
KBS TEKNISK RAPPORT

49

Bergspänningsmätningar i Stripa gruva

Hans Carlsson

Högskolan i Luleå 1977-08-29

BERGSPÄNNINGSMÄTNINGAR I STRIPA GRUVA

Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

1977-08-29

BERGSPANNINGSMÄTNING I STRIPA GRUVA

H Carlsson
Avd för bergmekanik
Högskolan i Luleå
Luleå

	Sid
INNEHÅLL	
SAMMANFATTNING	
I INLEDNING	1
II KORT BESKRIVNING AV MÄTMETODEN	2
III PLANERING AV MÄTPLATSER	4
IV MÄTRESULTAT	8
V KOMMENTARER TILL MÄTNINGARNA	16
VI GRANITENS MEKANISKA EGENSKAPER	19
VII KORRELATION MED GEOLOGISKA OCH TEKTONISKA STRUKTURER	20
BILAGA	

SAMMANFATTNING

På beställning av KBS (Kärnbränslesäkerhet) har avd för bergmekanik, Högskolan i Luleå, utfört bergspänningsmätningar i en granit belägen i anslutning till Stripa gruva i Bergslagen. Mätningarna, som utfördes med Leemans tredimensionella metod, har visat att största huvudspänningen är 20.0 MPa och att den är riktad parallellt med granitens strykning. Den mellersta huvudspänningen är subhorisontell och riktad nära nog vinkelrätt mot kontakten. Minsta huvudspänningen har storleken 5.4 MPa. Den uppmätta vertikalspänningen har ungefär samma värde som den teoretiskt beräknade.

SUMMARY

Rock stress measurements at 340 m levels of the Stripa Mine have been carried out with the Leeman tri-axial equipment. The largest principal stress is found to be 20.0 MPa and directed parallel with the strike of the granite. The intermediate principal stress is 11.5 MPa and directed almost horizontal and perpendicular to the contact. The minor principal stress has a magnitude of 5.4 MPa. The deduced vertical stress is approximately of the same value as can be theoretically calculated.

I INLEDNING

Riksdagen antog den 14 april 1977 den s k villkorslagen. Denna innebär bl a att fortsatt drift av kärnkraftsaggregatet Barsebäck 2 ej får ske om inte hanteringen av använt, ej upparbetat, kärnbränsle kan ske på ett helt säkert sätt.

Lösningen på detta problem skall vara klart till den 1 oktober 1977.

Kärnbränslesäkerhet (KBS), har till uppgift att lösa problemen med den slutliga förvaringen i berg av förglasat högaktivt avfall och använt bränsle. KBS har förlagt sin försöksverksamhet till Stripa gruva, belägen strax norr om Lindesberg i Bergslagen. I anslutning till gruvan, där man nyligen avslutat brytningen av en kvartsbandad järnmalm, ligger en mäktig granitkropp i vilken de olika försöken har skett.

Ett av de ingående delprojekten är bergspänningsmätningar. Dessa har utförts av avd för bergmekanik, Högskolan i Luleå.

II KORT BESKRIVNING AV MÄTMETODEN

Den metod som använts i Stripa gruva för att bestämma det sekundära och primära spänningstillståndet har varit Leemans tredimensionella metod. Metoden grundar sig på registrering av töjningar i borrhål med hjälp av trådtöjningsgivare. Dessa givare är till antalet 12 st och uppdelade på tre rosetter monterade med 120° delning på en speciell mätcell. Rosettens utseende och mätriktning visas i Fig 1.

Det principiella mätförfarandet framgår av Fig 2. Töjningarna uppstår då friborrning sker, vilket alltså registreras av de 12 givarna.

I varje mätpunkt kan det fullständiga spänningstillståndet bestämmas. Då fordras dock kännedom om bergartens elasticitetsmodul, E , samt Poisson's förhållande ν . Provkroppar för bestämning av ovanstående konstanter tages från borrhåll i anslutning till varje mätpunkt.

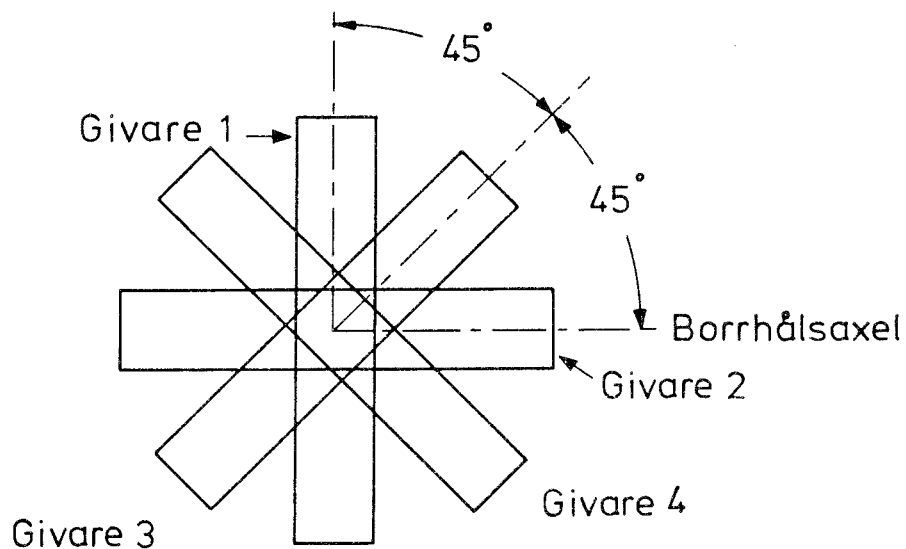
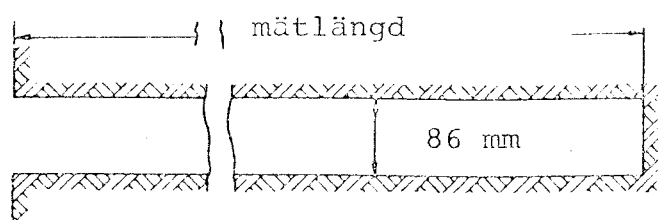
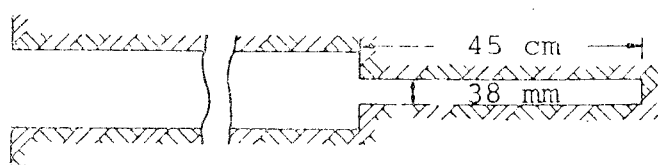


