
KBS TEKNISK RAPPORT

89

**Inverkan av glaciation på en deponerings anläggning belägen i urberg
500 m under markytan**

Roland Pusch

Högskolan i Luleå 1978-03-16

INVERKAN AV GLACIATION PÅ EN
DEPONERINGSANLÄGGNING BELÄGEN
I URBERG 500 M UNDER MARKYTAN

Roland Pusch
Högskolan i Luleå
1978-03-16

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.

INVERKAN AV GLACIATION PÅ EN DEPONERINGSANLÄGGNING
BELÄGEN I URBERG 500 m UNDER MARKYTAN

LULEÅ 1978-03-16

ROLAND PUSCH
AVD FÖR GEOTEKNIK
HÖGSKOLAN I LULEÅ

INVERKAN AV GLACIATION PÅ EN DEPONERINGSANLÄGGNING
BELÄGEN I URBERG 500 m UNDER MARKYTAN

ALLMÄNT

En bedömning av vilken inverkan en glaciation har på större djup i berggrunden kan i någon mån grundas på geologiska exempel. En mera påtaglig bild kan man få genom att tillämpa elasticitets- och plasticitets-teori. Nödvändigtvis måste emellertid ett sådant studium baseras på grova uppskattningar av de verkande krafternas storlek och riktning och av deformationsmönstret i berget. I denna utredning diskuteras hithörande frågor något.

GEOLOGISKA EXEMPEL PÅ ISENS VERKNINGAR

Att en framryckande glaciär påverkar berggrunden framgår tydligt av alla de hyvlings- och slipnings-effekter man kan se där bergytor är blottade (isräfflor, stötsidor-hällar m m). Att de av isrörelserna orsakade krafterna kan ha varit betydande illustreras bl a av att mycket stora partier av kritberggrunden brutits loss och förskjutits flera hundra meter i Limhamnsområdet.

Istektoniken i Kalundborgområdet är ett annat exempel på glaciärisens förmåga att påverka undergrunden. Här är det fråga om stora förskjutningar i fast tertiär lera i samband med en oscillerande rörelse hos en glaciär med ringa mäktighet.

Det finns emellertid också åtskilliga exempel på att glaciation inte haft särskilt stor inverkan på undergrunden. Sålunda har man t ex funnit morän över organiska jordlager. Sannolikt har topografin och berggrundens karaktär haft mycket stor betydelse för uppkomsten av förskjutningar och bristningar i berg-

grunden. Likaså har de interna rörelserna i isens undre delar haft betydelse för storleken på tangentialkrafterna.

De geologiska exemplen antyder att det finns två effekter av en glaciation som är av intresse i det aktuella sammanhanget: dels skjuvspänningar orsakade av tangentialkrafterna då isen rör sig fram över berggrunden, dels spänningsökningar orsakade av isens egentygnd.

INVERKAN AV SKJUWKRAFTER VID ISENS FRAMRYCKNING

Den avgörande frågan är var och hur en relativrörelse mellan en glaciär och underliggande berg äger rum. I princip innebär krypbenägenheten hos is att också mycket små gradienter med tiden ger upphov till stora rörelser. Genom undersökningar av krypegenskaperna hos is och morfologin hos nutida landisar har man bedömt att en vertikal sektion genom det Fennoskandiska istäcket hade formen av en halvellips. En sådan form kan man anta också för en framtida landis. Det innebär att den största lutningen hos ismassans överyta uppkommer nära periferin. Det är här som de interna rörelserna i glaciären bör vara störst och det är alltså här som man kan anta att relativrörelsen glaciär/berggrund har ett maximum.

Situationen kompliceras av det kända faktum att glaciärens undre delar har en hög block- och stenhalt (bottenmoränmaterialet). Det är tveksamt om det överhuvudtaget sker någon rörelse mellan berggrunden och dessa undre delar om - som bör vara fallet under landisens centrala delar - mineralpartiklarna här har tät lagring och utgör ett kontinuum.

De nämnda förhållandena antyder att den största inverkan av de tangentiella skjuvkrafterna på berget åstadkoms vid eller nära fronten hos en framryckande

ismassa. Det svarar mot ett tillstånd som kan hanteras spänningsteoretiskt.

