremtredende sprekke-

retninger inntegnet. Disse sprekkeretningene ser forøvrig ut til å gå igjen på alle målesteder. Hovedretningene er: Ca. Ø-V/vertikal (mest utpreget, ca. N-S/80°Ø og ca. NØ-SV/70° NV (lite utpreget)).

Målested 2 (bilag 1 og 2):

Dette ligger i pilar pr. 61 på "kvisten" i kis. Denne pilaren er kraftigere enn pilar pr. 67 og mindre oppsprukket. I det parti hvor målehullet er påsatt, er kisen så godt som sprekkfri og meget godt egnet for måling.

Målested 3 (bilag 1 og 3):

Dette ligger i pilar pr. 35 i høyde med hovedstoll, dvs. målehullet ligger også her i kis. Måleforholdene er gode, med moderat oppsprekking.

Målested 4 (bilag 1 og 3):

Dette ligger innenfor brytningsområdet ca. ved pr. 80. Bergarten på målestedet er blåkvarts (?). Den er noe oppsprukket med det samme sprekkemønster som på de øvrige målesteder. Målehullet er forsøkt lagt slik at sprekke forstyrrer minst mulig. Bergarten er meget hardboret (diamantboring) og borsynken var nede i 15 cm/time (!).

3. MÅLERESULTATER

Målested 1:

Det ble her foretatt 8 enkeltmålinger, hvorav 3 var ubrukbare, på grunn av oppsprekking.

Tøyningsverdiene var:

TABELL 1
Tøyninger pilar pr. 67

Hulldyp m	$\epsilon_{\text{vert.}}$	$\epsilon_{\text{hor.}}$	$\epsilon_{45^{\circ}}$
0,55	-24	-24	-60
1,15	20	20	8
2,15	-52	-80	-40
3,55	+ 4	+ 8	+ 4
3,90	- 4	-12	- 8
Middel	-11	-17	-19

Det vil fremgå at tøyningsverdiene skifter mellom små negative og positive verdier. Middelerverdiene er alle negative. Dette er typisk for oppsprukkede, spenningsfrie bergmasser. Det er derfor meget sannsynlig at pilaren er spenningsfri.

Målested 2:

Det ble her foretatt 6 enkeltmålinger hvorav 1 var mislykket. Tøyningsverdiene var:

TABELL 2
Tøyninger pilar pr. 61

Hulldyp m	$\epsilon_{\text{vert.}}$	$\epsilon_{\text{hor.}}$	$\epsilon_{45^{\circ}}$
0,60	0	8	0
1,10	8	12	20
1,65	-4	4	-4
3,15	+4	-4	12
3,95	+4	12	8
Middel	3	6	7

Det vil fremgå at også disse tøyingsverdiene skifter mellom meget små positive og negative verdier. Middelerdiene er meget lave. En kan derfor slutte at også denne pilaren er spenningsfri.

Målested 3:

Det ble her foretatt 7 enkeltmålinger. Alle var vellykket. Tøyingsverdiene var:

TABELL 3
Tøyninger pilar pr. 35

Hulldyp m	$\epsilon_{\text{vert.}}$	$\epsilon_{\text{hor.}}$	ϵ_{45°
0,75	32	20	24
1,50	32	52	48
2,25	0	4	8
3,00	0	- 8	- 8
3,75	24	16	-20
4,50	32	-12	52
5,15	24	0	0
Middel	21	10	15

Det vil fremgå at også disse tøyingsverdiene er lave, men middelerdiene ligger likevel markant høyere enn for de to andre pilarene. Middelerdiene for ϵ_v , ϵ_h og ϵ_{45} gir følgende midlere hovedtøyninger:

$$\epsilon_1 = 21 = \epsilon_{\text{vert.}}$$

$$\epsilon_2 = 10 = \epsilon_{\text{hor.}}$$

dvs. hovedtøyningene er sammenfallende med horisontal- og vertikaltøyningene. Dette tyder på at de målte tøyninger skyldes en reell belastning av pilaren.

Laboratoriemålingene ga følgende verdier for elastisitetsmodul og Poisson's tall (se avsnittet om bergartenes mekaniske egenskaper):

$$E = 1,88 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$$

$$\nu = 0,18$$

Hovedspenningene blir derved:

$$\sigma_1 = \sigma_{\text{vert.}} = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_1 + \nu \epsilon_2) = \underline{\underline{43 \text{ kp/cm}^2}}$$

$$\sigma_2 = \sigma_{\text{hor.}} = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_2 + \nu \epsilon_1) = \underline{\underline{26 \text{ kp/cm}^2}}$$

Her må en imidlertid bemerke at den absolutte størrelsen av spenningene er noe usikre da en her opererer i nærheten av målenøyaktighet for metoden. Verdiene for σ_1 og σ_2 må derfor bare betraktes som en indikasjon på at det eksisterer spenninger i pilaren.

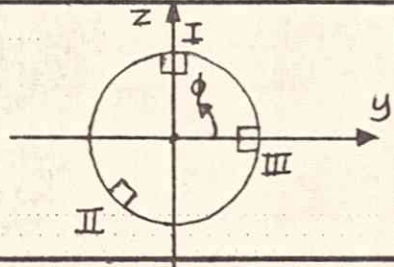
En nærmere vurdering av spenningsverdiene følger i neste avsnitt "Vurdering av måleresultater".

Målested 4 (tredimensjonal):

Det er her foretatt 6 målinger i hulldyp fra 2,0 m til 3,70 m. Disse ga følgende midlere tøyninger.

TABELL 4

Midlere tøyninger - tredimensjonal måling ca. pr. 80.

Celle nr.	ϵ_a	ϵ_ϕ	ϵ_{45}	
I	60	147	75	
II	80	-10	65	
III	63	285	235	

På grunnlag av disse verdiene og målte elastiske konstanter er spenningsmatrisens komponenter og hovedspenningenes størrelse og retning bestemt.

Laboratoriemålingene ga følgende verdier for E-modul og Poisson's tall:

$$E = 0,675 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$$

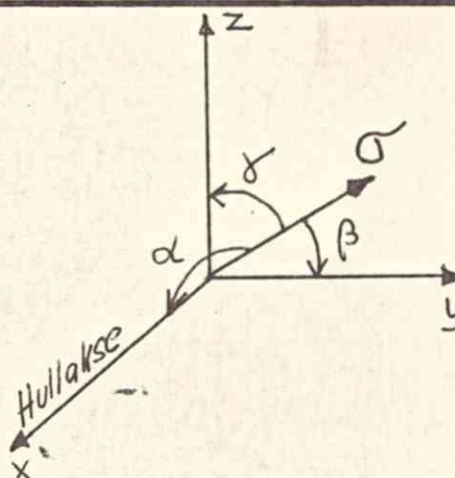
$$\nu = 0,14$$

(Se forøvrig under "Bergartenes mekaniske egenskaper".).