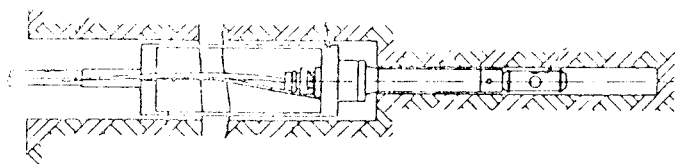
Fig 1 Givarrosettens utseende hos en triaxialcell
The strain rosette of a triaxial cell



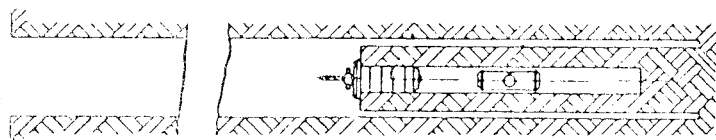
- a) Ett borrhål med 86 mm diameter borrar till den punkt där mätningen skall utföras. Borrhålsbotten slipas.



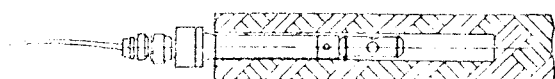
- b) Ett 45 cm långt borrhål med 38 mm diameter borrar koncentriskt i det stora hålet.



- c) Efter rengöring av borrhålet förs instrumentet in och givarna limmas. Efter härdning göres "nollavläsningen".



- d) Igensättning av plugg mot vattenstörning. Därefter fri-borrning av mätkroppen.



- e) Knäckning av kärnan och ny avläsning.

Fig 2 Principiella mätförfarandet vid mätning med triaxialcell

The principles of rock stress measurements with overcoring technique

III PLANERING AV MÄTPLATSER

Syftet med mätningarna i Stripa var som tidigare nämnts att bestämma både det sekundära och det primära spänningstillståndet. Detta skulle ske i ett mindre bergrum beläget på 340 m nivå, se Fig 3. Resultaten från mätningarna skulle sedan nyttjas bl a för orientering av ett värmeförsök i nämnda bergrum.

Då KBS fordrade en objektplan innan bergrummet stod färdigt planerades att mätningarna skulle utföras i tre borrhål riktade enligt Fig 3. I borrhål 1 skulle det primära spänningstillståndet bestämmas i ca 8 punkter. I borrhål 2 och 3 skulle det sekundära spänningstillståndet nära ortväggen bestämmas. Det är alltid vanskligt att sätta ut hål för bergspänningsmätningar innan man sett och mätt in de eventuella sprickor som syns på väggen där påhugget skall ske. Ett av huvudkraven för lyckade mätningar är att få ut hela och sprickfria kärnor. Får man exempelvis en längsgående spricka i borrhålet får detta naturligtvis förödande effekter på mätningarnas kontinuitet och kvalitét.

När bergrummet stod färdigt tvingade strukturerna i berggrunden fram en ändring av det planerade mätprogrammet. En dominerande riktning av sprickor i N-S med stupning 70° åt W gjorde att mät hål 2 och 3 förkastades. Dessutom förekom ett flertal sprickor med strykning N $60-70^{\circ}$ E och stupning 65° W. Bäst är att försöka rikta hålet så att de sprickor som finns skär borrhålet med ca 45° vinkel. På grundval av egna observationer i rummet samt sprickarteringen utförd av SGU i rakorten på samma nivå (Fig 4) fastlades att mät hålet skulle borras mot NW.

Ytterligare en faktor försvårade dock valet av riktningen på mät hålet. Längs gaveln på rummet finns en diabasgång som stryker parallellt med gaveln. Dess existens påverkar spänningstillståndet i rummets närhet. Övriga diabasgångar i gruvan har normalt liten mäktighet. På grundval av detta bestämdes att borra igenom diabasen och därefter påbörja mätningarna.