Grunden för en beräkningsmässig behandling av brottprocesser i berg ges av spänningstillståndet vid plastisk jämvikt. Om man använder sig av MOHR/COULOMBS brottheori gäller sambanden i Fig 1, 2 och 3.

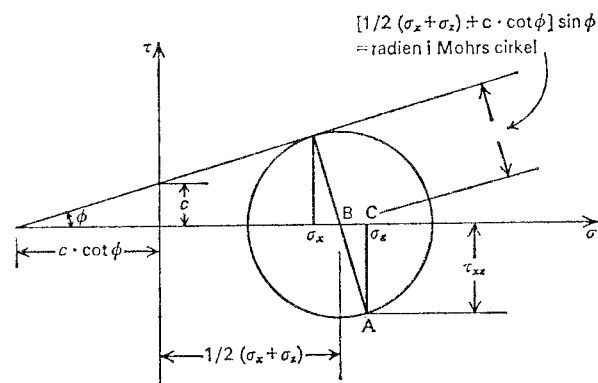


Fig 1. Spänningssambandet vid brottillstånd enligt MOHR/COULOMBS teori. Radien fås också ur triangeln ABC där $BC = (\sigma_z - \sigma_x)/2$:

$$R = \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_z - \sigma_x)^2 + \tau_{xz}^2}$$

$$\therefore [1/2(\sigma_z + \sigma_x) + c \cdot \cot \phi] \sin \phi - \sqrt{\frac{1}{4}(\sigma_z - \sigma_x)^2 + \tau_{xz}^2} = 0$$

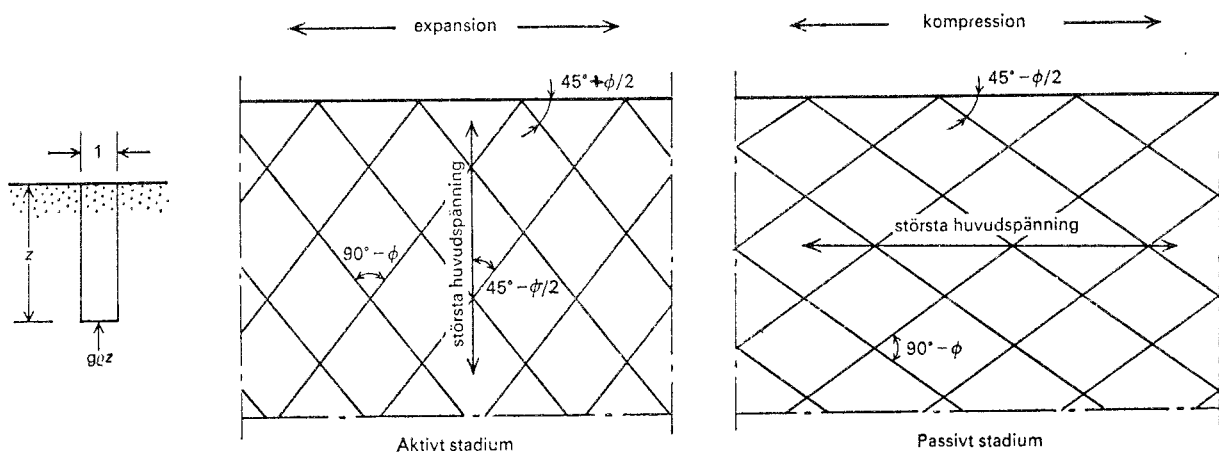


Fig 2. Plastiskt brott i ett halvoändligt medium.

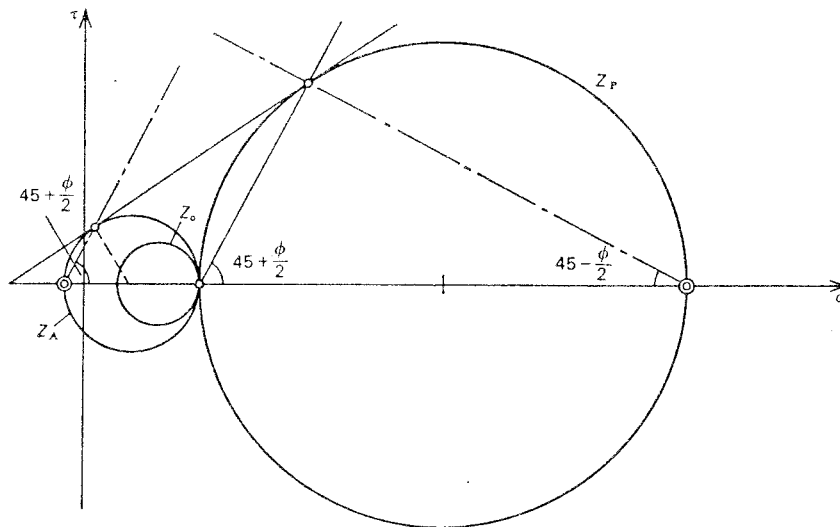


Fig 3. Spänningstillståndet för en godtycklig punkt Z i ett halvoändligt medium med plan, horisontell överyta.