Beregningene ga følgende resultat:

TABELL 5

Hovedspenningenes størrelse og retning ca. pr. 80

Hovedspenninger kp/cm ²	$\sigma_1 = 120$ $\sigma_2 = 69$ $\sigma_3 = 30$	
Retnings- vinkler °	$\alpha_1 = 80,2$ $\beta_1 = 123,6$ $\gamma_1 = 144,5$	
	$\alpha_2 = 151,4$ $\beta_2 = 112,0$ $\gamma_2 = 82,3$	
	$\alpha_3 = 68,3$ $\beta_3 = 136,7$ $\gamma_3 = 54,8$	
Normal- og skjærspenninger kp/cm ²	$\sigma_x = 64$ $\sigma_y = 65$ $\sigma_z = 90$ $\tau_{xy} = 8$ $\tau_{xz} = -17$ $\tau_{yz} = 39$	

Retningsvinkelen må samholdes med koordinatsystemet som er inntegnet på bilag 3 (aksene må ikke forveksles med koordinat-aksene på kartene). Her er x-aksen sammenfallende med hullaksen, med positiv retning pekende ut av hullet, y-aksen er horisontal og normalt hullaksen og z-aksen er vertikal.

Hovedspenningenes retninger kan være vanskelig å tolke bare ut fra de angitte retningsvinklene. Derfor er hovedspenningsretningene plottet inn i et såkalt stereonett (stereografisk projeksjon, se bilag 4). Dette er vist i bilag 5. Hovedspenningsretningene fremkommer her som punkter. I stereonettet kan hovedspenningenes azimuth, samt fallvinkel leses av. Azimuth finnes ved å trekke en linje gjennom nettets sentrum (z-aksens projeksjon) og den aktuelle spennings projeksjon. Denne linjes skjæring med nettets periferi gir azimuthvinkel. Vinkler mellom to linjer kan leses av ved hjelp av transparent stereonett (vedlagt rapporten) som legges over stereonettet. Transparenten dreies til projeksjonene av de to linjer ligger på samme stor-sirkel, og vinkelen bestemmes direkte ved å telle langs stor-sirkelen. Stereoplottet kan legges med riktig orientering på et kart, hvorved hovedspenningenes retninger kan samholdes med landskapet. Hovedspenningene er forøvrig tilnærmet inntegnet i den skjematiske, isometriske projeksjon vist i bilag 5b.

4. VURDERING AV MÅLERESULTATER

Den tredimensjonale målingen ga som resultat uventet høye spenninger med hovedspenninger

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 120 \text{ kp/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 69 \text{ " } \\ \sigma_3 &= 30 \text{ " }\end{aligned}$$

og normalspenninger

$$\begin{aligned}\sigma_x &= 64 \text{ kp/cm}^2 && (\text{horisontal}) \\ \sigma_y &= 65 && " && (\text{horisontal}) \\ \sigma_z &= 90 && " && (\text{vertikal})\end{aligned}$$

Overdekningen på målestedet er ca. 115 m. Dette gir en teoretisk vertikalspenning på ca. $\sigma_v = \underline{30 \text{ kp/cm}^2}$, altså bare 1/3 av den målte vertikalspenning.

Dette kan skyldes

- 1) En spenningskonsentrasjon pga. de utdrevne gruverom nord for målestedet. Denne kan neppe være særlig stor.
- 2) Indre spenninger i bergarten.
- 3) Bergarten på målestedet virker som en stiv inneslutning i det omgivende berg. Dette er kanskje den mest sannsynlige forklaring, idet berget øst for målestedet er meget oppsprukket og dårlig.
- 4) En kombinasjon av de tre punkter nevnt ovenfor.

Teoretisk horisontalspenning

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1 - \nu} \sigma_v = \frac{0,14}{1 - 0,14} \cdot 30 = 5 \text{ kp/cm}^2$$

altså helt ubetydelig i forhold til de målte horisontale spenningskomponentene σ_x og σ_y . Dette tyder på at det eksisterer horisontalspenninger i området som skyldes andre faktorer enn den rent gravimetriske innflytelse. Regner en nemlig med den målte vertikale spenning $\sigma_z = 90 \text{ kp/cm}^2$ gir dette en tilsvarende "teoretisk" horisontalspenning $\sigma_h = 15 \text{ kp/cm}^2$, mens målt $\sigma_x = 64 \text{ kp/cm}^2$ og $\sigma_y = 65 \text{ kp/cm}^2$.

Nå kan de målte spenninger også være oppkonsentrert av samme grunn som vertikalspenningen, men en kan likevel anta at horisontalspenninger betydelig større enn "teoretisk" horisontalspenning eksisterer. Disse spenningene vil virke stabiliserende på hengen. Spesielt gjelder dette komponenten som står normalt malmens lengdeakse, i dette tilfelle tilnærmet σ_y .

Hovedspenningsretningene avviker imidlertid fra vertikal/horisontalretning. Legges stereoplottet, bilag 5, ved siden av kartet, bilag 6, ser en at

- 1) Største hovedspenning $\sigma_1 = 120 \text{ kp/cm}^2$ har et fall på $(90-35,5) = 54,5^\circ$ mot ca. N 57° Ø. Dvs. σ_1 faller i omtrent samme retning som fjellsiden.

Retningen er slik at den peker mot fjellmassivet Søndre Grøndalsfjell. Dette kan tyde på at vekten av dette massivet influerer på spenningsforholdene i gruen. Det er forøvrig erfart andre steder at temmelig fjerne fjellmassiver ser ut til å influere på spenningsforholdene.

- 2) Mellomste hovedspenning $\sigma_2 = 69 \text{ kp/cm}^2$ faller $7,7^\circ$ mot N 40° V. σ_2 er altså omtrent horisontal og ligger parallelt med fjellsiden.

- 3) Minste hovedspenning $\sigma_3 = 30 \text{ kp/cm}^2$ faller $35,2^\circ$ mot S 47° V. Dvs. σ_3 peker ut mot fjellsiden.

Hovedspenningsretningene ser altså ut til å være påvirket av topografien i området. Målinger andre steder i fjellsider viser forøvrig samme tendens.

Hvilken innflytelse har så spenningstilstanden på stabiliteten av brytningsrommene?

Tenker en seg snitt gjennom malmen f.eks. mellom målested 1 og 2, vil dette ha form som vist i bilag 1 (snitt C og D). Tilnærmet får brytningsrommene en elliptisk form med akseforhold 1: 1,4.