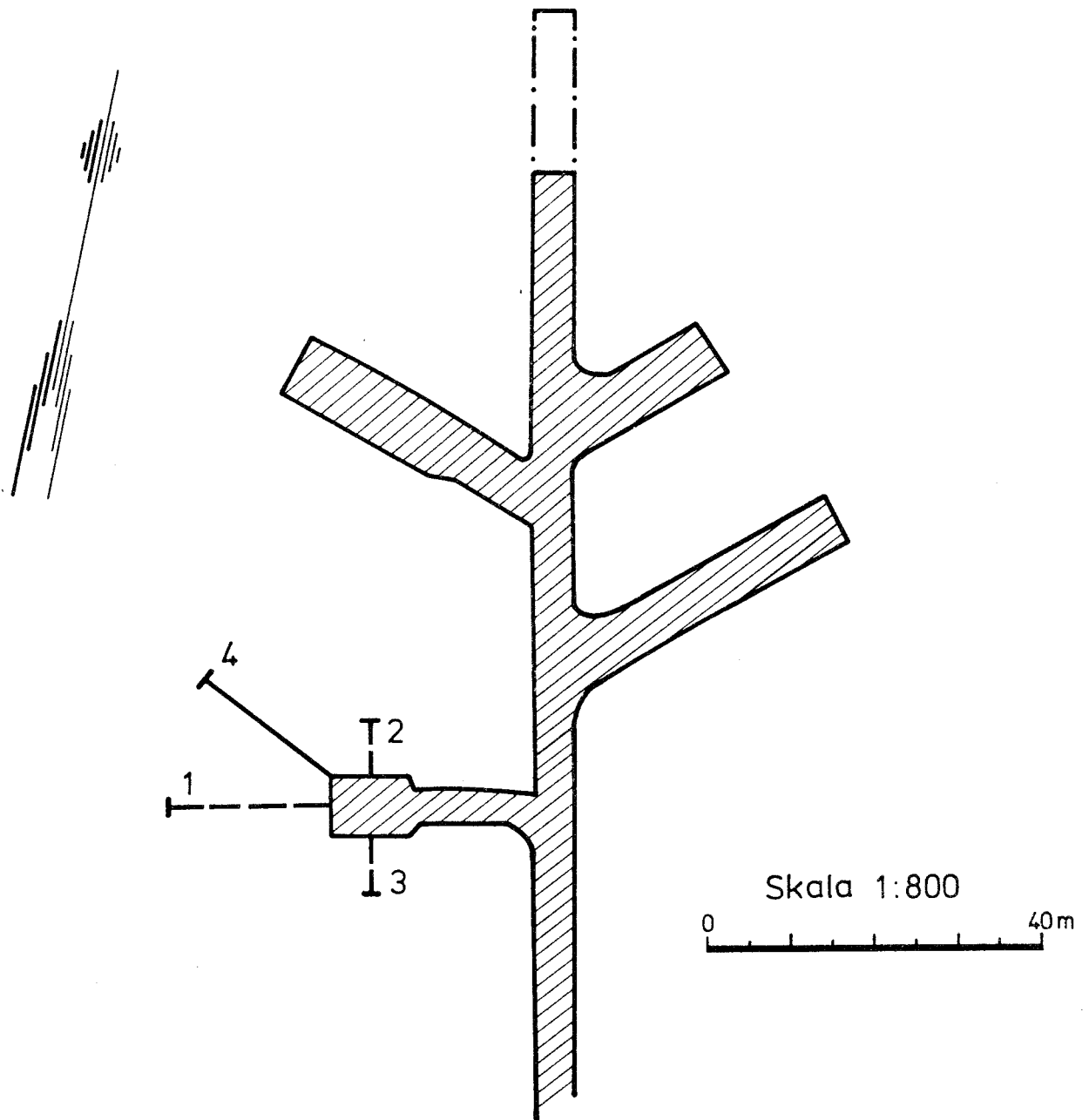


Fig 3 Planerad mätning i borrhål 1-3 och utförd mätning i borrhål 4

Location of rock stress measurements; 1-3 planned drilling, 4 performed drilling

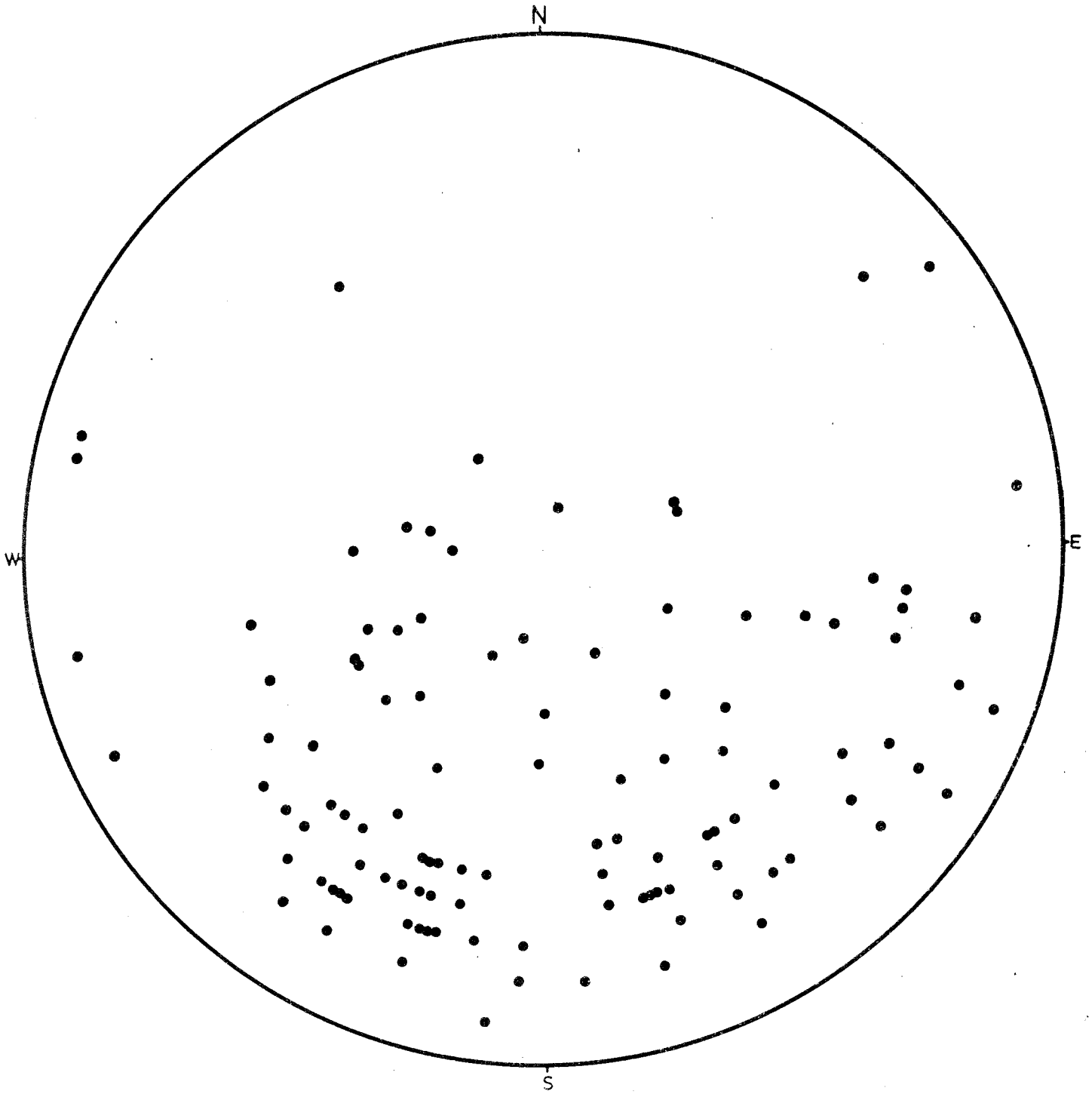


Fig 4 Stereografisk projektion av sprickplanen i rak-
orten för testområdet. Data från Olkiewicz, 1977
Stereographic projection of joint surfaces from
the main tunnel of the test site. Data from
Olkiewicz, 1977

Som nämnts tidigare skall resultaten från bergspänningsmätningarna bl a användas för orienteringen av ett värmeförsök i det utsprängda bergrummet. Mätningarna i samband med detta försök skall ske i ett huvudspänningsplan. För att få en säker bestämning av huvudspänningarnas riktning fordrades därför ett stort antal mätpunkter.