Fig 2 avser spänningssituationen i ett prisma med enhetsbredden 1 i en massa med densiteten ρ . Plastiskt jämviktstillstånd uppstår genom horisontell förskjutning av massan från eller mot prismet. I det första fallet (aktivt stadium) utgör vertikaltrycket, som har storleken g_0z , den största huvudspänningen, medan den minsta huvudspänningen verkar i horisontell riktning. Brottplanen bildar då det mönster som framgår av Fig 2, vänstra bilden. De teoretiska fall som närmast kan svara mot den situation då en framryckande glaciär påverkar berget med vertikala tryckkrafter och tangentiella skjuvkrafter illustreras av Fig 4. Man kan naturligtvis ifrågasätta om det är försvarbart att använda Mohr/Coulomb-teori för jordskorpan men man bör då hålla i minnet att LARSSONS (1967) förklaring av uppkomsten av större vattenförande brottzoner som följderna av stora regionala spänningar i princip bygger på samma resonemang.

Fig 4 kan läggas till grund för en beräkning av V och H med syfte att avgöra om glaciärer kan åstadkomma djupgående förskjutningar i berggrunden. Figuren visar att det är uppenbart att "angreppssträckan" B

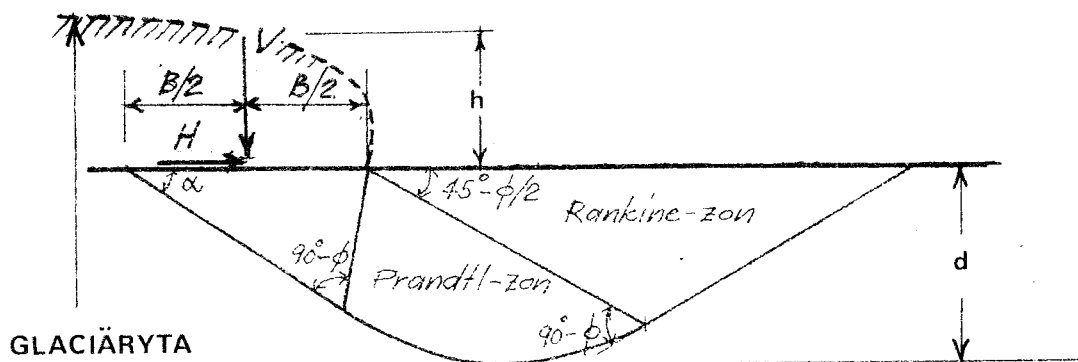


Fig 4. Vertikalkraft V och horisontalkraft (skjuvkraft) H som följd av en tänkt glaciärrörelse över en plan bergyta. Figuren avser BRINCH HANSENS brottfigur för en viktlös homogen massa, ett ytterligt konservativt antagande.

bestämmer det djup d till vilket skjuvbrott äger rum. Det är därför nödvändigt att uppskatta vilket B -mått det kan vara tal om och att bestämma häremot svarande värden på h , V och H . Ett rimligt antagande är att friktionskoefficienten för morän/bergförskjutning är lika med 1 vilket ger $H = V$. Tabell 1 ger värden på h och B och medelvertikaltrycket q som visserligen är teoretiskt möjligt men som i praktiken representerar ogynnsamma antaganden.