Tenker en seg først at snittet belastes av en horisontalspenning σ_h (bilag 7A) vil en ut fra kjente data (fra fotoelastiske forsøk beskrevet i litteraturen) finne: Spenningen σ_h forårsaker en trykkspenning ca. $2,5 \sigma_h$ i de kritiske punkter i heng og ligg, mens den forårsaker en strekkspenning $-\sigma_h$ i "veggene".

Tenker en seg så at snittet belastes av en vertikalspenning σ_v (bilag 7B) vil en finne: Spenningen σ_v forårsaker en strekkspenning $-\sigma_v$ i heng og ligg, mens den forårsaker en trykkspenning ca. $3,5 \sigma_v$ i "veggene".

Den totale spenning i snittet vil være summen av innflytelsen fra σ_h og σ_v .

Bruker en de målte verdiene $\sigma_v = 90 \text{ kp/cm}^2$ og $\sigma_h \approx 60 \text{ kp/cm}^2$ får en følgende spenninger (øverst, tabell 6):

TABELL 6
Spenninger i heng/ligg og "vegger"

	$\sigma_{\text{heng/ligg}}$	σ_{vegg}	Anm.
$\sigma_h = 60$	150	-60	Virkn.fra horisontalspenning
$\sigma_v = 90$	-90	315	" " vertikalspenning
σ_{total}	60	255	Total virkning
$\sigma_h = 20$	50	-20	Virkn.fra horisontalspenning
$\sigma_v = 15$	-15	45	" " vertikalspenning
σ_{total}	35	25	Total virkning

Dette resulterer i trykkspenninger både i heng/ligg og i veggene. I hengen vil en ha en trykkspenning på 60 kp/cm^2 som kopler berget sammen. Som nevnt kan imidlertid de målte spenningene være for høye. Vertikalkomponenten er tre ganger så høy som den teoretiske vertikalspenning. Ved så å si alle målinger foretatt av bergmekanikklaboratoriet har det vist seg at vertikalkomponenten i middel stemmer godt med den teoretiske vertikalspenning.

I snittet mellom målested 1 og 2 er overdekningen ca. 60 m. Med spesifikk vekt ca. 2,7 tilsvarer dette en teoretisk vertikal-spenning på ca. 16 kp/cm^2 . Antar en at også den målte horisontalkomponent σ_y er tre ganger for høy, fås en horisontalspenning på ca. 20 kp/cm^2 . Brukes disse verdiene, får en spenninger rundt snittet som vist nederst i tabell 6. Selv med en såpass moderat horisontalspenning som 20 kp/cm^2 får en altså en stabiliserende trykkspenning i taket på ca. 35 kp/cm^2 , eller tilsvarende 350 tonn/m^2 . Dette viser den store betydning horisontalspenningene kan ha for stabiliteten.

Driftserfaringen fra Skorovass har vist at hengen har stått meget bra i magasinene, selv med lengder langs malmaksen på 20-35 m og bredde 50-60 m. Dette kan skyldes de stabiliserende horisontalspenningene. Det forklarer også hvorfor en ikke har målt noen belastning i pilarene pr. 61 og 67: Hengen er selv-bærende, og pilarene er derfor fra et rent stabilitetsmessig synspunkt overflødige.

I pilar pr. 35 har en derimot målt spenninger. Denne pilaren vil tilnærmet bære et areal pr. lengdeenhet som antydnet i bilag 8A (jmfr. bilag 1). Dette vil gi en midlere spenning i pilaren:

$$\sigma_v = \frac{30 \cdot 40 \cdot 2,7}{10 \cdot 10} = \underline{33 \text{ kp/cm}^2}$$

forutsatt sp.v. 2,7.

Dette er i bra overensstemmelse med den midlere målte vertikalspenning på 43 kp/cm^2 , noe som tyder på at hengen ikke lenger er "selvbærende". Grunnen til det kan være at denne pilaren ligger så langt ut mot dagen at horisontalspenningene er utløst (se kart, bilag 6). En medvirkende årsak kan en tenke seg ved å betrakte snittet A-A i bilag 1. Tilnærmet er det en ellipse med akseforhold 1: 4. Tenker en seg denne belastet som vist i bilag 8B, ser en at eventuelle horisontale spenninger har mye mindre innflytelse på spenningsforholdene i hengen enn vist på bilag 7. Den spenning som kopler hengberget kan derfor bli for lav (eller bortfalle) slik at hengen ikke lenger er selvbærende.

Alt i alt tyder bergtrykksmålingene på at en røving av pilarene innenfor ca. pr. 55 kan foretas uten at hengen går i ras. Utenfor pr. 55 ser det ut til at ihvertfall deler av pilarene må gjensettes hvis hengen skal forbli stabil.

Det må imidlertid bemerkes at disse målingene bare er orienterende. Spesielt ville det være av stor interesse å måle flere steder i gruen med tredimensjonalt utstyr. Dette for å bekrefte de horisontalspenninger som er påvist ved målested 4.

Videre vil det også være på sin plass med fotoelastiske modellforsøk for å få en mer nøyaktig analyse av spenningsforholdene. De modellforsøk det er henvist til foran er idealiserte tilfeller, både når det gjelder tverrsnittsform og spenningspåføring. Ved vårt laboratorium kan det imidlertid utføres modellforsøk med korrekte tverrsnittsformer og spenningsretninger. Dette vil gi en sikrere analyse av spenningsforholdene rundet tverrsnittet.

5. BERGARTENES MEKANISKE EGENSKAPER

Kjernematerialet fra målingene ble i laboratoriet benyttet til bestemmelse av

- a) Elastisitetsmodul og Poisson's tall.
- b) Enaksiell trykkholdfasthet.
- c) Strekkholdfasthet.

a) Elastisitetsmodul og Poisson's tall

Disse er bestemt på 62 mm^Ø kjerner med lengde/diameterforhold = 2,5.

TABELL 7

E-modul og Poisson's tall (tverrutv.tallet).

Hull	Antall prøver	E-modul 10 ⁶ kp/cm ²	Standard avvik $\pm\%$	Poissons tall	Standard avvik $\pm\%$	Anm.
Hull I	6	1,485	19,2	0,13	40,0	Kis
Hull II	6	1,860	4,2	0,23	11,5	"
Hull III	5	1,850	8,6	0,19	11,8	"
Hull IV	5	0,675	4,8	0,14	13,5	Blåkv.

Kisen har en meget høy E-modul. Spesielt gjelder dette i hull II og III, hvor en har den høyeste E-modul som er målt ved Bergmekanikklaboratoriet. Ellers er spredningen (standardavviket) i prøvene fra hull I markant større enn i de øvrige hull. Dette skyldes sikkert at berget her er meget oppsprukket.

b) Trykkholdfasthet

Denne er bestemt på de samme kjerner som er brukt for bestemmelse av E og ν . Prøven kjøres til brudd etter at utstyr for registrering av aksial- og tverrtøyning er fjernet.

TABELL 8
Enaksiell trykkholdfasthet

Hull	Antall prøver	Trykkholdfasthet kp/cm^2	Standardavvik $\pm \%$	Anm.
Hull I	6	1475	22,5	Kis
Hull II	6	1890	4,9	"
Hull III	5	1860	13,7	"
Hull IV	5	1690	20,7	Blåkvarts

Trykkholdfastheten kan for alle hull karakteriseres som middels høy. På grunn av oppsprekkingen har en lavere trykkholdfasthet og høyere spredning i hull I enn i hull II og III.

c) Strekholdfasthet

Denne er bestemt indirekte ved klipping av $22 \text{ mm}^\emptyset$ kjerner, samt klipping av $62 \text{ mm}^\emptyset$ kjerner (kis). $22 \text{ mm}^\emptyset$ kjerner fås ved boring av $36 \text{ mm}^\emptyset$ hull for plassering av målecelle ved tredimensjonal måling.

TABELL 9
Strekholdfasthet

Hull	Antall prøver	Strekholdfasthet kp/cm ²	Standardavvik $\pm$ %
Hull I	3	46	-
Hull II	3	106	-
Hull III	2	96	-
Hull IV	20	237	16,3

Kisen har en forholdsvis lav strekholdfasthet. Spesielt gjelder dette hull I. Dette skyldes igjen oppsprekkingen. Ellers er antall prøver her så lite at resultatet bare er veiledende.

Blåkvartsen har derimot en meget høy strekholdfasthet.

6. KONKLUSJON

Bergtrykksmålingene i Skorovas Gruber viser at det er meget små eller ingen spenninger i pilarene pr. 61 og pr. 67. Målinger med tredimensjonal målecelle har vist at det eksisterer horisontalspenninger i området som er betydelig større enn hva en kan vente ut fra overdekning. Disse horisontalspenningene vil virke stabiliserende på hengberget i magasinene, slik at hengen blir selvbærende. Dette kan forklare at pilarene pr. 61 og pr. 67 er spenningsløse. En røving av pilarene innenfor pr. 55 bør derfor kunne foretas uten at hengen går i ras. Målingene i pilar pr. 35 viser derimot en viss belastning i pilaren som stemmer bra med den belastning som kan beregnes teoretisk. Det tyder på at horisontalspenningene her har avtatt på grunn av at dette stedet ligger for langt ut mot dagen. Dessuten har malmen et mer ugunstig tverrsnitt her enn lenger inn. Det er derfor mulig at

en utenfor pr. 55 må sette igjen deler av pilarene hvis en vil unngå innrasing av hengen.

For å verifisere hypotesene ovenfor vil flere målinger være nødvendige. Spesielt gjelder dette tredimensjonale målinger for å bekrefte tilstedeværelsen av horisontalspenninger.

I forbindelse med dette bør det foretas fotoelastiske modellforsøk for å få et bedre vurderingsgrunnlag for spenningenes innflytelse på stabiliteten.


Ivar Berge
professor


Arne Myrvang
lab.ing.

30

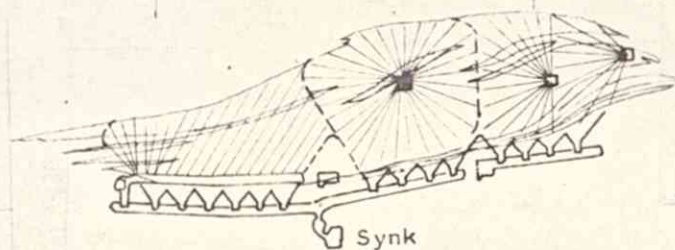
40

50

60

70

80



Synk

Langhullskive A

750 m

MÅLESTED 2

MÅLESTED 1

MÅLESTED 4 (TREDIM.)

650

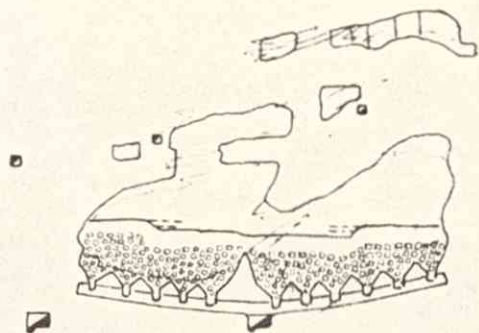
MÅLESTED 3

Synk

K.O. 2

550 m.o.h.

MÅLESTEDER



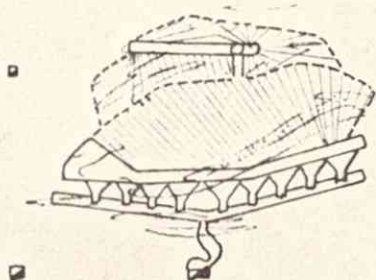
Magasinstrosse B

Sidestrossen

Magasinstrosse

Skraport

Kom.ort



Bororter

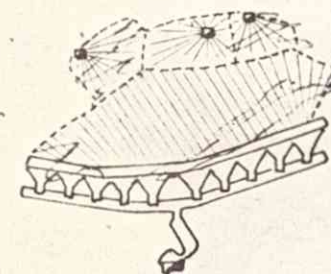
Langhullskiver

Bunnskiver

Skraporter

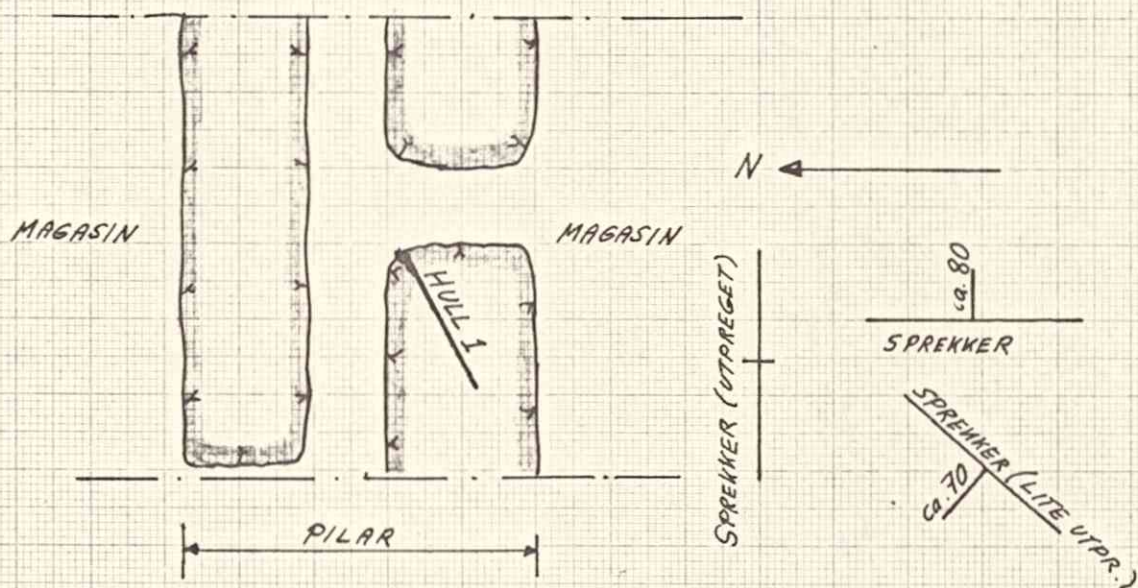
Berglomer

Kom.orter



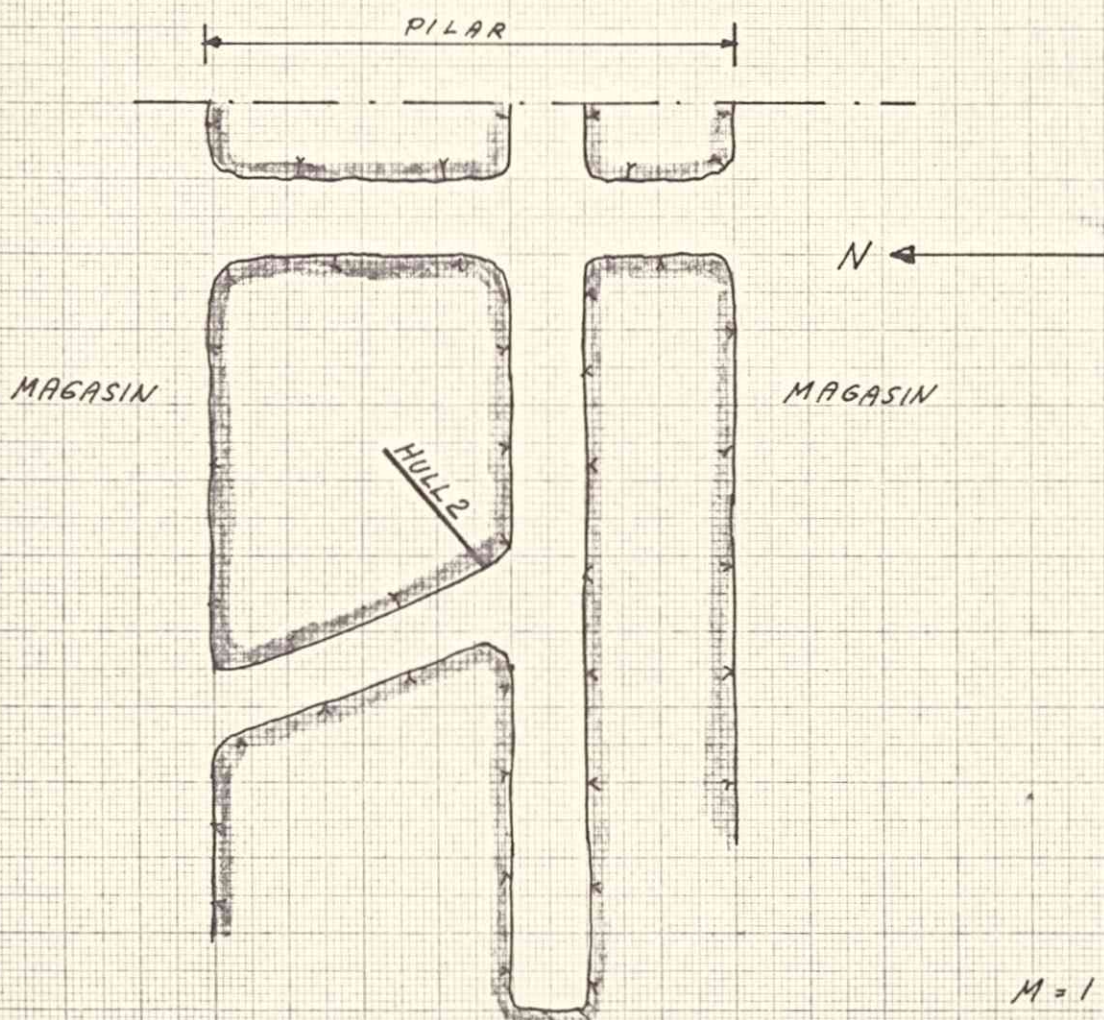
Langhullskiver C-D

BILAG 1



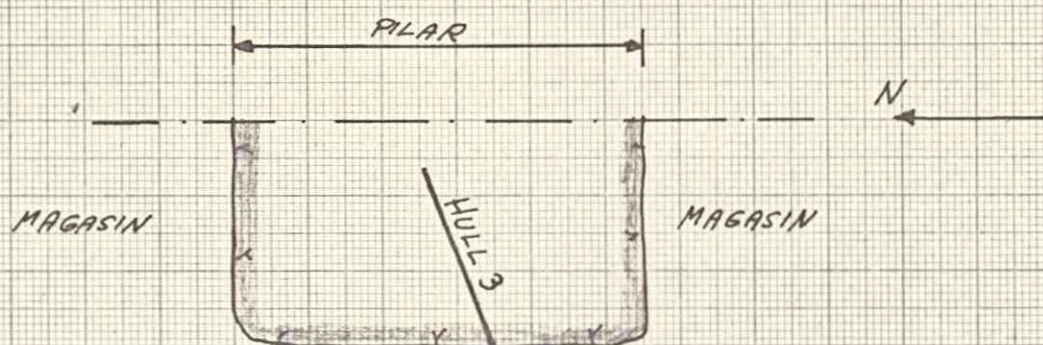
M = 1:200

H-SNITT MÅLESTED 1 (PR. 67)



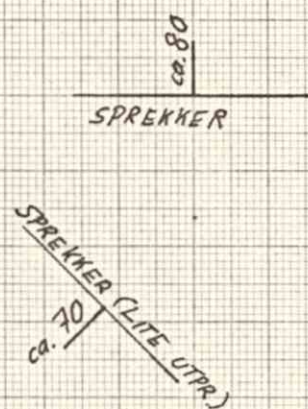
M = 1:200

H-SNITT MÅLESTED 2 (PR. 61)

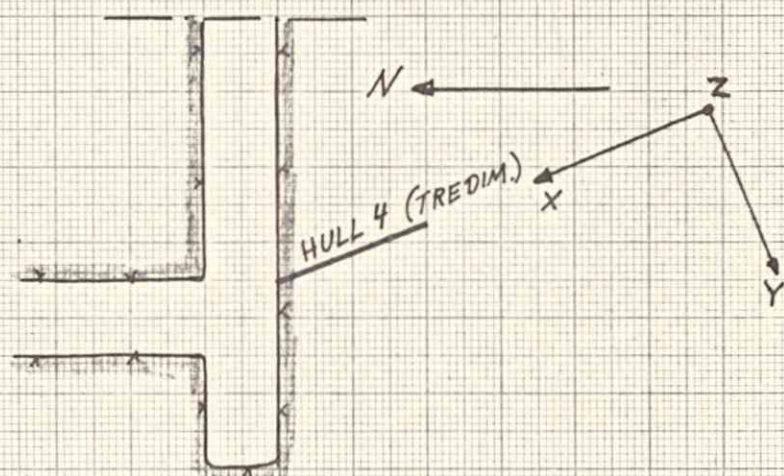


$M = 1:200$

H-SNITT MÅLESTED 3 (PR. 35)

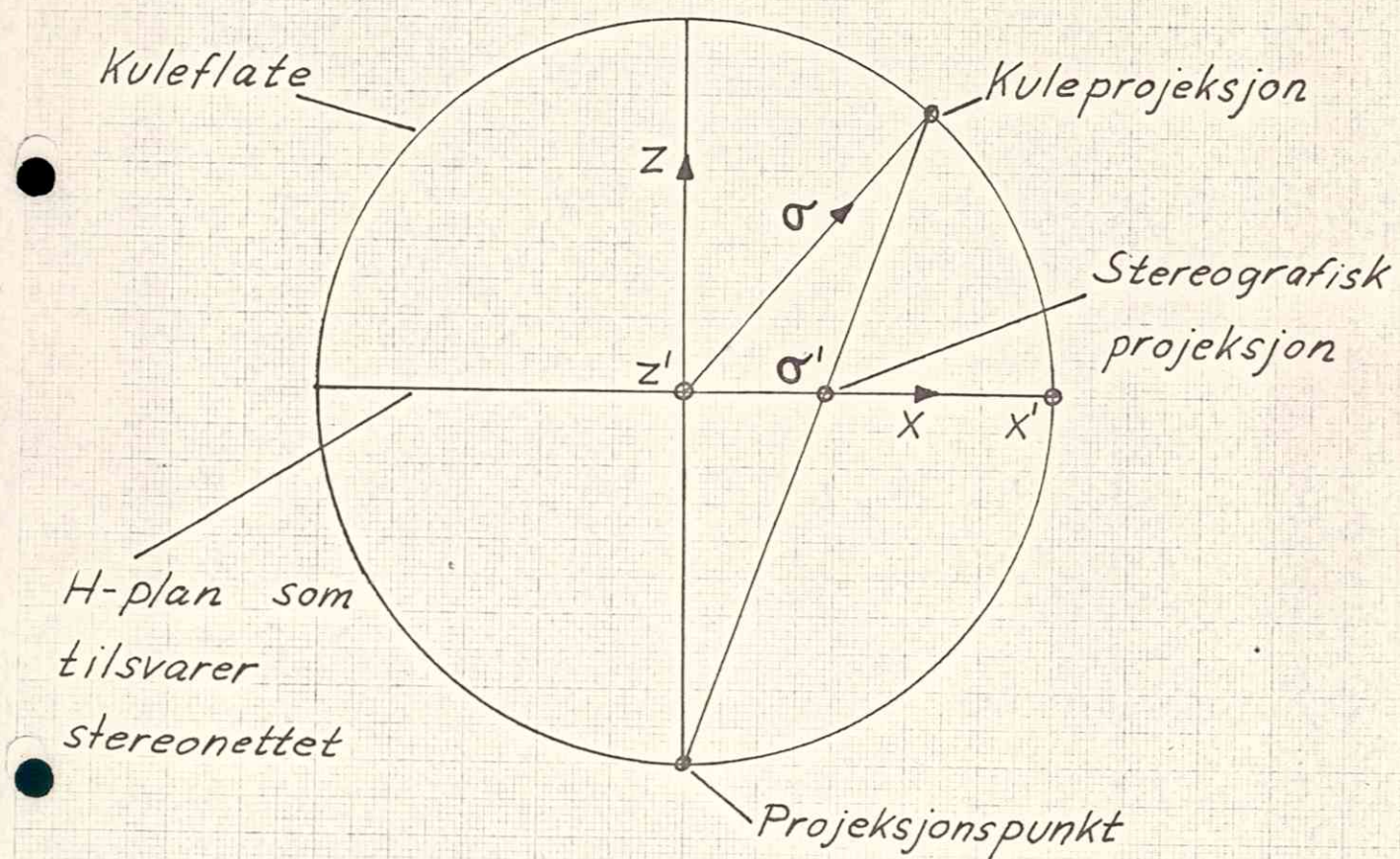


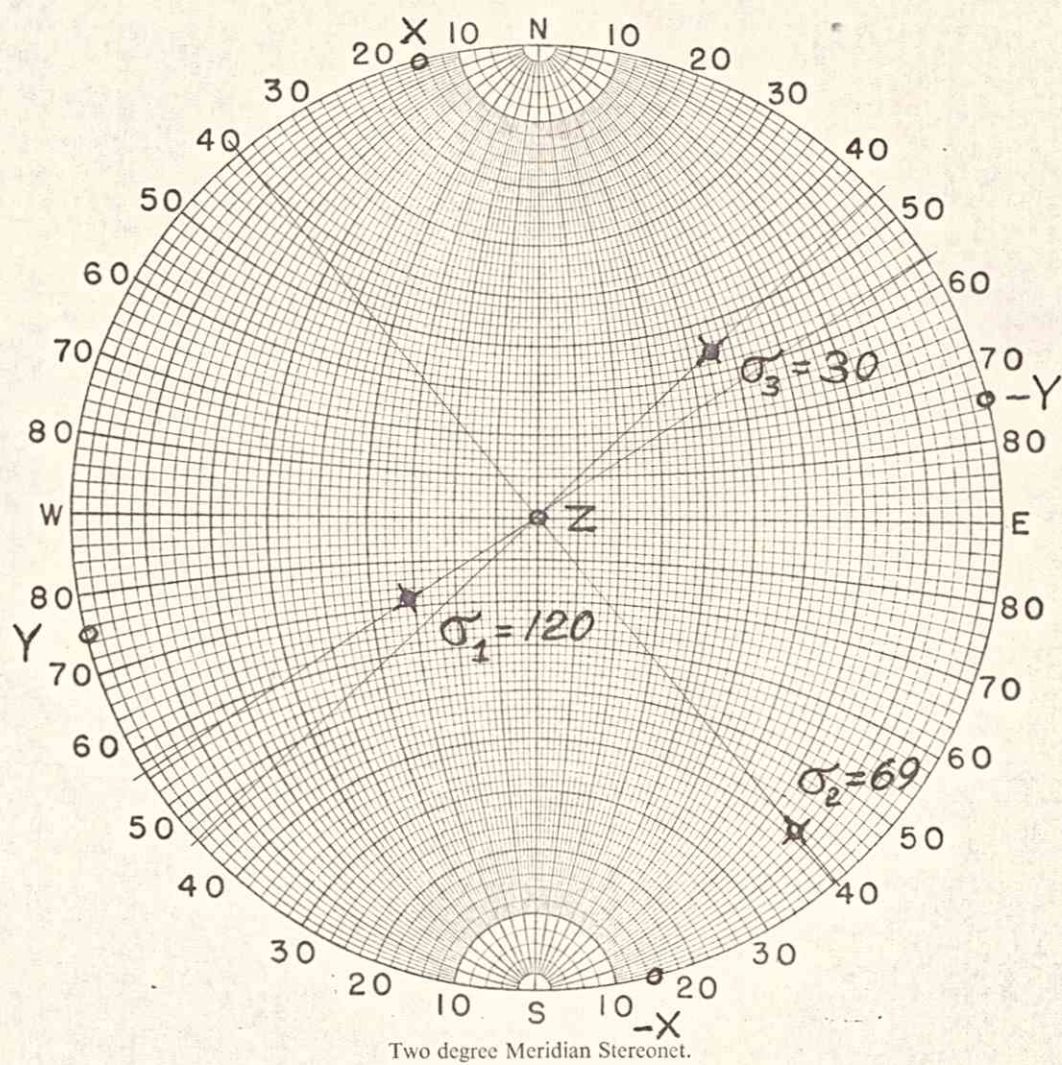
SPREKKER (UTPÅREGET)



$M = 1:200$

H-SNITT MÅLESTED 4 (PR. 80 CA.)

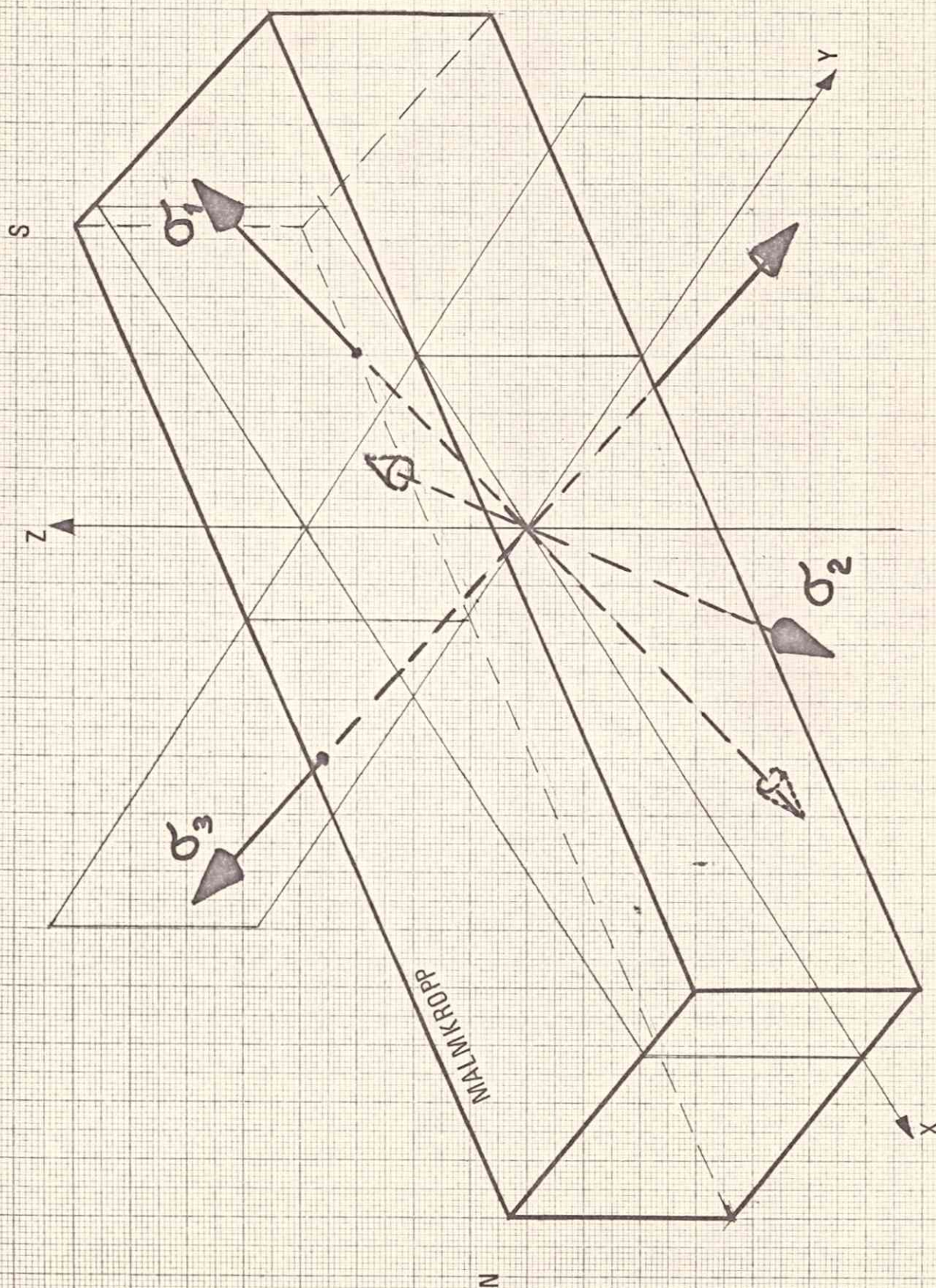




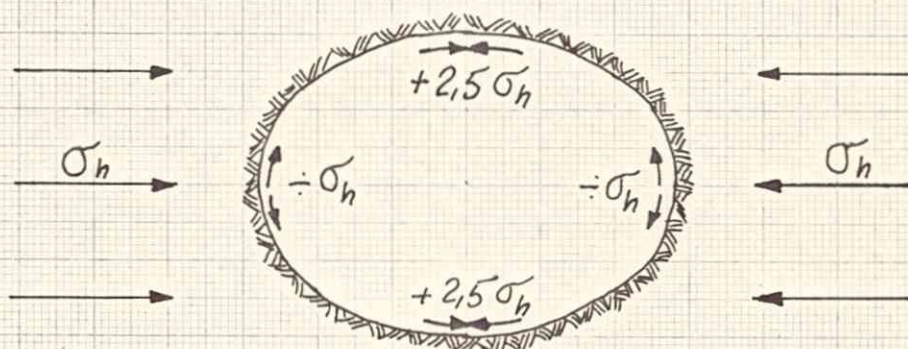
VINKLER MELLOM Z-AKSEN OG

$$\begin{array}{ll}
 \sigma_1 & : \quad \gamma_1 = 35,5^\circ \\
 \sigma_2 & : \quad \gamma_2 = 82,3^\circ \\
 \sigma_3 & : \quad \gamma_3 = 54,8^\circ
 \end{array}$$

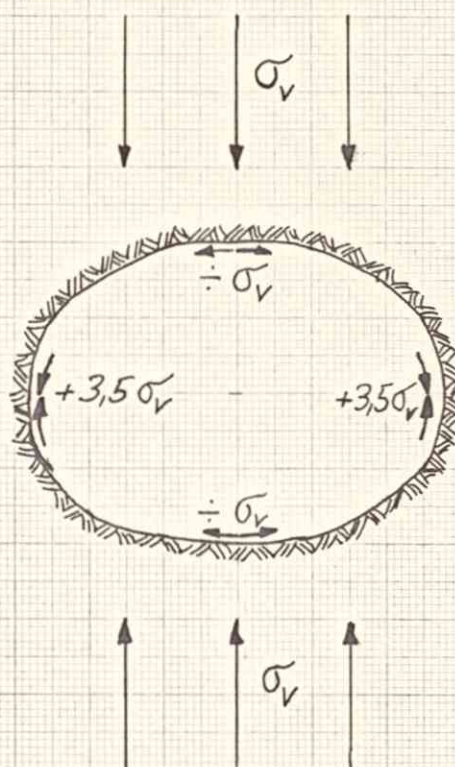
$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 120 \\ \sigma_2 &= 69 \\ \sigma_3 &= 30\end{aligned}$$



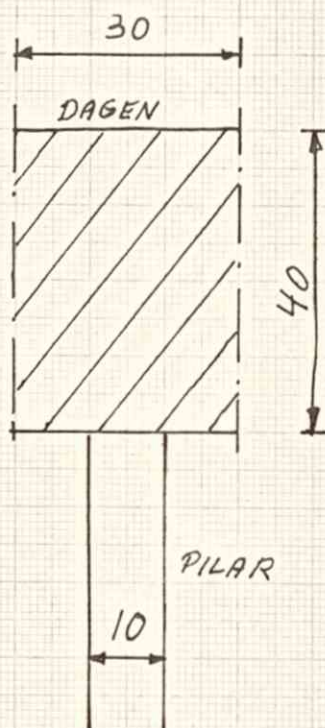




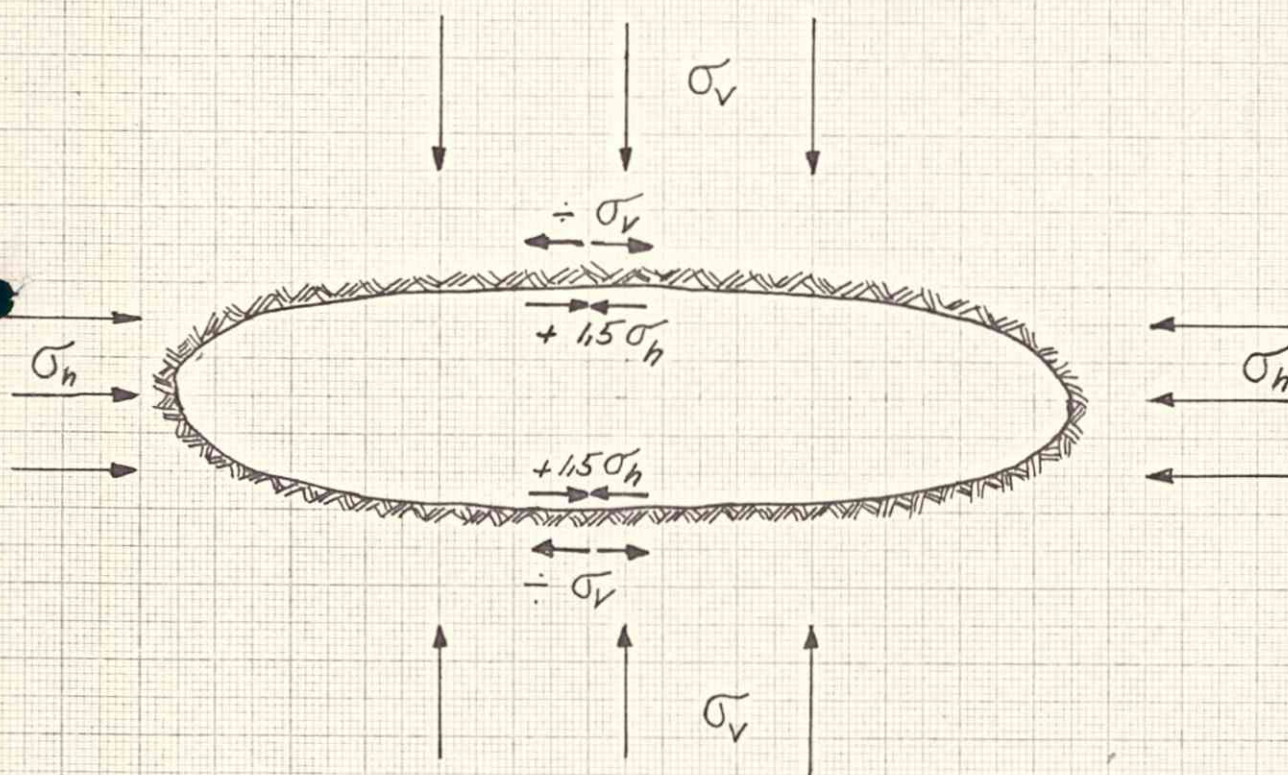
A. SNITT PÅKJENT AV HORIZONTALSPENNING.



B. SNITT PÅKJENT AV VERTIKALSPENNING.



A. BELASTNING AV PILAR



B. SNITT ved pp. 35 PÅKJENT AV HOR.- OG VERT. SPENN.