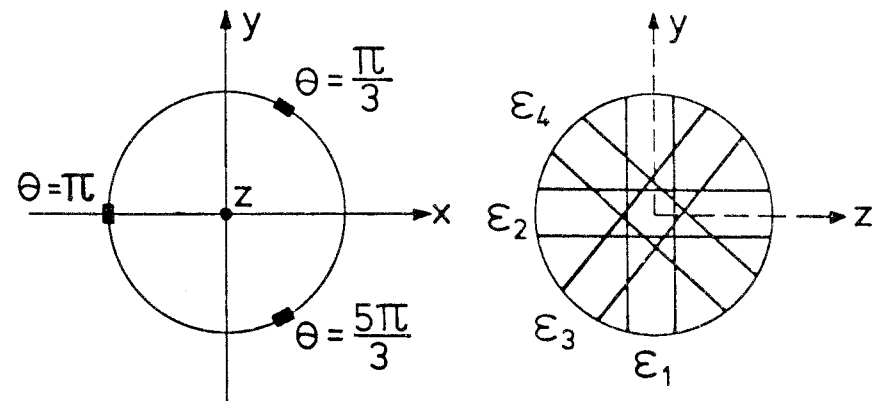
IV MATRESULTAT

Spänningstillståndet kring det utsprängda bergrummet (se Fig 3) har sålunda bestämts i ett hål. Påhugget skedde i en diabas som upphörde efter 0.87 m. Första mätpunkten ligger på 1.55 meter. Olyckligtvis återkommer diabasen på 2.05 m. Först vid 2.87 m återkommer graniten för att sedan fortsätta i resten av hålet. Graniten närmast diabasen var ganska uppsprucken och omvandlad och var ej representativ för den övriga graniten i området. Mätningarna påbörjades därför vid 4.41 m och avslutades på 19.63 m. Som bevis på den kraftiga uppsprickningen kan nämnas att hela 38 slipningar av borrhålsbotten och sammanlagt 33 urborrningar av det lilla centriska hålet genomfördes. Av dessa kunde mätningar genomföras på 22 punkter, varav 19 st anses som pålitliga. De sprickor som förekommer är sällan öppna utan läkta av klorit.

Av tabell I framgår de uppmätta töjningarna för varje enskild mätpunkt. Av tabell II framgår de beräknade huvudspänningarna för varje mätpunkt. Vidare är storleken av huvudspänningarna plottade mot borrhålsdjupet i Fig 5. Riktningarna på huvudspänningarna framgår av Fig 6.

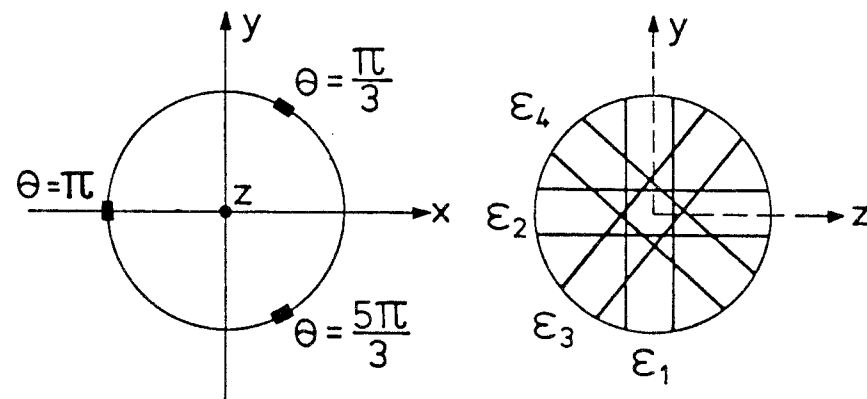
Mät- djup [m]	Töjningar												E-modul [GPa]	Poisson's förhållande
	$\theta = \pi$				$\theta = \frac{\pi}{3}$				$\theta = \frac{5\pi}{3}$					
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4	ϵ_5	$-\epsilon_6$	ϵ_7	ϵ_8	ϵ_9	ϵ_{10}	ϵ_{11}	ϵ_{12}		
1,55	148	126	335	- 50	47	103	185	- 2	325	118	19	410	59,42	0,192
4,41	115	74	136	97	- 22	103	187	-123	426	100	100	426		
6,03	230	124	353	- 3	-143	44	60	-158	389	158	- 6	505		
6,53	261	75	401	- 35	-136	179	139	- 57	265	112	0	398		
7,68	100	57	267	-113	75	155	202	- 7	639	178	61	686		
8,53	253	243	405	109	-108	219	72	18	491	197	164	472		
9,03	39	267	114	191	38	247	290	21	1011	392	497	870		
9,60	96	188	335	- 34	82	175	250	8	733	188	182	797		

Tabell I Töjningarna från de enskilda mätpunkterna
Strain measurements from each data point



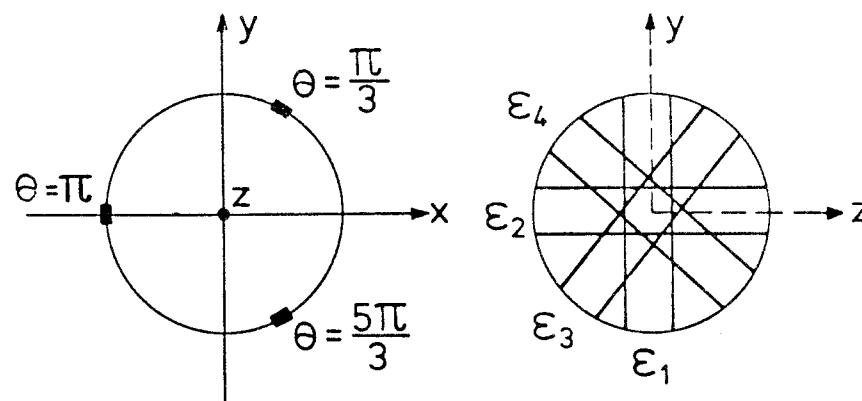
Mät- djup [m]	Töjningar												E-modul [GPa]	Poisson's förhållande
	$\theta = \pi$				$\theta = \frac{\pi}{3}$				$\theta = \frac{5\pi}{3}$					
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4	ϵ_5	ϵ_6	ϵ_7	ϵ_8	ϵ_9	ϵ_{10}	ϵ_{11}	ϵ_{12}		
10,93	278	200	401	87	- 7	220	165	39	1163	226	475	910	59,42	0,192
11,44	235	176	400	35	230	272	475	35	977	217	212	998		
12,22	405	100	496	65	- 44	95	121	- 72	1186	60	355	915		
13,31	281	67	217	122	10	49	78	- 32	255	59	31	298		
13,87	248	181	136	236	54	241	235	88	443	234	293	388		
14,37	165	236	169	199	222	114	272	69	636	99	233	480		
15,43	43	144	183	16	141	188	233	41	488	158	110	512		

Tabell I Fortsättning
Cont



Mät- djup [m]	Töjningar												E-modul [GPa]	Poisson's förhållande
	$\theta = \pi$				$\theta = \frac{\pi}{3}$				$\theta = \frac{5\pi}{3}$					
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_4	ϵ_5	$-\epsilon_6$	ϵ_7	ϵ_8	ϵ_9	ϵ_{10}	ϵ_{11}	ϵ_{12}		
16,54	164	48	185	29	538	60	328	239	1057	132	528	708	59,42	0,192
17,02	410	18	161	310	- 84	82	80	- 38	482	61	198	350		
17,83	523	-43	148	340	- 69	61	39	- 42	843	9	457	376		
19,63	- 19	34	0	35	234	44	261	10	558	74	182	371		

Tabell I Fortsättning
Cont



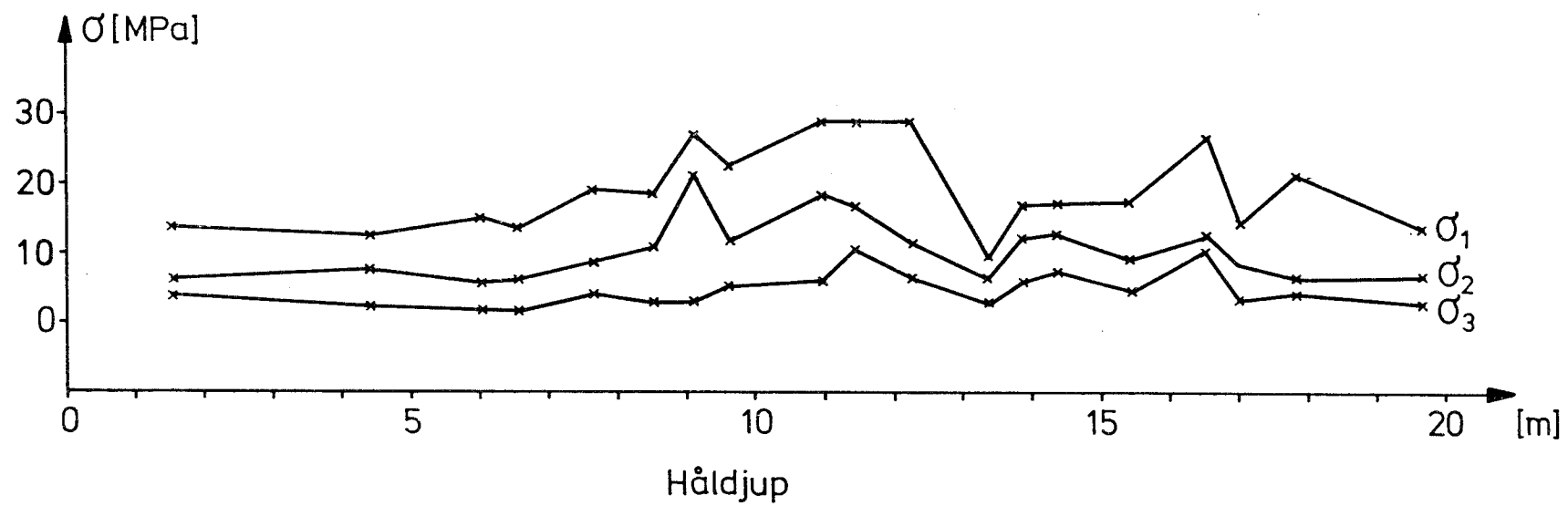


Fig 5 Huvudspänningarnas variation med håldjupet
 Variation of principal stresses in the borehole

Tabell II

Beräknade huvudspänningar
Calculated principal stresses

Mättdjup [m]	Huvudspänningar [MPa]			Vertikalkomp [MPa]	Huvudspänningar i horisontalplanet [MPa]	
	σ_1	σ_2	σ_3		σ_A	σ_B
1,55	13,46	6,08	3,92	11,58	6,16	5,70
4,41	12,28	7,98	2,26	6,02	11,06	5,44
6,03	15,0	5,50	1,80	4,86	13,98	4,02
6,53	13,86	5,26	1,88	6,94	11,84	2,96
7,68	19,36	8,44	4,04	11,56	11,64	9,52
8,53	18,58	10,84	3,16	12,22	18,02	3,94
9,08	27,28	21,38	3,48	17,20	29,72	6,50
9,60	23,06	12,26	5,18	14,04	16,64	11,48
10,93	28,96	18,30	6,10	10,62	26,26	17,22
11,44	29,80	16,88	10,40	18,26	25,80	15,98
12,22	29,52	11,74	6,88	10,68	25,12	12,66

Tabell II Fortsättning
Cont

Mätdjup [m]	Huvudspänningar [MPa]			Vertikalkomp [MPa]	Huvudspänningar i horisontalplanet [MPa]	
	σ_1	σ_2	σ_3		σ_A	σ_B
13,31	9,78	6,44	3,28	4,82	9,56	1,38
13,87	16,96	12,30	5,62	14,62	22,72	1,48
14,37	17,36	13,14	7,26	10,48	15,76	11,52
15,43	16,60	9,42	4,42	11,74	13,18	7,38
16,54	27,50	12,68	10,30	11,56	26,70	12,22
17,02	14,18	8,70	3,30	5,98	11,86	8,34
17,83	21,58	6,48	4,08	11,62	14,68	5,86
19,63	13,94	6,98	2,78	3,70	19,24	9,34

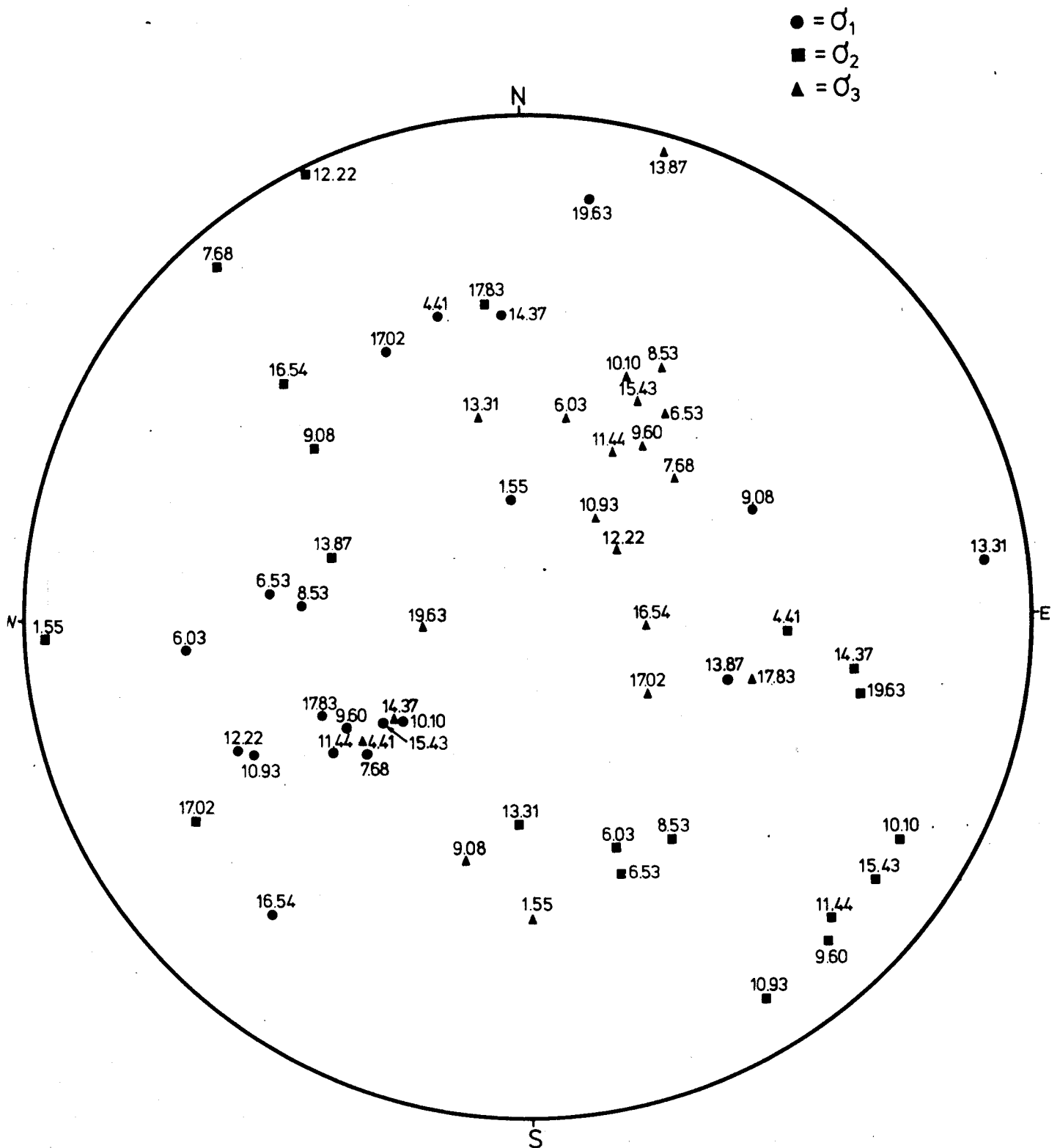


Fig 6

Riktningarna för huvudspänningarna i varje mät-
punkt. Siffrorna anger mätdjupet. Wullft nät
undre hemisfären

Direction of principal stresses in each data point.
Depth of measurement in the borehole is indicated.
Wullfs net lower hemisphere.

V KOMMENTARER TILL MÄTNINGARNA

Som framgår av Fig 6 är spridningen av riktningen på huvudspänningarna relativt stor. Trots detta finns ett maxima för σ_1 med ungefärlig stupning av 40° i riktning $S60^\circ W$. För σ_3 finns motsvarande maxima med ungefärlig stupning 50° i riktning $N40^\circ E$. Mellersta huvudspänningen ligger nära nog horisontellt. Mätpunkterna ligger i intervallet 6.03-16.53, d v s väl spridda längs borrhålet.

Från de mätpunkter som ligger inom ovan angivna intervall har medelvärdet för huvudspänningarnas storlek och riktning beräknats. Beräkningen har tillgått så att medelvärdet av töjningen hos givare 1, 2, 3 o s v har bestämts för ovan angivna mätpunkter. Dessa töjningar har därefter legat till grund för beräkningen av huvudspänningarna.

Resultatet, vilket åskådliggörs i Fig 7, visar att största huvudspänningen σ_1 har värdet 20 MPa och stupar 31° i riktning $S68^\circ W$.

Mellersta huvudspänningen σ_2 har beräknats till 11.4 MPa, och stupar 13° i riktning $S32^\circ E$.

Den minsta huvudspänningen σ_3 har värdet 5.4 MPa och stupar 56° i riktning $N29^\circ E$.

Den uppmätta vertikalspänningen är 9.8 MPa. Med en övertäckning av 340 m och en densitet av 2.7 fås ett teoretiskt värde på 9.18 MPa, d v s den uppmätta vertikalkomponenten är av samma storlek som den teoretiskt bestämda.

Även huvudspänningarna som råder i horisontalplanet har beräknats utifrån mätningarna. Sålunda har den största huvudspänningen σ_A bestämts till 17.4 MPa medan den minsta huvudspänningen σ_B har bestämts till 10.8 MPa.

Samtliga beräkningar redovisas i Bilaga 1 under rubriken "Mean principal stress direction."

Under rubriken "Mean principal stresses 6.03-19.63" i Bilaga 1 har samtliga mätpunkter längs borrhålet medtagits för beräkningen av medelvärdet på huvudspänningarna. Här framgår att storleken på huvudspänningarna är desamma som från beräkningen under rubriken "Mean principal stress direction."

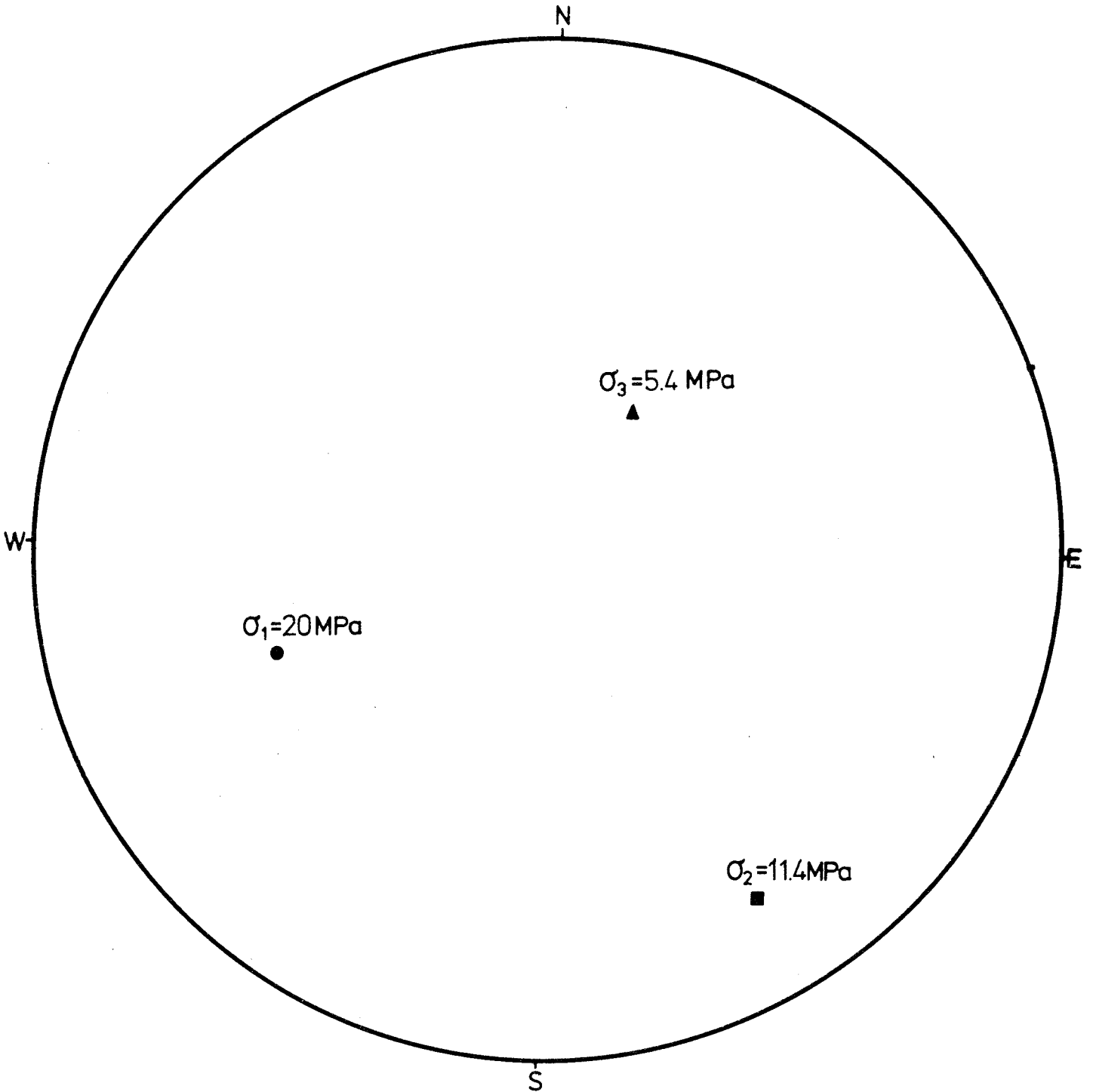


Fig 7 Huvudspänningarnas storlek och riktning för test-området i Stripa gruva, 340 m nivå

Principal stresses and their directions for the test site, Stripa mine, 340 m level

VI GRANITENS MEKANISKA EGENSKAPER

För beräkning av huvudspänningarnas storlek fordras kännedom av de elastiska konstanterna E och ν . Dessa har bestämts på 5 provkroppar tagna i direkt anslutning till 5 mätpunkter. Kärnorna har diametern 72 mm och längden 180 mm d v s $l/d = 2.5$. Nedan visas en tabell med de framtagna konstanterna. Angivna värden är sekantvärden vid 50 % brottlást. Förutom E och ν har även tryckhållfastheten registrerats för varje prov.

Mättdjup [m]	E-modul [GPa]	Poissons förhållande ν	Tryckhållfasthet [MPa]
6.03	59.97	0.19	151.39
7.68	56.46	0.17	140.40
8.53	59.94	0.19	152.50
10.10	61.68	0.22	141.40
11.44	59.06	0.19	154.70
\bar{m}	59.4	0.192	148.01

Som framgår av tabellen så är variationen i de framtagna värdena mycket liten. Vi beslöt att genomgående använda $E = 59.4$ GPa och $\nu = 0.192$ för beräkningen av huvudspänningarnas storlek och riktning.

VII KORRELATION MED GEOLOGISKA STRUKTURER

Tyvär har mycket lite publicerats om geologin och tektoniken i Stripaområdet.

Den regionala karteringen och gruvkartorna visar dock att bergarterna inom området har en nordöstlig strykning och att de stupar brant åt sydost. Malmen som bröts i Stripa gruva var som tidigare nämnts en kvartsbandad järnmalm. Huvudmalmen hade formen av en veckad skiva med ungefärlig strykning i NE. Nära ytan stupade malmen brant åt SE men på djupare nivåer antog den ett mycket flackt läge. Mot malmen gränsade en leptit och en serorogen granit i vilken bergspänningsmätningarna har utförts. Malmens flacka läge mot djupet anses bero på att graniten pressat undan densamma vid sin intrusion.

Bergartskontakterna undulerar bitvis kraftigt både inom och mellan olika nivåer i gruvan. På 340 m nivå där mätningarna alltså utförts kan en strykning i ca $N45^{\circ}E$ observeras. Mätningarna har utförts ca 100 m från kontakten mellan granit och malm.

Största huvudspänningen σ_1 har där uppmätts till 20 MPa riktat ungefär parallellt med granitens strykning. Den mellersta huvudspänningen σ_2 som har uppmätts till 11.4 MPa ligger däremot subhorisontellt och nära nog vinkelrätt mot granitkontakten.

Enligt teorin så kommer spänningsfältet runt en intrusion av exempelvis granit att ligga så som mätningarna i Stripa har visat, dvs vinkelrätt mot respektive parallellt med kontakten. Avgörande för vilken av huvudspänningarna som ligger vinkelrätt mot kontakten beror på spänningsbildens utseende vid tidpunkten före intrusionen av granit.

Det är vanskligt att bestämt säga att detta förhållande gäller för hela Stripaområdet. Förkastningar och parasitveck som är

vanligt förekommande stör den tektoniska bilden. Det enda sättet att få ett klart besked i frågan är att utföra fler mätningar på lämpligt valda platser inom området.

I avvaktan på ytterligare bergspänningsmätningar i Stripagrani-
ten samt resultaten från de struktureologiska undersökningarna vid SGU går det inte att göra några ytterligare jämförelser mellan uppmätta spänningar och deras riktning samt geologiska strukturer.

I bilagan redovisas samtliga beräkningar som ligger till grund mätresultaten.

Beräkningen är indelad i fyra steg och innebörden av de olika rubrikerna är som följer.

ÖVERSKRIFT:

Här anges gruva, anlägge etc; mätplats; mätdjup datum samt temperatur

1. INPUT DATA - 4 ELEMENT ROSETTE

Young's modulus (MPa):

Här anges elasticitetsmodulen uttryckt i MPa

Poisson's ratio:

Här anges Poisson's förhållande för en provkropp tagen i anslutning till mätpunkten

Bearing of z-axis:

Här anges riktningen på borrhålet i relation till magnetiskt N

Plunge of z-axis:

Här anges lutningen på borrhålet

Strain readings U1 to U12 in micro m/m:

Här anges de tolv uppmätta töjningarna för mät-punkten i fråga

2. RESULTS FROM LEAST SQUARE FIT CALCULATION

Residual sum of squares:

Här anges skillnaden mellan den observerade och den förutsagda "kvadrat-summan"

Standard deviation about fitted regression line:

Här anges kvadratroten av medelvärdet till "residual sum of squares" baserad på 6 frihetsgrader

Stress tensor components (MPa)

Error :

Här anges de sex spänningskomponenterna bestämda genom minsta kvadratmetoden på töjningsdata. Standardfel till varje komponent beräknas

3. DERIVED PRINCIPAL STRESSES

Här anges de tre huvudspänningarnas storlek och riktning i förhållande till ett koordinatsystem där (om man tittar in i hålet) positiv x-axel är riktad åt höger, positiv y-axel rakt upp och positiv z-axel rakt ut ur hålet

Dessutom anges huvudspänningarnas riktning i relation till magnetiskt N samt stupningen i z-x-planet respektive horisontalplanet

4. MORE DERIVED STRESSES

Maximum shear stresses:

Här anges den maximala skjuvspänningen uppmätt från töjningen i mätpunkten i fråga

Vertical normal stress component:

Här anges sålunda den uppmätta vertikalspänningen

Secondary horizontal principal stresses:

Här anges de huvudspänningar som råder i horisontalplanet. Teoretiskt skall till exempel sk door-stoppermätningar i horisontalplanet ge dessa resultat

Angle from west to sigma-A:

Här anges riktningen på σ_A . Positiv vinkel betyder medurs från W. Negativ vinkel betyder moturs från W

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran Olsson
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-
sistors embedded in a bentonite/quartz buffer mass
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass
A model study
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och akti-
nider från en cylinder av franskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing
properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27
samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Long term mineralogical properties of bentonite/quartz
buffer substance
Preliminär rapport november 1977
Slutrapport februari 1978
Roland Pusch
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level
waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk
berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Arne Finné, KBS
Alf Engelbrektson, VBB
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
VBB
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna
radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM

- 42 Säkerhet vid hantering, lagring och transport av använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
Ann Margret Ericsson
Kemakta november 1977
- 43 Transport av radioaktiva ämnen med grundvatten från ett bergförvar
Bertil Grundfelt
Kemakta november 1977
- 44 Beständighet hos borsilikatglas
Tibor Lakatos
Glasteknisk Utveckling AB
- 45 Beräkning av temperaturer i ett envånings slutförvar i berg för förglasat radioaktivt avfall Rapport 3
Roland Blomquist
AB Atomenergi 1977-10-19
- 46 Temperaturberäkningar för använt bränsle
Taivo Tahrandi
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
Preliminär rapport oktober 1977
Slutrappport februari 1978
Lars Y Nilsson
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH
- 48 The mechanical properties of Stripa granite
Graham Swan
Högskolan i Luleå 1977-09-14
- 49 Bergspänningsmätningar i Stripa gruva
Hans Carlsson
Högskolan i Luleå 1977-08-29
- 50 Läkningförsök med högaktivt franskt glas i Studsvik
Göran Blomqvist
AB Atomenergi november 1977
- 51 Seismotectonic risk modelling for nuclear waste disposal in the Swedish bedrock
F Ringdal
H Gjöystdal
E S Husebye
Royal Norwegian Council for scientific and industrial research
- 52 Calculations of nuclide migration in rock and porous media, penetrated by water
H Häggblom
AB Atomenergi 1977-09-14

- 53 Mätning av diffusionshastighet för silver i lera-sand-blandning
Bert Allard
Heino Kipatsi
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15
- 54 Groundwater movements around a repository
- 54:01 Geological and geotechnical conditions
Håkan Stille
Anthony Burgess
Ulf E Lindblom
Hagconsult AB september 1977
- 54:02 Thermal analyses
Part 1 Conduction heat transfer
Part 2 Advective heat transfer
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:03 Regional groundwater flow analyses
Part 1 Initial conditions
Part 2 Long term residual conditions
Anthony Burgess
Hagconsult AB oktober 1977
- 54:04 Rock mechanics analyses
Joe L Ratigan
Hagconsult AB september 1977
- 54:05 Repository domain groundwater flow analyses
Part 1 Permeability perturbations
Part 2 Inflow to repository
Part 3 Thermally induced flow
Joe L Ratigan
Anthony S Burgess
Edward L Skiba
Robin Charlwood
- 54:06 Final report
Ulf Lindblom et al
Hagconsult AB oktober 1977
- 55 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg
Del 1 Bestämning av fördelningskoefficienter
Del 2 Litteraturgenomgång
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-10
- 56 Radiolys av utfyllnadsmaterial
Bert Allard
Heino Kipatsi
Jan Rydberg
Chalmers tekniska högskola 1977-10-15

- 57 Stråldoser vid haveri under sjötransport av kärnbränsle
Anders Appelgren
Ulla Bergström
Lennart Devell
AB Atomenergi
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
AB Atomenergi