Tabell 1. h , B och q

Glaciärhöjd h , m	"Angreppssträcka" B , m	Djup ²⁾ d , m	q MPa ¹⁾
100	10	10	1.3
200	20	20	2.6
400	40	40	5.2

1) Medeldensitet $\rho = 1.3 \text{ t/m}^3$

2) Uppskattat för rimliga α -värden

Om vi nu använder allmänna bärighetsekvationen och antar att berggrunden saknar kohesion och har en inre friktionsvinkel av 45° , vilket är utomordentligt konservativa antaganden, så gäller för fallet i Fig 4:

$$q_b = \frac{1}{2} g \rho' B N_\rho \cdot i_\rho \quad (1)$$

där q_b = vertikalt tryck vid brott

g = jordaccelerationen

ρ' = effektiv skrymdensitet

N_ρ = bärighetsparameter

i_ρ = korrektionsfaktor för lutande last (resultanten till H och V)

För N_ρ gäller approximativt:

$$N_\rho = 0.1 \cdot e^{0.18\phi} \quad (2)$$

där ϕ = inre friktionsvinkeln

För i_ρ kan ett lägsta värde antas vara 0.5.

Ekv (1) ger $q_b = 1.3 \cdot B$ MPa om B uttrycks i meter.

Man finner alltså att brottlasten ökar direkt proportionellt mot B vilket innebär att den största möjligheten till skjuvbrott föreligger då angreppssträckan B är mycket liten samtidigt som glaciärhöjden h är mycket stor. Av värdena i Tabell 1 framgår att man kan komma i närheten av en kritisk situation endast vid själva glaciärfronten och då bara om den stupar utomordentligt brant, nämligen så att höjden 50 m nås på avståndet 0.5 m från fronten, 100 m på avståndet 1 m, 200 m på avståndet 2 m osv. Om den framryckande glaciären verkligen skulle ha denna form kan man teoretiskt sett tänka sig att skjuvbrott kan uppstå men det blir i så fall endast till några få meters djup som berget kommer att brytas upp.

Slutsatsen måste bli att inverkan av skjuvkrafter på djupt belägna delar av berggrunden är försumbar. Däremot kan man visa att i isens väg uppstickande höjdpartier lätt kan förskjutas utmed existerande flacka svaghetsplan, t ex kontinuerliga plana sprickor,

sprickrika zoner, klorit- och grafitzoner och leromvandlade zoner. Det är möjligt att sådana förskjutningar kan ge upphov till svängningsrörelser (skakningar) och små sekundära huvudsakligen vertikala rörelser på större djup i berget. Om man bedömer att hänsyn till inverkan av en kommande glaciation verkligen skall tas är det därför lämpligt att välja en plats för deponeringsanläggningen där bergytan är relativt jämn.

En säker slutsats är att det inte finns en möjlighet för en framryckande glaciär att bryta upp och skapa öppningar till mer än några få meters djup i en berggrund av den kvalitet man kommer att välja för deponeringen. Det är uteslutet att deponeringsanläggningen kan öppnas och exponeras av isrörelserna.

INVERKAN AV SPÄNNINGSÖKNINGAR ORSAKADE AV ISENS EGENTYNGD

Utbildningen av en landis innebär att en belastning påförs berggrunden varigenom spänningarna ökar också på djupet. Ser vi på den centrala delen av landismassan kan mäktigheten bli stor. Bliir nedisningen av samma karaktär som vid den största av de kvartära nedisningarna måste man här räkna med ca 3 km is vilket svarar mot en ytbelastning av ca 30 MPa. Frågan är hur denna belastning påverkar berget med tunnlar och deponeringshål på 500 m djup.

Eftersom berggrunden till några tusen meters djup beter sig elastiskt med ett kontraktionstal som kan antas vara ca 0.3 kan vi uppskatta det horisontaltryck i berget som den vertikala belastningen ger upphov till genom att använda elasticitetsteorin. För elementet i Fig 5 gäller följande uttryck för töjningen i x-led:

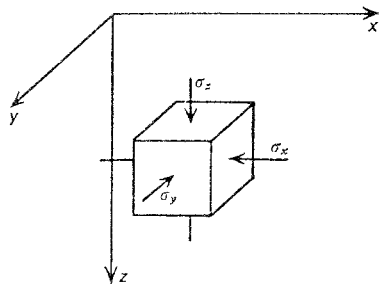


Fig 5. Treaxligt belastat element.

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \quad (3)$$

där E = elasticitetsmodulen

ν = kontraktionstalet

Vid vilotryck, dvs $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$ och vid $\sigma_x = \sigma_y = \sigma_h$ gäller

$$\sigma_h = \frac{\sigma_z}{\frac{1}{\nu} - 1} = K_o \sigma_z \quad (4)$$

där $\sigma_z = g\rho H$

σ_h = horisontala bergtrycket (primärspänning)

K_o = vilotryckkoefficienten

ρ = skrymdensiteten

H = djupet under bergytan

För $\nu \sim 0.3$ erhålls $\sigma_h \sim 0.4 \sigma_z$. Detta betyder att om berggrunden betraktas som ett elastiskt medium så kommer vertikala primärspänningen, som i de flesta fall då blir största huvudspänning, att på 500 m öka från ca 13 MPa före nedisningen till ca 43 MPa. De horisontella primärspänningarna kommer att öka med ca 15 MPa. Före nedisningen är dessa spänningar i allmänhet av storleksordningen 6-20 MPa som därför ändras till ca 20-35 MPa då landisen verkar.

Spänningssituationen kommer att likna den som råder på ca 1500 m djup i berget och det innebär att tangentialspänningar och skjuvspänningar kan bli kri-

tiska. Sannolikt kommer detta att leda till mindre förskjutningar i tunnlarnas närmaste omgivning och trycket mot fyllningen i både tunnlar och deponeringshål kommer att öka. Eftersom tunnelfyllningens E-modul är mycket ringa i förhållande till det omgivande bergets kommer den inte att ha någon nämnvärd förmåga att förhindra förskjutningar och sprickbildning i det omgivande berget. Dess fasthet är dock tillräcklig för att förhindra en omfattande uppsprickning i berget.

I deponeringshålen verkar ett svällningstryck av storleksordningen 8-10 MPa. Det innebär att trycket från det omgivande berget delvis balanseras och att detta berg därför blir mindre ansträngt än i tunnelns närmaste omgivning. Eftersom ökningen av de båda primärspänningarna i horisontalplanet kan antas bli lika stor kan den inte leda till uppkomst av drag-sprickor. I deponeringshålen har bentoniten en täthet av mer än 2 t/m³. Det betyder att den tendens till hoptryckning av hålen som spänningsökningen tenderar att ge motverkas effektivare än i tunnlarna.

Sammanfattningsvis gäller att spänningsändringarna som orsakas av en inlandsis med samma mäktighet som den största tidigare kvartära isen i Skandinavien visserligen kan komma att ge upphov till bristningar och mindre förskjutningar framför allt i tunnlarnas närmaste omgivningar. Det kommer emellertid inte att bli tal om öppnande av sprickor och kapslarna kommer därför att befinna sig i ett berg med praktiskt taget oförändrad täthet.

Sannolikt kommer den viktigaste effekten av uppkomsten av en inlandsis att vara mindre förskjutningar i berggrunden som följd av en varierande belastningsintensitet på bergets överyta och som följd av varierande deformationsegenskaper i olika bergartssystem. Vid isens framryckning kommer dess överyta att ha

den kraftigaste lutningen vid fronten men som följd av topografiska variationer måste man räkna med att stora belastningsvariationer (flera MPa) kommer att råda också i de centrala delarna av en stor inlandsis. Dessa variationer i belastning kan antas leda till mindre differentialrörelser utmed brantstående existerande svaghetsplan i berggrunden. Om konsekvenserna av en nedisning bedöms ha betydelse finns det därför skäl att hålla fast vid den tidigare rekommendationen att inte placera deponeringshål i eller omedelbart intill existerande svaghetszoner i berggrunden.

Luleå 1978-03-16

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roland Pusch', with a long, wavy horizontal line extending to the right.

Roland Pusch

REFERENSER

- HANSBO, S, 1967: Kompendium i geoteknik, CTH.
- LARSSON, I, 1967: Anisotropy in Precambrian rocks and post-crystalline deformation models. Geogr. Ann., vol. 49A.

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 Tarandi
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser
Preliminär rapport oktober 1977
Slutrapport februari 1978
Lars Y Nilsson
John Stokes
Roger Thunvik
Inst för kulturteknik KTH
- 48 The mechanical properties of the rocks in Stripa, Kråkemåla, Finnsjön and Blekinge
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 Gjöstaldal
E S Hysebye
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 1978-01-09
- 58 Strålrisker och högsta tillåtliga stråldoser för människan
Gunnar Walinder
FOA 4 november 1977
- 59 Tectonic lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn
Tom Flodén
Stockholms Universitet 1977-12-15
- 60 Förarbeten för platsval, berggrundsundersökningar
Sören Scherman
- Berggrundvattenförhållande i Finnsjöområdet nordöstra del
Carl-Erik Klockars
Ove Persson
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 61 Permeabilitetsbestämningar
Anders Hult
Gunnar Gidlund
Ulf Thoregren
- Geofysisk borrhålsmätning
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning januari 1978
- 62 Analyser och åldersbestämningar av grundvatten på stora djup
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning 1978-02-14
- 63 Geologisk och hydrogeologisk grunddokumentation av
Stripa försöksstation
Andrei Olkiewicz
Kenth Hansson
Karl-Erik Almén
Gunnar Gidlund
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1978
- 64 Spänningsmätningar i Skandinavisk berggrund - förutsättningar,
resultat och tolkning
Sten G A Bergman
Stockholm november 1977
- 65 Säkerhetsanalys av inkapslingsprocesser
Göran Carleson
AB Atomenergi 1978-01-27
- 66 Några synpunkter på mekanisk säkerhet hos kapsel för
kärnbränsleavfall
Fred Nilsson
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm februari 1978

- 67 Mätning av galvanisk korrosion mellan titan och bly samt mätning av titans korrosionspotential under γ -bestrålning. 3 st tekniska PM.
Sture Henrikson
Stefan Poturaj
Maths Åsberg
Derek Lewis
AB Atomenergi januari-februari 1978
- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänlagring och hantering av utbränt kraftreaktorbränsle
Gunnar Vesterlund
Torsten Olsson
ASEA-ATOM 1978-01-18
- 69 A three-dimensional method for calculating the hydraulic gradient in porous and cracked media
Hans Häggblom
AB Atomenergi 1978-01-26
- 70 Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle
Ulla-Britt Eklund
Ronald Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24
- 71 Bergspricktätning med bentonit
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-11-16
- 72 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av kompakterad bentonit
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-11-18
- 73 Self-injection of highly compacted bentonite into rock joints
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 74 Highly compacted Na bentonite as buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-02-25
- 75 Small-scale bentonite injection test on rock
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 76 Experimental determination of the stress/strain situation in a sheared tunnel model with canister
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-02
- 77 Nuklidvandring från ett bergförvar för utbränt bränsle
Bertil Grundfelt
Kemakta konsult AB, Stockholm
- 78 Bedömning av radiolys i grundvatten
Hilbert Christenssen
AB Atomenergi 1978-02-17

- 79 Transport of oxidants and radionuclides through a clay barrier
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-02-20
- 80 Utdiffusion av svårlösliga nuklider ur kapsel efter kapselgenombrott
Karin Andersson
Ivars Neretnieks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-07
- 81 Tillverkning av kopparkapsel
Kåre Hannerz
Stefan Sehlstedt
Bengt Lönnerberg
Liberth Karlson
Gunnar Nilsson
ASEA, ASEA-ATOM
- 82 Hantering och slutförvaring av aktiva metalldelar
Bengt Lönnerberg
Alf Engelbrektsson
Ivars Neretnieks
ASEA-ATOM, VBB, KTH
- 83 Hantering av kapslar med använt bränsle i slutförvaret
Alf Engelbrektsson
VBB
- 84 Tillverkning och hantering av bentonitblock
Alf Engelbrektsson
Ulf Odebo
ASEA, VBB
- 85 Beräkning av kryphastigheten hos ett blyhölje innehållande en glaskropp under inverkan av tyngdkraften
Anders Samuelsson
- Förändring av krypegenskaperna hos ett blyhölje som följd av en mekanisk skada
Göran Eklund
Institutet för Metallforskning september 1977 - april 1978
- 86 Diffusivitetmätningar av metan och väte i våt lera
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-01-09
- 87 Diffusivitetmätningar i våt lera Na-lignosulfonat, Sr^{2+} , Cs^{+}
Ivars Neretnieks
Christina Skagius
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-03-16
- 88 Ground water chemistry at depth in granites and gneisses
Gunnar Jacks
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm april 1978

- 89 Inverkan av glaciation på en deponeringsanläggning
belägen i urberg 500 m under markytan
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-03-16
- 90 Koppar som kapslingsmaterial för icke upparbetat
kärnbränsleavfall - bedömning ur korrosionssynpunkt
Lägesrapport 1978-03-31
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp