

**Korrosionsprovning av olegerat titan  
i simulerade deponeringsmiljöer för  
upparbetat kärnbränsle**

**Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix**

**AB Atomenergi 1978-04-24**

KORROSIONSPROVNING AV OLEGERAT TITAN I  
SIMULERADE DEPONERINGSMILJÖER FÖR UPP-  
ARBETAT KÄRNBRÄNSLEAVFALL

Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix  
AB Atomenergi 1978-04-24

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.

1978-04-24

Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix

KBS 146-12.51

Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall

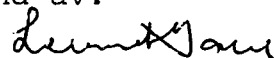
Slutrapport

#### SAMMANFATTNING

Korrosionsförsök har på uppdrag av projektet Kärnbränslesäkerhet utförts med olegerat titan, tänkt som yttre korrosionshärdig kapsling för upparbetat kärnbränsleavfall, under sammanlagt 300 dygn vid 100 och 130°C i ett modifierat östersjövatten, dels vid hög syrehalt (8 ppm), dels vid låg syrehalt (< 10 ppb).

Mycket låga oxidationshastigheter (< 0.1 µm/år), motsvarande tiotusentals års livslängd hos en 6 mm tjock titankapsling, har uppmätts. Inga tecken på lokal korrosion har kunnat iakttagas trots avsevärt accelererade korrosionsbetingelser relativt dem som bedöms föreligga i slutförvaret. Inte heller har någon upptagning av väte i titanet kunnat påvisas.

Godkänd av:



1978-04-24

Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix

KBS 146-12.51

Corrosion testing of unalloyed titanium in simulated disposal environments for reprocessed nuclear waste

Final report

#### SUMMARY

On the commission of the Nuclear Safety Project (KBS) corrosion tests have been carried out on unalloyed titanium, which is planned to be used as an outer corrosion resistant canister for reprocessed nuclear waste. The corrosive medium was modified Baltic water at 100 and 130°C with either a high (8 ppm) or a low (<10 ppb) oxygen content. The total duration of the tests was 300 days.

Very low oxidation rates (<0.1 µm/year) were obtained, corresponding to a life time of ten thousands of years for a 6 mm thick titanium canister. In spite of the considerably accelerated corrosive conditions, compared with those estimated for the final disposal, no signs of localized corrosion were found, nor could any hydrogen pick-up be detected.

1978-04-24

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING
2. EXPERIMENTELLA DATA
  - 2.1. Material
  - 2.2. Miljöer
  - 2.3. Metodik
3. RESULTAT
  - 3.1. Allmänkorrosion
  - 3.2. Lokal korrosion
  - 3.3. Väteförsprödning
4. DISKUSSION
5. SLUTSATSER

REFERENSFÖRTECKNING

1978-04-24

## 1. INLEDNING

I samband med att projektet Kärnbränslesäkerhet (KBS) i början av år 1977 föreslog, att den yttersta kapslingen för upparbetat och förglasat kärnbränsleavfall från svenska lättvattenreaktorer skulle tillverkas av titan, uppdrogs åt AB Atomenergi att verifiera detta materialval under de vid denna tidpunkt antagna, maximalt korrosiva miljöförhållandena för slutlig förvaring av avfallskapslar. Detta har skett dels genom en tidigare rapporterad utredning på basis av litteraturuppgifter och praktiska erfarenheter av titan i kloridmiljö (1), dels genom laboratorieprovning innebärande exponering i simulerade deponeringsmiljöer under 300 dygn. Föreliggande rapport utgör en sammanfattande slutrapport på basis av ett antal tidigare utgivna delrapporter rörande sistnämnda försök (2, 3, 4, 5, 6, 7).

Syftet med undersökningen har varit följande:

- Att komplettera de få och motsägande värden på oxidations- och allmänkorrosionshastigheter som redovisas i litteraturen och därmed skapa underlag för uppskattning av kapslingens livslängd
- Att verifiera titanets beständighet mot lokal korrosion under provningsbetingelser som med hänsyn till den relativt deponeringsfallet korta provningstiden accelererats väsentligt.
- Att studera om väteupptagning och därav betingad försprödning av titanet kan ske under rådande provningsbetingelser

Provningsprogrammet har uppgjorts i samråd med Korrosionsinstitutet (KI) och resultaten har fortlöpande diskuterats inom den av KI tillsatta referensgruppen "Korrosion av kapslingsmaterial för kärnkraftavfall". Det experimentella arbetet

1978-04-24

har utförts vid Sektionen för konstruktionsmaterial, AB Atomenergi, Studsvik under medverkan av Alrik Lindström - drift och utvärdering av korrosionsförsöken, Gunnar Anevi - hållfasthetsprovning, Ulo Teder - kemiska analyser samt Uno Andersson - kontroll av vattenkemin.

## 2. EXPERIMENTELLA DATA

### 2.1. Material

Utgångsmaterialet till korrosionsproverna utgjordes av 1.5 mm plåt av titankvalitet Avesta ATi-24 i leveranstillstånd, d v s glödgad vid ca 700°C och därefter betad i ett saltbad. Den undersökta titanchargens kontrollanalys enligt levereranscertifikatet från tillverkaren återges i tabell 1, vari även riktanalysen för det titan som använts i provfixturerna redovisas. I tabell 2 har hållfasthetsvärden erhållna för provmaterialet vid de aktuella provningstemperaturerna sammanställts.

ATi-24 motsvarar närmast ASTM B265 Grade 1, som dock tillåter högre syrehalt (max 0.18 %) och järnhalt (0.20 %). Den mjukare och mera järnfattiga svenska titankvaliteten har avsiktligt valts för att uppnå bästa tänkbara hårdighet mot hydrering och lokal korrosion.

Av titanplåten tillverkades följande typer av korrosionsprover:

Osvetsade prover:

Prover för allmän korrosion, typ K.  
(Se figur 1) Prover för spaltkorrosion, typ KD.  
Prover för spaltkorrosion och väteförsprödning, typ D.

1978-04-24

KD-provet avsågs fungera som en stor katod för den lilla spalt som bildas mellan D-provet och den titantråd (B i figur 1) som detta vilar mot. KD-proverna vägdes emellertid också och utgjorde därmed extra allmänkorrosionsprover. På den yta av D-proverna som bildade spalt mot bygeln av titantråd ritsades ett kryss, antigen med en spets av kolstål eller av kvarts. Järn är känt för att befrämja lokal korrosion och hydrering i titan.

Totalt exponerades tre parallellprover per provtyp och provningsposition. Prover som uttogs efter vissa provningsperioder ersattes med nya som exponerades tiden ut.

Svetsade prover, typ

W: Prover av samma storlek som KD-proverna (Se figur 2) men med en TIG-uppsmält svetssträng tvärs provet.

Av svetsproverna exponerades tre parallellprover i ler- resp H<sub>2</sub>O/lerfas. Däremot uttogs inga prover innan hela exponeringen slutförts.

Efter provberedningen rengjordes proverna medelst ultraljud i aceton och etanol, varefter de tvättades i 20 % HNO<sub>3</sub> och sköljdes i avjoniserat vatten.

## 2.2. Miljöer

Som provningsmiljö valdes naturligt östersjövatten, emedan detta vid tidpunkten för försökets planering ansågs motsvara den mest korrosiva miljö, som kunde tänkas komma i kontakt med avfallskapslarna. Senare har det emellertid bedömts att kloridhalten i grundvattnet i själva verket maximalt torde utgöra blott en tiondel av östersjövattnets. Tabell 3 visar grundvattnets sammansättning på förvaringsplatsen för avfallskapslarna.



1978-04-24

För att skärpa provningsbetingelserna med avseende på lokal korrosion tillsattes dels NaF till en total koncentration av 10 ppm  $F^-$ , dels sänktes vattnet pH medelst HCl från 7.8 till 4.5. De sålunda erhållna vattenspecifikationerna för miljö 1 (luftmättat östersjövatten) och miljö 2 (med kvävgas avluftat östersjövatten) framgår av tabell 4.

Proverna exponerades vid 1 MPa tryck och två temperaturer, 100 och 130°C, i de båda miljöerna. Proverna placerades i följande tre positioner i var och en av de fyra autoklaver som sålunda krävdes för exponeringen:

- |             |   |
|-------------|---|
| Position 1. | Ren H <sub>2</sub> O-fas  |
| Position 2. | H <sub>2</sub> O/lerfas, d v s med proverna till hälften nedsänkta i buffertmassa (lera). |
| Position 3. | Ren lerfas, d v s med proverna nedbäddade i lera.   |

Buffertmassan bestod av en blandning av 90 % kvartsmjöl (Fylekvartsmjöl 240 mesh M/nr 9 M, Fyleverken AB, Sjöbo) och 10 % bentonit (Bentonite SPV 200 mesh, Ahlsell & Ågren) som knådots till lerkonsistens med 25 vol % H<sub>2</sub>O.

För att möjliggöra konstant vattenkemi utfördes exponeringen med konstant långsam genomströmning (0.5 l/h) av vattnet genom autoklaverna.

Redoxpotentialen registrerades kontinuerligt mot en Ag/AgCl referenselektrod i in- och utloppsvattnet samt inuti autoklaverna i såväl vatten- som lerfas. Resultatet av dessa mätningar framgår av figur 3 - 6. Referenselektrodens potential (mätad Ag/AgCl) i in- och utloppsvatten vid 25°C

1978-04-24

var + 199 mV/SHE. Inuti autoklaverna användes en referenselektrod med samma kloridjonhalt som vattnets (Ag/AgCl, 3 900 ppm Cl<sup>-</sup>) med beräknade potentialer av + 239 mV och + 213 mV/SHE vid 100 resp 130°C.

Syrehalten och pH-värdet på in- och utloppsvattnet uppmättes dagligen. Erhållna värden redovisas i figur 7 - 8.

För övrigt utfördes en fullständig vattenanalys före och efter varje exponeringsperiod. Resultatet varierade obetydligt. I tabell 5 ges exempel på dylika analysvärden före start och efter avslutad exponering omfattande totalt 300 dygn.

### 2.3. Metodik

Själva provningsarrangemanget, som redan delvis berörts i miljöavsnittet, framgår av flödes-schemat i figur 9. Autoklaverna var helt inklädda med titan och varje autoklav rymde 5 - 10 l.

Provernas placering i de olika positionerna H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O/lera och lera framställs schematiskt i figur 10. Även provfixturerna, figur 11, och provbehållarna för de två lerhaltiga positionerna, figur 12, var tillverkade av titan. God metallisk kontakt mellan prover och övriga titandelar ombesörjdes för att erhålla största möjliga areaförhållande mellan katod och anodytor vid en eventuell spaltkorrosion.

Proverna exponerades under totalt 300 dygn med avbrott för inspektioner, provuttag och komplettering av uttagna prover efter 30 och 100 dygn. På så sätt erhöles exponeringstider på 30, 100, 200, 270 och 300 dygn. Som redan nämnts under rubriken Material provades tre parallellprover per utförande och position.

1978-04-24

Utvärderingen av de olika provtyperna skedde på följande sätt:

K-prover Vägning för beräkning av oxidations- eller allmänkorrosionshastigheten.

Okulärgranskning.

KD-prover och

W-prover Vägning för beräkning av oxidations- eller allmänkorrosionshastigheten.

Okulärgranskning.

SEM-kontroll och vid behov EDAX-analys.

D-prover Vägning (som emellertid inte kunde användas för beräkning av allmänkorrosionen p g a provernas ringa storlek).

Okulärgranskning, speciellt med avseende på eventuell spaltkorrosion.

SEM-kontroll och vid behov EDAX-analys.

Dragprovning med långsam töjningshastighet ( $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$ ) för påvisande av eventuell hydrering.

Väteanalys medelst vakuumenträktion vid 1 000 - 1 200°C för påvisande av eventuell hydrering. Begränsades i huvudsak till den syrefattiga miljön.

### 3. RESULTAT

Resultaten från de utvärderingar som utfördes efter exponeringstiderna 30, 100, 200, 270 och 300 dygn redovisas i det följande.

#### 3.1. Allmän korrosion

Korrosionshastigheterna, uttryckta i  $\mu\text{m}/\text{år}$ , har beräknats utgående från erhållna viktökningar under antagande att dessa härrör enbart av oxidation av Ti till  $\text{TiO}_2$ . I själva verket torde viktökningen till stor del bero på nedsmutsning av proverna. Speciellt gäller detta efter expo-

1978-04-24

nering i syrehaltig miljö beroende på utfällning av trevärd järnhydroxid emanerande från bentoniten på proverna. Proverna har endast rengjorts genom gnuggning med en gummikork och avjoniserat vatten. Olika kemiska rengöringsförfaranden (20 %  $\text{HNO}_3$  vid  $25^\circ\text{C}$ , 5 % oxalsyra såväl vid  $25^\circ\text{C}$  som kokande samt 3 % citronsyra vid  $70^\circ\text{C}$ ) har även provats, men utan framgång.

I de enstaka fall en viktminskning registrerats har korrosionshastigheten uträknats under antagande att denna orsakats enbart av en upplösning av  $\text{TiO}_2$ . Enär lösligheten för  $\text{TiO}_2$  är ytterst låg är det dock svårt att betrakta dessa värden som relevanta.

Proverna har vägts på en elektronisk analysvåg av märket Mettler HE20 med skrivartillsats. Vågen registrerar vikten med en noggrannhet av 0.01 mg. De erhållna viktförändringarna har emellertid avrundats uppåt till närmaste tiondels mg. Omräknat till korrosionshastighet innebär detta en mätnoggrannhet av maximalt 0.01  $\mu\text{m}/\text{år}$ . De sålunda erhållna korrosionshastigheterna har sammanställts i tabell 6 och 7 för syrehaltigt (miljö 1) respektive syrefattigt (miljö 2) vatten.

Om nedsmutsningen av proverna i den syrehaltiga miljön beaktas torde de enda helt tillförlitliga värdena i tabell 6 vara de i tabellens översta position belägna, d v s de som erhållits i ren vattenfas med plana plåtprover av typ K utan spalter. Dessa värden förblir under hela exponeringstiden oförändrat lägre än 0.1  $\mu\text{m}/\text{år}$ , vilket även gäller motsvarande prover i den syrefattiga miljön, tabell 7. Beträffande

1978-04-24

Övriga prover råder den förut påtalade osäkerheten, som betingas dels av nedsmutsning, dels av svårförklarliga viktförluster hos vissa prover. Det sistnämnda gäller speciellt de prover i tabell 7 som vägdes efter 100 dygn. Trots denna osäkerhet kan det emellertid betraktas som otvetydigt att korrosionshastigheten efter 300 dygns exponering inte överskrider  $0.1 \mu\text{m}/\text{år}$  i någon provposition.

Figur 13 visar det karaktäristiska utseendet av missfärgade prover exponerade i miljö 1 och figur 14 de oförändrat blanka proverna i miljö 2.

### 3.2. Lokal korrosion

Efter varje exponeringsperiod okulärbesiktigades samtliga prover med stereomikroskop (20 x) varvid de repade spaltytorna på de små D-proverna granskades speciellt noggrant. Ifall något misstänkt iaktogs, som kunde tolkas som begynnande lokal korrosion, undersöktes ifrågavarande ytor i SEM. Vid behov utfördes ytterligare EDAX-analys för bestämning av sammansättningen hos iakttagna partiklar på titanytan.

Inga som helst tecken på lokal korrosion kunde upptäckas på proverna. De spaltprover som repats med kolstål uppvisade efter exponering i syrehaltig miljö rost i anslutning till reporna. Dessutom förekom på prover från denna miljö, speciellt efter långa exponeringstider, den i figur 13 illustrerade allmänna rostfärgningen, vars järninnehåll verifierades genom EDAX-analys. På samma sätt visades att mindre punktformiga beläggningar, som bildats efter kortvarig exponering, innehöll järn och kisel emanerande från leran.

1978-04-24

### 3.3. Väteförsprödning

I tabell 8 har samtliga utförda väteanalyser sammanställts. Flertalet avser små D-prover, men efter avslutad 300 dygns exponering analyserades även de större KD-prover som exponerats ihopklamrade med D-proverna. Eftersom antalet väteanalyser och dragprover måste begränsas utfördes dessa i huvudsak på prover som exponerats i den för väteupptagning befrämjande syrefattiga miljön. Resultaten av dragprovning med låg töjningshastighet ( $1.4 \cdot 10^{-4} \text{min}^{-1}$ ) finns sammanställda i tabell 9.

Av tabell 8 framgår att ingen väteupptagning ägt rum i titanproverna efter 300 dygns exponering. Den enda förändring av dragprovningens värdena som kan noteras är att brottöjningen möjligtvis reducerats något efter 300 dygn. En jämförelse med motsvarande värden erhållna vid normal hållfasthetsbestämning på utgångsmaterialet, tabell 2, visar emellertid att sistnämnda förlängningsvärden ligger inom samma spridningsintervall som de i tabell 9 redovisade. De efter 300 dygns exponering erhållna värdena kan därför knappast anses vara signifikant lägre än de övriga. Någon hydridanrikning kunde inte heller påvisas metallografiskt i dessa prover.

## 4. DISKUSSION

Det viktigaste resultatet av den utförda exponeringen av titan i simulerade deponeringsmiljöer för avfallskapsling är att ett säkrare underlag än det tidigare litteraturbaserade erhållits för bedömning av kapslingens livslängd på basis av oxidationshastigheten.

1978-04-24

Det vid undersökningen erhållna maximala värdet på  $0.1 \mu\text{m}/\text{år}$  överensstämmer väl med det av Smyrl et al på basis av försök i stillahavs-vatten vid  $90^{\circ}\text{C}$  rapporterade värdet på  $0.09 \mu\text{m}/\text{år}$  (8). De avsevärt högre korrosionshastigheter som Charlot et al erhållit i 3.5 % NaCl-lösning -  $0.24 \mu\text{m}/\text{år}$  vid  $60^{\circ}\text{C}$ , 1.6 -  $5.6 \mu\text{m}/\text{år}$  vid  $130^{\circ}\text{C}$  och  $3.2 \mu\text{m}/\text{år}$  vid  $200^{\circ}\text{C}$  - måste därför ifrågasättas. En felkälla kan i detta fall ha varit rengöringen av proverna i 5 % kokande oxalsyra, ett förfarande som vid kontrollförsök på detta laboratorium visat sig ge avsevärd allmänkorrosion på titan (6).

Att vare sig lokal korrosion eller väteupptagning inträffat under rådande provningsbetingelser är helt i linje med de erfarenheter som redovisats i den tidigare litteraturstudien (1).

Med tanke på att även en liten förhöjning av vätehalten kan ha betydelse vid en eventuell känslighet för fördröjt brott hos titan avses emellertid exponeringen fortsätta. Detta gäller dock endast en miljö, den syrefattiga vid  $100^{\circ}\text{C}$ , som närmast motsvarar slutförvarets förutsättningar även om temperaturen är  $30^{\circ}\text{C}$  för hög.

## 6. SLUTSATSER

Syftet med de utförda exponeringarna av olegerat titan vid  $100$  och  $130^{\circ}\text{C}$  i östersjövatten tillsatt med NaF till en  $\text{F}^{-}$ -koncentration av 10 ppm och surgjort till pH 4.5 med utspädd HCl har till fullo uppnåtts.

Sålunda har en betryggande låg oxidationshastighet, maximalt  $0.1 \mu\text{m}/\text{år}$ , motsvarande tiotusentals års livslängd hos en 6 mm tjock titankapsling verifierats. Utöver detta har försöken visat att

1978-04-24

ingen lokal korrosion eller väteupptagning skett under 300 dygns exponering vid miljöbetingelser som är avsevärt mera korrosiva än de som bedöms råda vid den slutliga deponeringen av avfallet.



1978-04-24

## REFERENSFÖRTECKNING

1. HENRIKSON S, PETTERSSON K  
.Utredning rörande titans lämplighet  
som korrosionshårdig kapsling för kärn-  
bränsleavfall.  
KBS teknisk rapport nr 11, AE-MS-132.  
AB Atomenergi 1977-08-24.
2. HENRIKSON S, de POURBAIX M  
Korrosionsprovning av metalliska kaps-  
lingsmaterial för kärnkraftavfall. Prov-  
ningsprogram.  
TPM-MS-101.  
AB Atomenergi 1977-02-23.
3. HENRIKSON S  
Korrosionsprovning av metalliska kaps-  
lingsmaterial. Komplettering till prov-  
ningsprogram TPM-MS-101.  
TPM-MS-117.  
AB Atomenergi 1977-03-24.
4. de POURBAIX M  
KBS reg nr 12.51. Metallisk kapsling.  
Start- och lägesrapport.  
AP-MS-147.  
AB Atomenergi 1977-05-26.
5. HENRIKSON S, de POURBAIX M  
KBS reg nr 12.51. Metallisk kapsling.  
Resultat av korrosionsprovning av titan  
under 30 dygn.  
TPM-MS-156.  
AB Atomenergi 1977-08-04.
6. HENRIKSON S, de POURBAIX M  
KBS reg nr 12.51. Metallisk kapsling.  
Resultat av korrosionsprovning av titan  
under 100 dygn.  
TPM-MS-170.  
AB Atomenergi 1977-09-20.
7. de POURBAIX M  
KBS reg nr 12.51. Metallisk kapsling.  
Resultat av korrosionsprovning av titan  
under 200, 270 och 300 dygn.  
MS-78/200.  
AB Atomenergi 1978-04-24.

1978-04-24

8. SMYRL W M, STEPHENSON L L AND  
BRAITHWAITE I W  
Behavior of candidate canister materials  
in deep ocean environments.  
Corrosion/77, San Francisco, March 1977,  
paper No 85, pp 1 - 5.
9. CHARLOT L A  
Investigation of Galvanically Induced  
Hydriding of Titanium in Salin Solutions  
U.S. Department of the Interior.  
R & D Progress Report No 624, Contract  
No. 14-30-2522, December 1970, pp 1 - 40.

EK

1978-04-24

Tabell 1. Materialanalys

Benämning	C %	N %	O <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> ppm	Fe %	Anm
ATi-24 Charge 010204	0.003	0.006	0.07	14	0.04	Prov- material
Riktanalys på tråd, stång och plåt	0.05	0.03	max 0.10	max 120	max 0.05	Material för prov- fixtur

Tabell 2. Hållfasthetsvärden vid 100 och 130°C

Provn temp °C	R <sub>p</sub> 0.2 N/mm <sup>2</sup>	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	A <sub>5</sub> %	Anm
130	160	255	50	Parallellt med vals- riktningen
130	160	265	49	"
100	171	260	45	"
100	173	263	44	"
130	180	229	48	Tvärs valsriktningen
130	176	227	46	"
100	204	252	49	"
100	203	255	50	"

1978-04-24

Tabell 3. Grundvattnets sammansättning på förvaringsplatsen

Analys	Sort	Sannolikt intervall	Minvärde	Maxvärde
ledningsförmåga	$\mu\text{S/cm}$	400-600		1100
pH		7.2-8.5		9.0
$\text{KMnO}_4$ -förbr	mg/l	20-40		50
$\text{COD}_{\text{Mn}}$	"	5-10		12.5
$\text{Ca}^{2+}$	"	25-50	10	60
$\text{Mg}^{2+}$	"	5-20		30
$\text{Na}^+$	"	10-100		100
$\text{K}^+$	"	1-5		10
Fe-tot	"	1-20		30
$\text{Fe}^{2+}$	"	0.5-15		30
$\text{Mn}^{2+}$	"	0.1-0.5		3
$\text{HCO}_3^-$	"	60-400		500
$\text{CO}_2$	"	0-25		35
$\text{Cl}^-$	"	5-50		100*
$\text{SO}_4^{2-}$	"	1-15		50
$\text{NO}_3^-$	"	0.1-0.5		2
$\text{PO}_4^{3-}$	"	0.01-0.1		0.5
$\text{F}^-$	"	0.5-2		8
$\text{SiO}_2$	"	5-30		40
$\text{HS}^-$	"	<0.1-1		5
$\text{NH}_4$	"	0.1-0.4		2
$\text{NO}_2$	"	<0.01-0.1		0.5
$\text{O}_2$	"	<0.01-0.07		0.1

\* Om relik saltvatten förekommer i förvarets omgivning kan detta eventuellt medföra en höjning av halten Cl under tidsskedet för länshållning och uppfyllning i förvaret så att halten kan uppgå till 300-400 mg/l. I senare skede är halten lägre.

1978-04-24

Tabell 4. Miljöspecifikationer

Ämne	Miljö 1	Miljö 2
Cl <sup>-</sup> mg/l	ca 4000	ca 4000
F <sup>-</sup> "	10	10
O <sub>2</sub> "	*ca 8	<0.01
SO <sub>4</sub> "	ca 560	ca 560
Na "	ca 2500	ca 2500
Mg "	ca 80	ca 80
Ca "	ca 70	ca 70
pH	4.5	4.5

Korrosionsmiljöerna beredes utgående från naturligt östersjövatten genom tillsats av NaF till avsedd F<sup>-</sup>-halt. pH-värdet inställes medelst tillsats av utspädd HCl.

Tabell 5. Miljöanalyser utförda vid start och efter 300 dygn

Provtagning	ppm													Anm
	Cl	F	SO <sub>4</sub>	Al	SiO <sub>2</sub>	Mn	Fe	Ti	Ag	Cr	Ca	Mg	Na	
Start luftmättat Östersjövatten, försök vid 100°C och 130°C	3800	10.3	535	<0.2	0.6	<0.1	0.56	<0.1	<0.001	0.01	124	250	1950	pH 4.5
Avställning efter 300 dygns försök vid 100°C*	3980	10.3	547	0.11	1.9	0.01	<0.01	<0.02	<0.001	0.08	119	288	1870	Fällning i autoklav ca 8.8% Fe, dessutom Ca, Al, Si, Mn, röntgenfluorescens
Avställning efter 300 dygns försök vid 130°C*	4030	10.7	558	0.04	1.9	0.09	<0.01	<0.02	<0.001	0.04	120	274	1920	Fällning i autoklav ca 2.7% Fe, dessutom Ca, Al, Si, Mn, röntgenfluorescens
Start syrefritt Östersjövatten, försök vid 100°C och 130°C	3850	10.4	545	<0.2	0.4	<0.1	0.2	<0.1	0.001	<0.01	126	250	1980	pH 4.5
Avställning efter 300 dygns försök vid 100°C*	3840	10.5	591	0.05	3.0	0.01	0.07	<0.02	0.005	0.05	110	252	1870	
Avställning efter 300 dygns försök vid 130°C*	3935	10.7	560	0.04	2.8	<0.01	0.09	<0.02	<0.001	0.05	114	284	1960	

\* I lösning efter filtrering genom 0.45 µ millipore

1978-04-24

Tabell 6. Korrosionshastigheter för titan i miljö 1; östersjövatten med 10 ppm F<sup>-</sup>, pH 4.5, 8 ppm O<sub>2</sub>

Position	Temp °C	Prov typ	Korrosionshastighet, µm/år, efter dygn:				
			30	100	200	270	300
H <sub>2</sub> O	100	K	0.05 (-)	0.04 <0.01 (-)	0.04	0.02	0.04
	130	K	0.03 (-)	0.03	≤0.01	≤0.01 ≤0.01 (-)	0.02
	100	KD	0.70	0.13	0.08	0.05	0.09
	130	KD	0.37	0.12	0.03	0.03	0.05
	100	KD	0.50	0.11	0.05	0.05	0.05
	130	KD	0.27	0.29	0.16	0.22	0.16
H <sub>2</sub> O/lera	100	W					≤0.01 (-) 0.03
	130	W					0.05
lera	100	KD	0.20	0.46 (-)	0.10	0.08	0.04
	130	KD	0.25	0.18	0.82	0.06	0.52
	100	W					0.02 (-)
	130	W					0.39

K = allmänskorrosionsprov 1.05 dm<sup>2</sup>  
 KD = spaltprov 0.90 dm<sup>2</sup>  
 W = svetsprov 0.90 dm<sup>2</sup>  
 (-) = viktminskning

Om endast ett värde anges utgör detta medelvärdet av tre parallellprover. Fler än ett värde kan förekomma om både viktminskning och viktökning noterats inom denna grupp av tre prover.

Tabell 7 Korrosionshastigheter för titan i miljö 2; östersjövatten med 10 ppm F<sup>-</sup>, pH 4.5, <0.01 ppm O<sub>2</sub>

Position	Temp °C	Prov typ	Korrosionshastighet, µm/år, efter dygn:				
			30	100	200	270	300
H <sub>2</sub> O	100	K	0.08	0.06	0.02	≤0.01	≤0.01
	130	K	0.05 (-)	0.04 (-)	0.02	0.02	≤0.01
	100	KD	0.53	0.04 (-)	0.09	0.06	0.07
	130	KD	0.30	0.02 (-)	0.09	0.04	0.06
H <sub>2</sub> O/lera	100	KD	0.55	0.03 (-)	0.04	0.06	0.05
	130	KD	0.63	0.04 (-)	0.09	0.07	0.07
	100	W					≤0.01 (-)
	130	W					0.04
lera	100	KD	0.60	0.51 (-)	≤0.01 (-)	≤0.01	0.05
	130	KD	0.53	0.02 (-)	0.13	0.04	0.04
	100	W					≤0.01
	130	W					≤0.01

K = allmänkorrosionsprov 1.05 dm<sup>2</sup>  
 KD = spaltprov 0.90 dm<sup>2</sup>  
 W = svetsprov 0.90 dm<sup>2</sup>  
 (-) = viktninskning

Om endast ett värde anges utgör detta medelvärdet av tre parallellprover. Fler än ett värde kan förekomma om både viktninskning och viktökning noterats inom denna grupp av tre prover.



1978-04-24

Tabell 8. Väteanalys av dragprovstavar (vakuumenträktion vid 1000-1200°C)

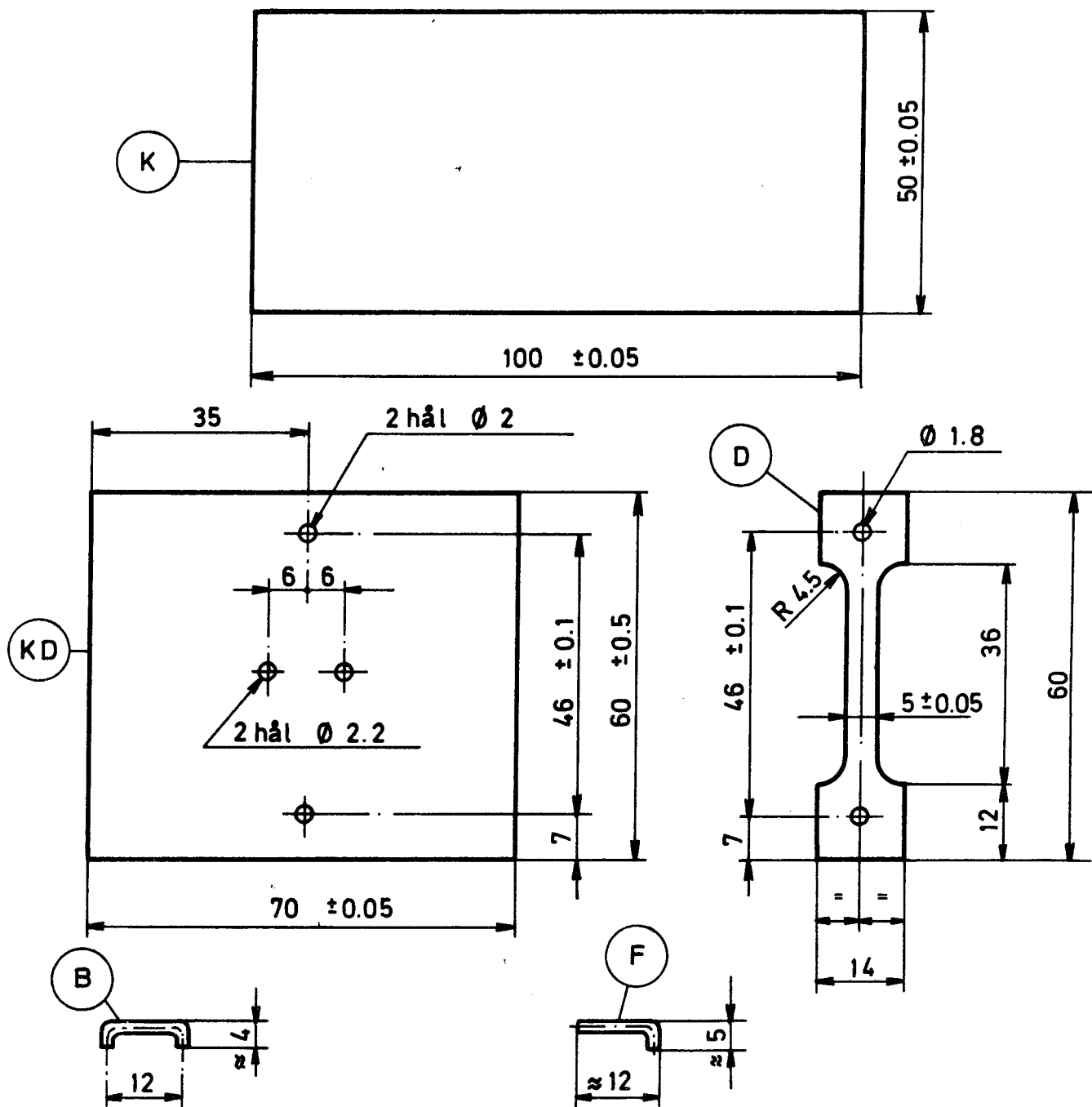
Position	Prov nr	Väte ppm	Exp temp °C	Exp tid dygn	Anm
oexponerat	89L181D	12, 10	-	0	
"	89L182D	10, 10	-	0	
H <sub>2</sub> O	89L71D	12, 11	100	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O	89L106D	12, 11	130	30	"
H <sub>2</sub> O	89L107D	11, 13	130	30	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L16D	13, 14	100	30	O <sub>2</sub> = 8 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L86D	12	100	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L51D	12, 13	130	30	O <sub>2</sub> = 8 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L121D	13, 11	130	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
lera	89L101	12	100	30	"
lera	89L136D	12	130	30	"
H <sub>2</sub> O	89L109D	13, 13	130	100	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L92D	13, 12	100	100	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L127D	10, 12	130	100	"
lera	89L172D	11, 12	100	100	"
lera	89L142D	12, 13	130	100	"
H <sub>2</sub> O	89L77KD	11, 10	100	300	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O	89L111KD	10, 11	130	300	"
H <sub>2</sub> O	89L111D	12	130	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L89KD	12, 12	100	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L104KD	11	100	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L124KD	10, 10	130	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L124D	12	130	300	"
lera	89L139KD	11, 11	130	300	"
lera	89L139D	11	130	300	"

1978-04-24

Tabell 9. Dragprovning vid 130°C med töjningshastigheten =  $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ min}^{-1}$  enligt SIS 112311

Position	Prov nr	R <sub>p0.2</sub> N/mm <sup>2</sup>	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	A5 %	Exp temp °C	Exp tid dygn	Anm
oexponerat	89L181D	129	220	54	-	0	
"	89L182D	129	215	53	-	0	
H <sub>2</sub> O	89L71D	131	228	47	100	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O	89L106D	138	226	50	130	30	"
H <sub>2</sub> O	89L107D	127	221	50	130	30	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L16D	126	213	52	100	30	O <sub>2</sub> = 8 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L86D	131	227	49	100	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L51D	121	216	49	130	30	O <sub>2</sub> = 8 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L121D	139	223	47	130	30	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
lera	89L101D	127	224	51	100	30	"
lera	89L136D	134	222	47	130	30	"
H <sub>2</sub> O	89L109D	127	211	52	130	100	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O/lera	89L92D	122	213	58	100	100	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L127D	124	219	47	130	100	"
lera	89L172D	122	212	58	100	100	"
lera	89L142D	107	186	50	130	100	"
H <sub>2</sub> O	89L78D	122	210	44	100	300	O <sub>2</sub> <0.01 ppm
H <sub>2</sub> O	89L111D	131	228	42	130	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L90D	123	214	45	100	300	"
H <sub>2</sub> O/lera	89L124D	125	223	43	130	300	"
lera	89L105D	120	207	45	100	300	"
lera	89L139D	117	214	44	130	300	"

1978-04-24



- K Prov för allmän korrosion
- KD Prov för spaltkorrosion och allmän korrosion
- D Prov för spaltkorrosion och väteförsprödning
- B Bygel av titantråd som bildar spalt mot prov D
- F Fäste för prov D

Fig. 1 Osvetsade prover

1978-04-24

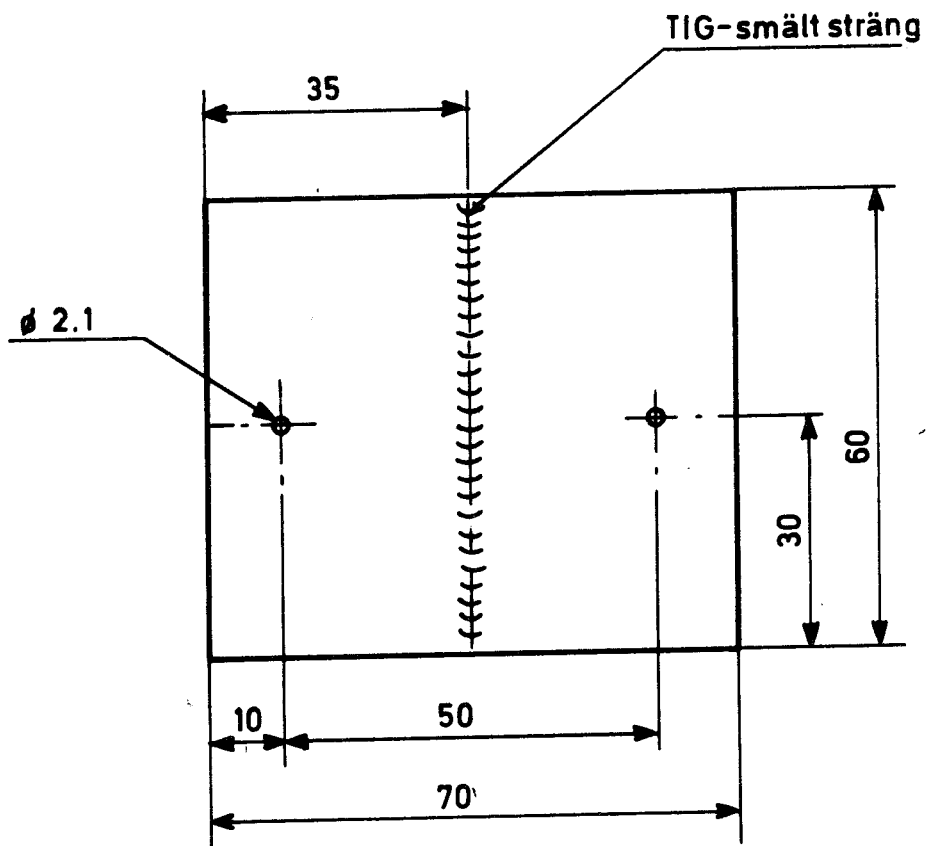
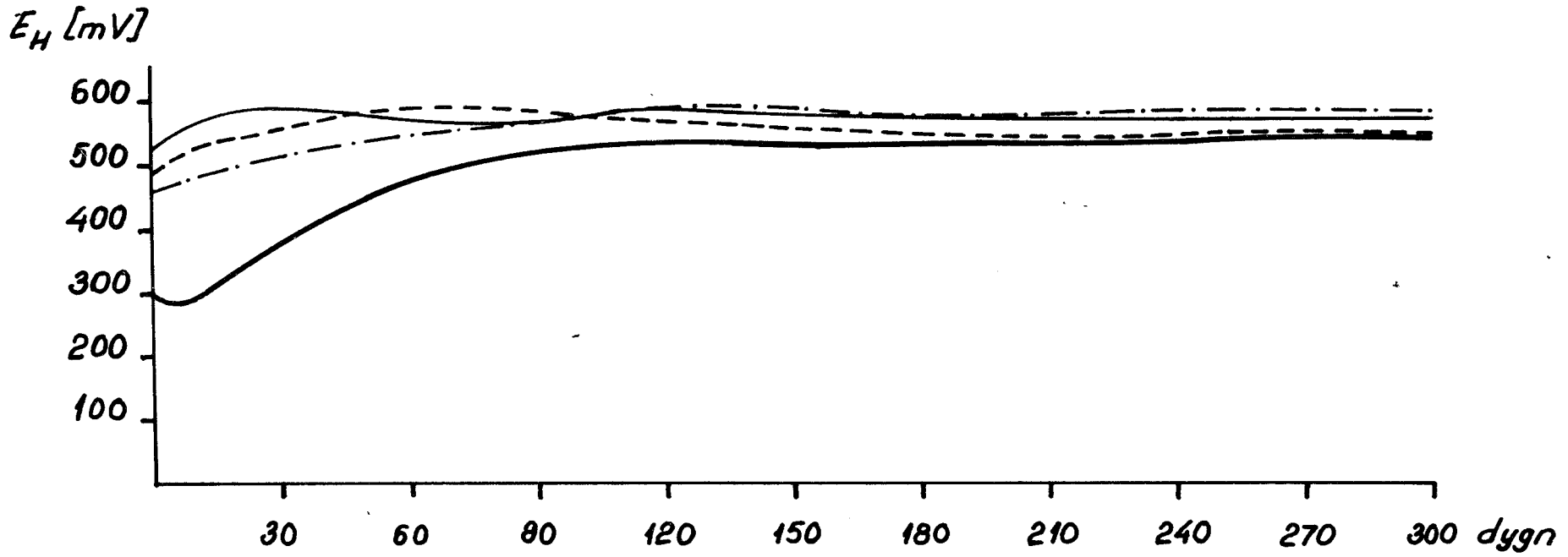
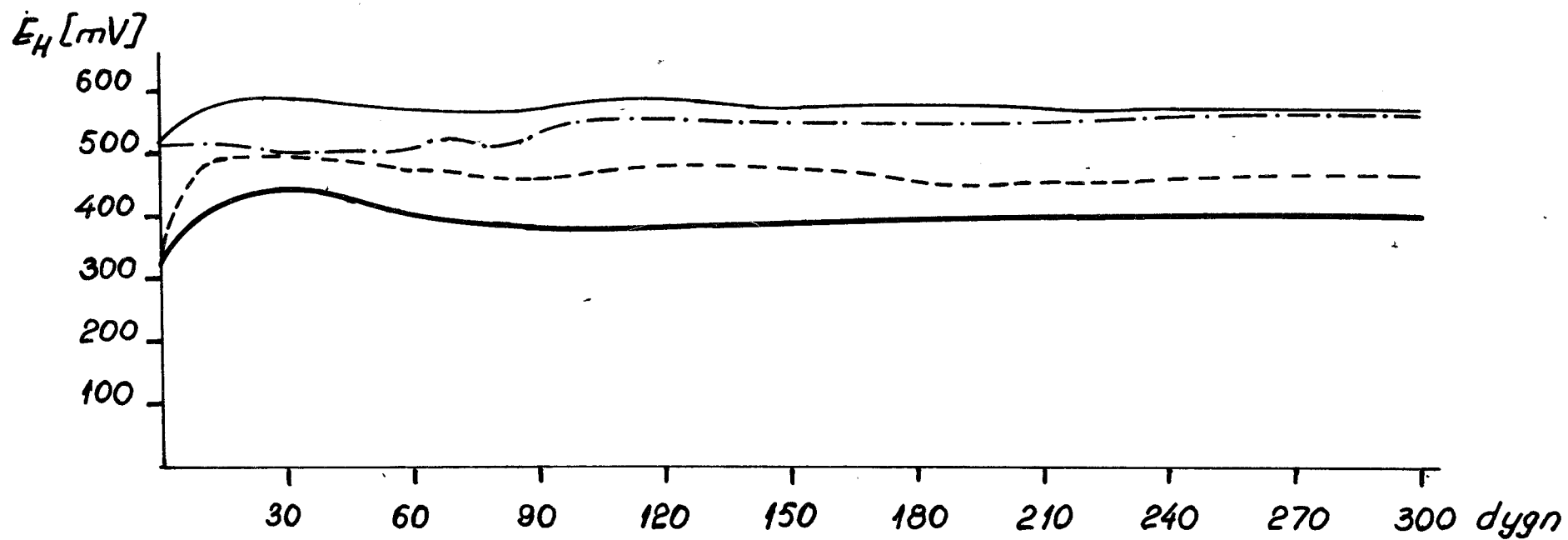


Fig. 2 Svetsat prov (W) för allmän och lokal korrosion.

Fig 3. Redoxpotentialer i miljö 1: Luftmättat östersjövatten vid 100°C, 300 dygn



- matarvatten vid 25°C
- · - utloppsvatten vid 25°C
- - - vattenfas vid 100°C
- lerfas vid 100°C

Fig 4. Redoxpotentialer i miljö 1: Luftmättat östersjövatten vid 130°C,  
300 dygn

- matarvatten vid 25°C
- · - utloppsvatten vid 25°C
- - - vattenfas vid 130°C
- lerfas vid 130°C

Fig 5. Redoxpotentialer i miljö 2: syrefattigt östersjövatten vid 130°C, 300 dygn

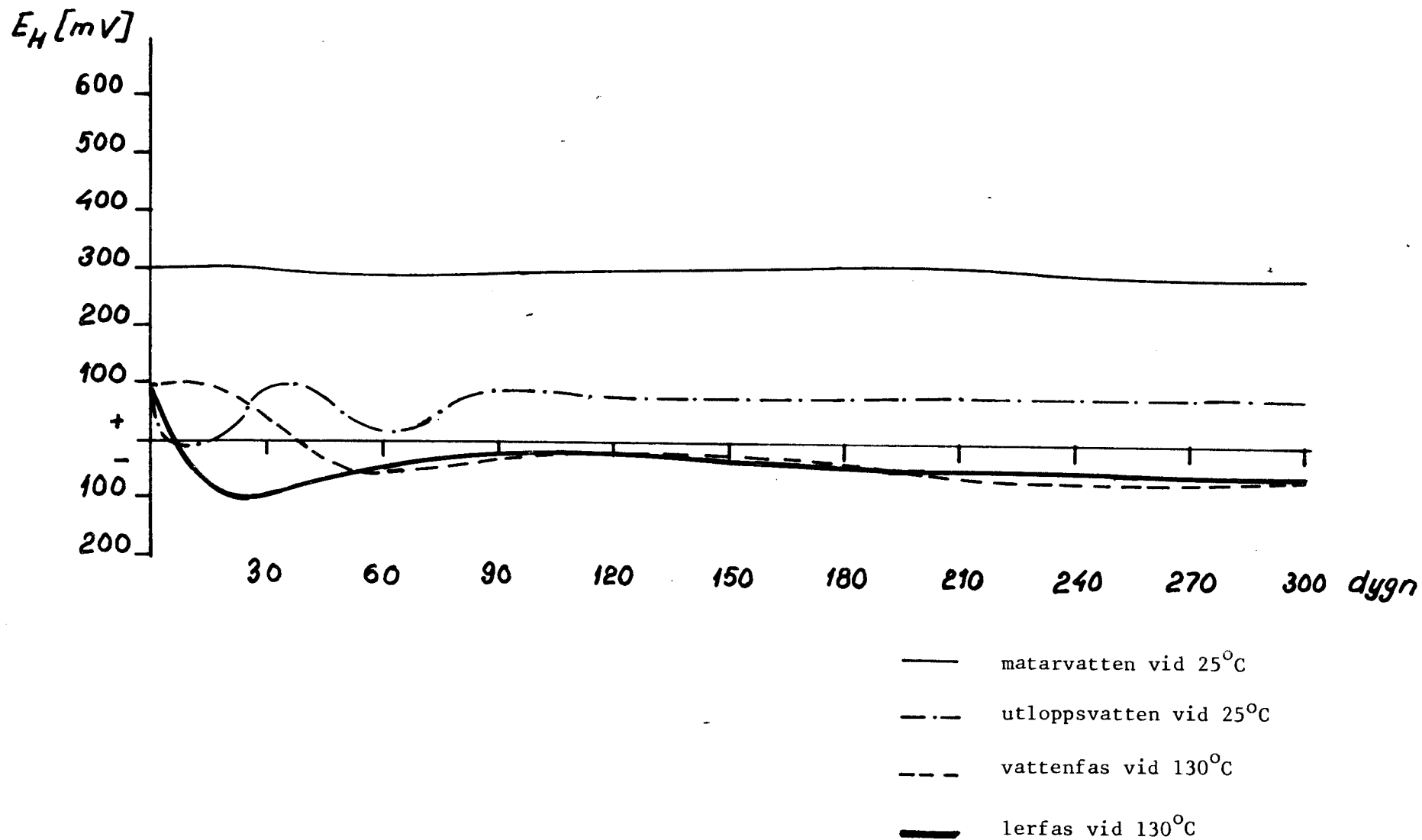


Fig 6. Redoxpotentialen i miljö 2: syrefattigt östersjövatten vid 100°C, 300 dygn

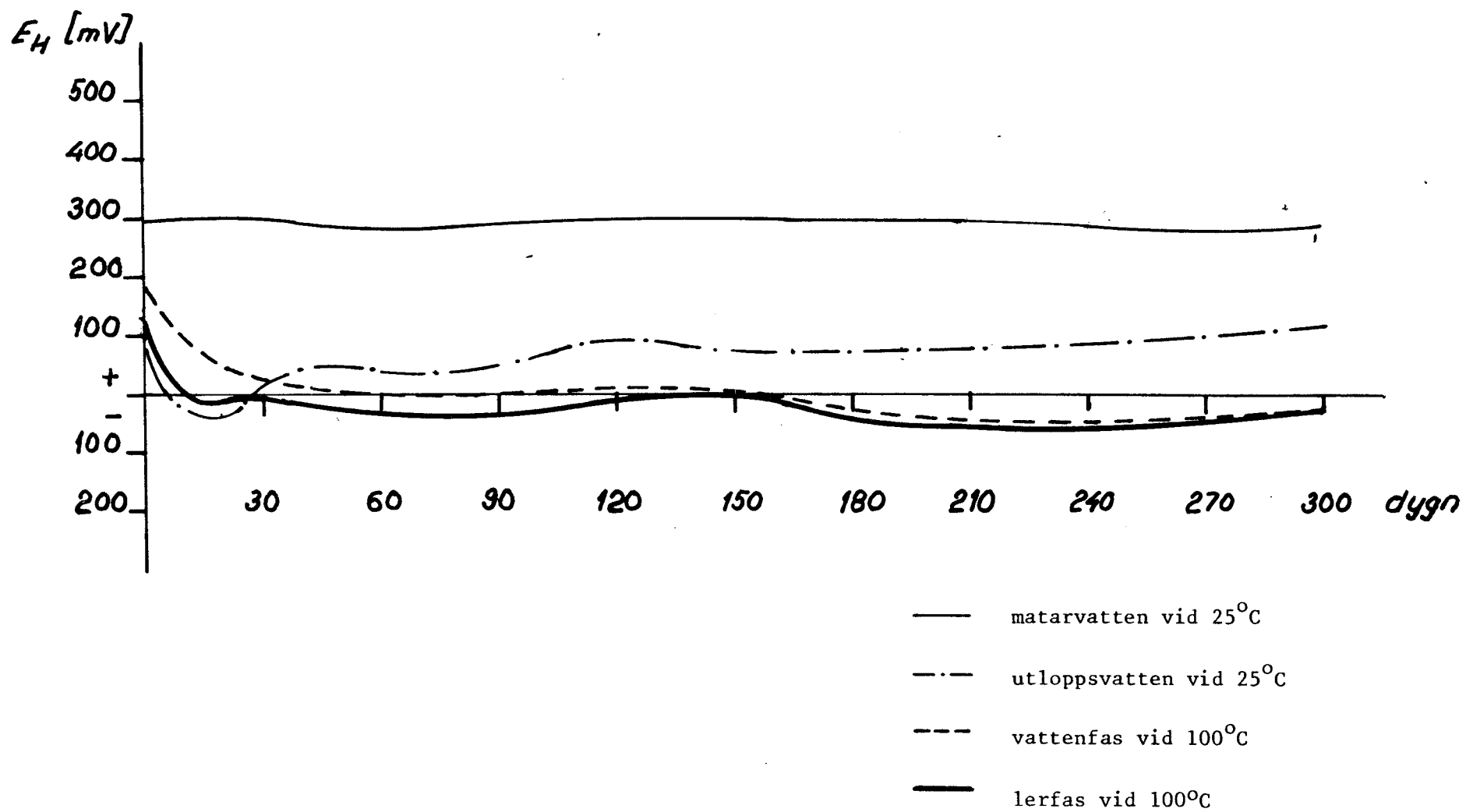
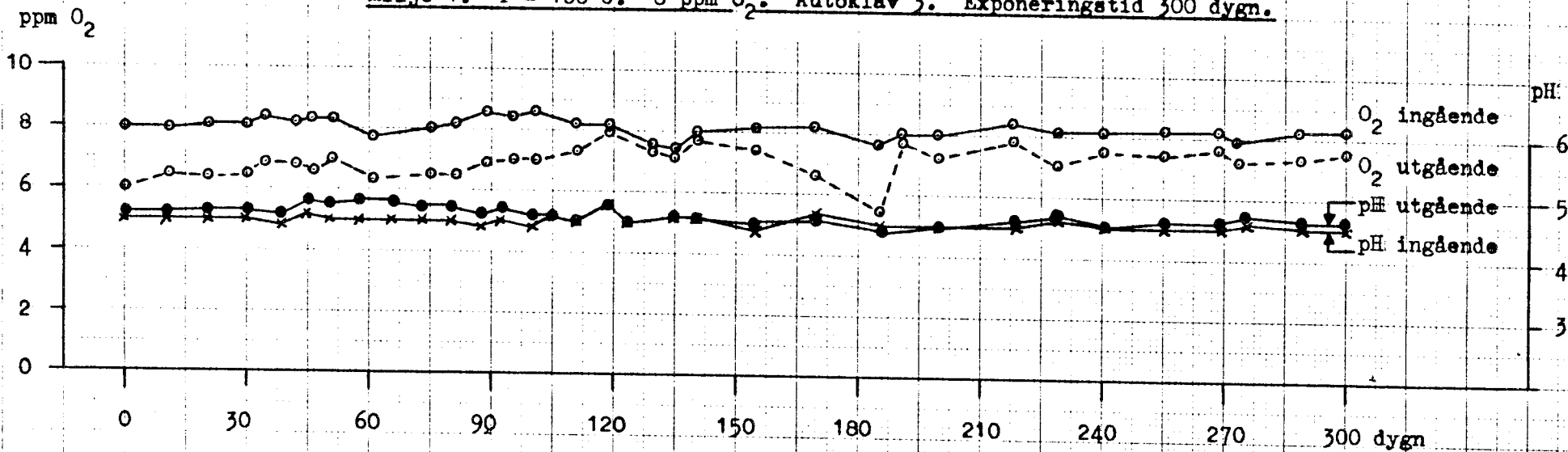




Fig 7. pH- och O<sub>2</sub>-koncentrationer i luftmättat vatten

Miljö 1. T = 100°C. 8 ppm O<sub>2</sub>. Autoklav 3. Exponeringstid 300 dygn.



Miljö 1. T = 130°C. 8 ppm O<sub>2</sub>. Autoklav 2. Exponeringstid 300 dygn.

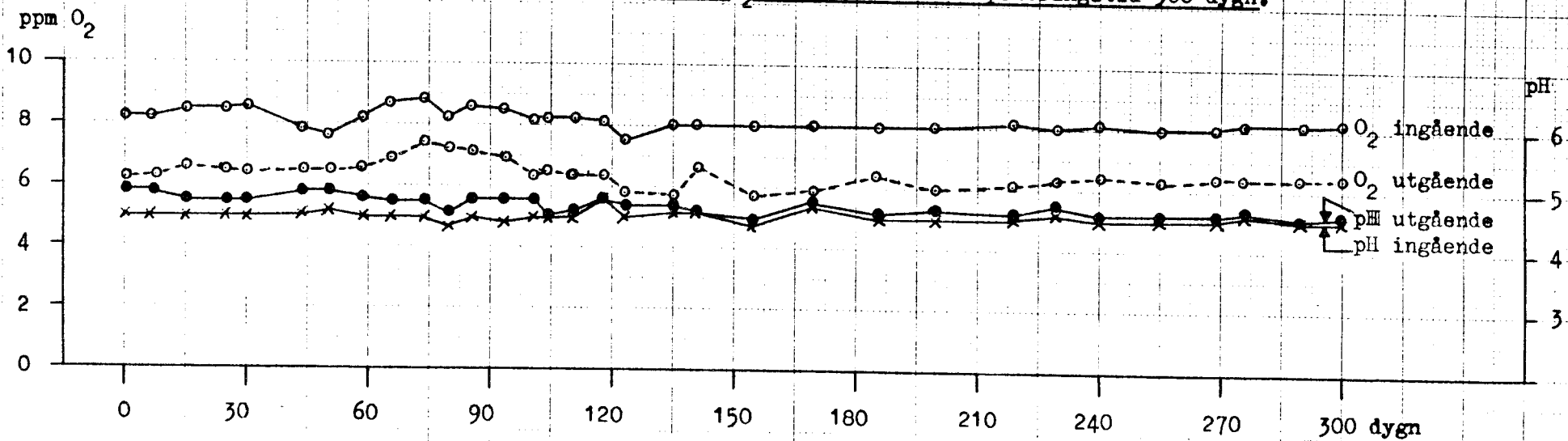
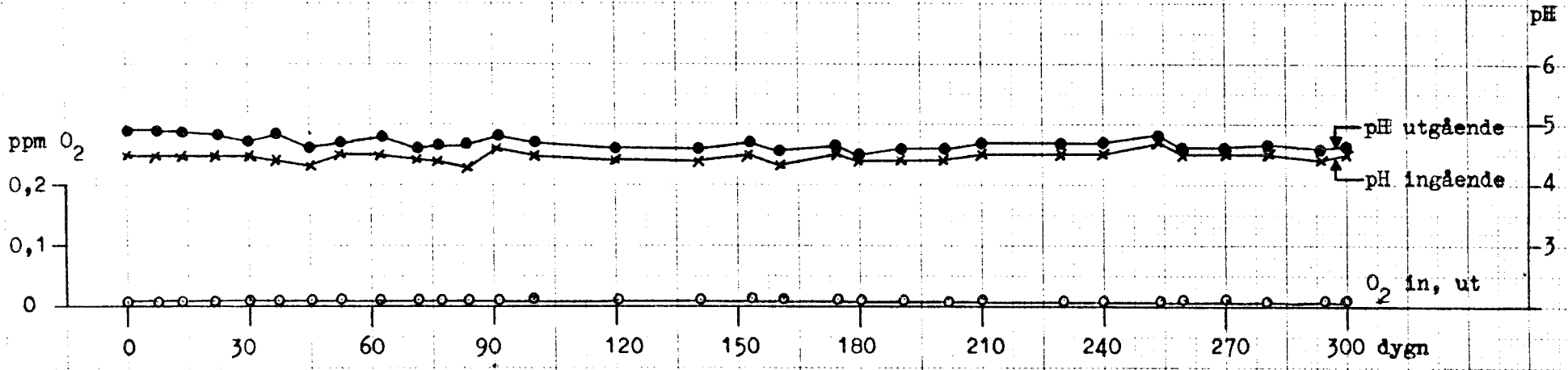
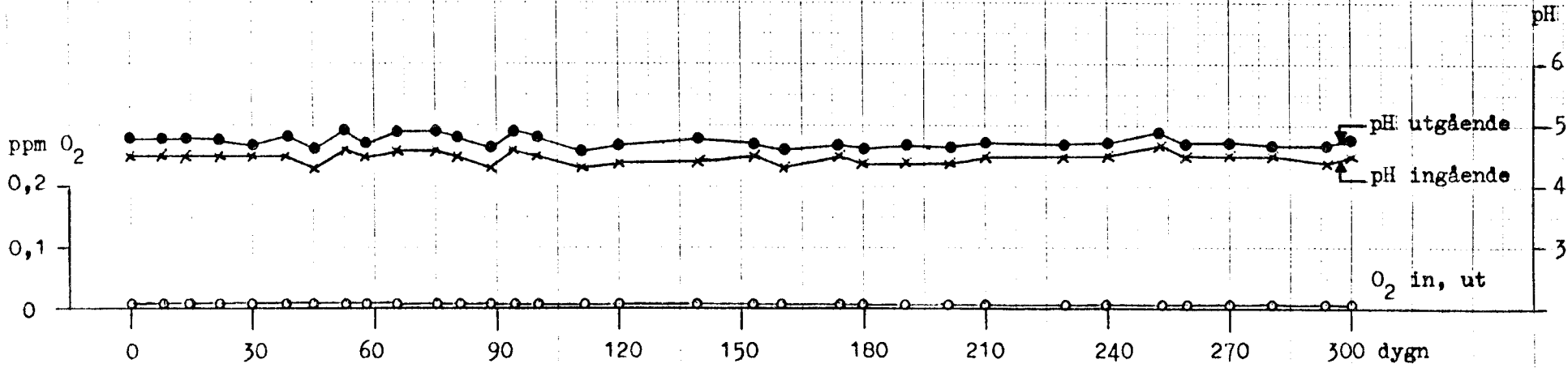


Fig 8. pH- och O<sub>2</sub>-koncentrationer i syrefattigt vatten

Miljö 2. T = 100°C. O<sub>2</sub> < 0,01 ppm. Autoklav 837. Exponeringstid 300 dygn.



Miljö 2. T = 130°C. O<sub>2</sub> < 0,01 ppm. Autoklav 838. Exponeringstid 300 dygn.



1978-04-24

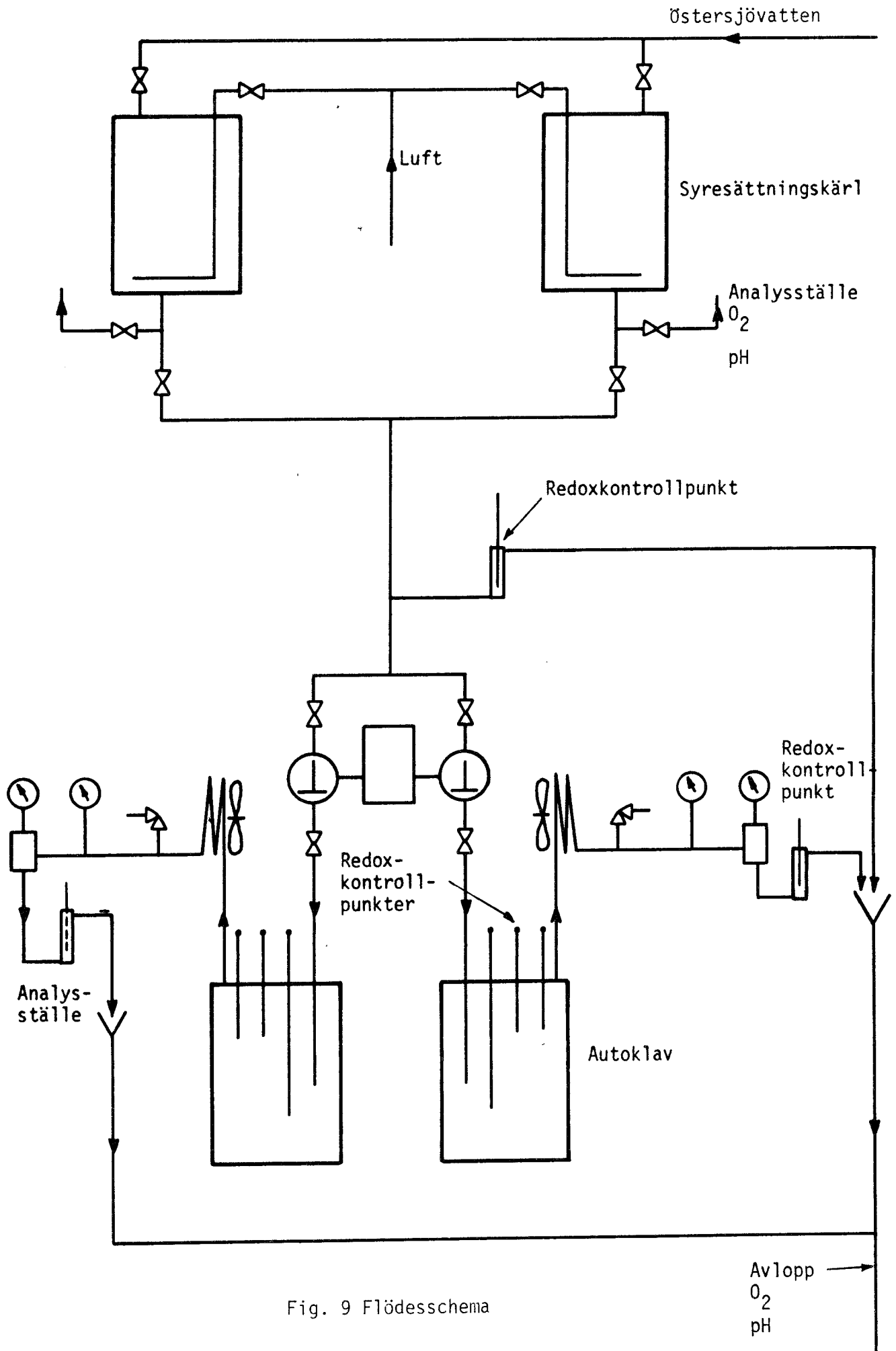
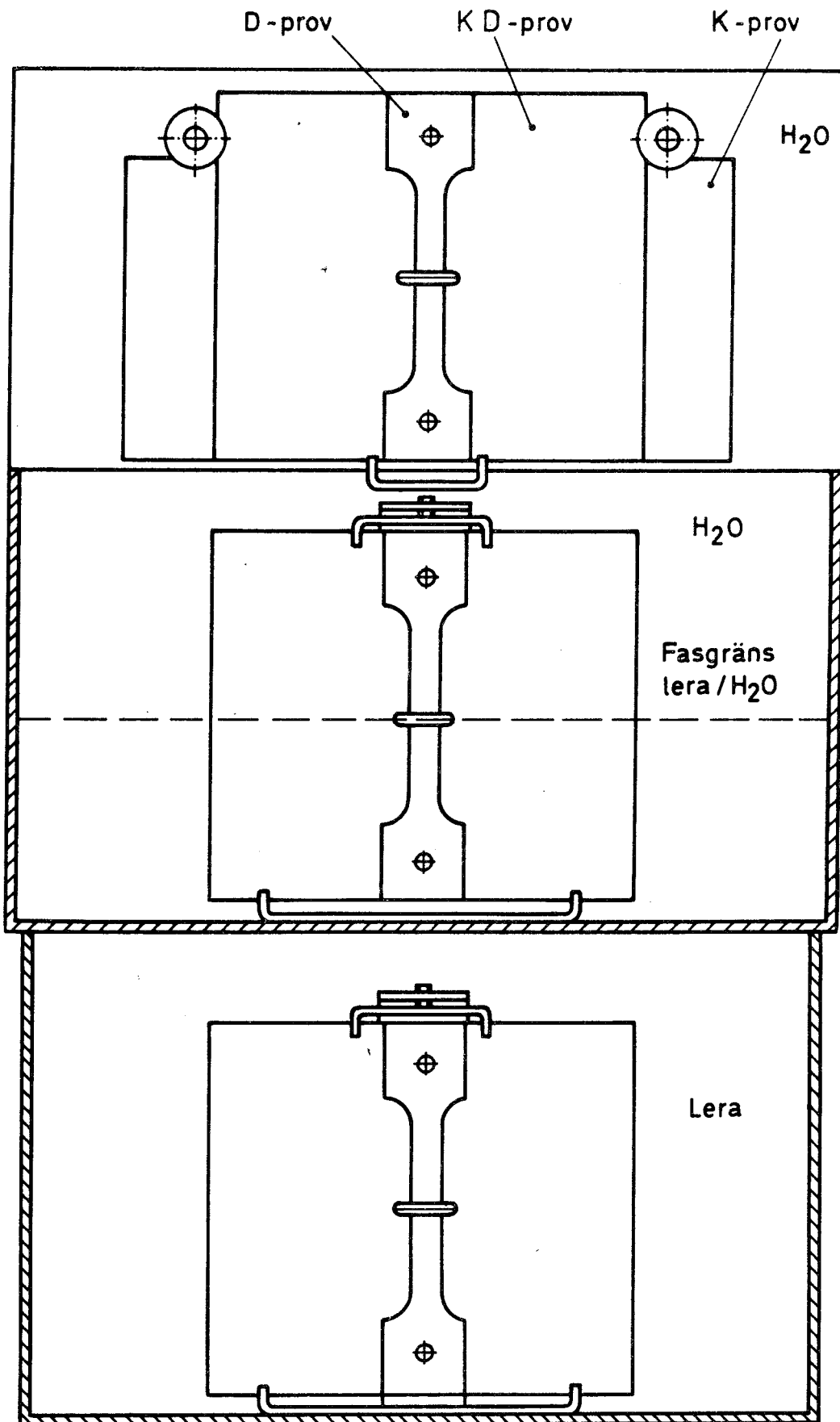


Fig. 9 Flödesschema

1978-04-24



Schematisk framställning av provernas placering i de tre positionerna  $H_2O$ ,  $H_2O$ /lera, lera

Fig. 10 Provplacering

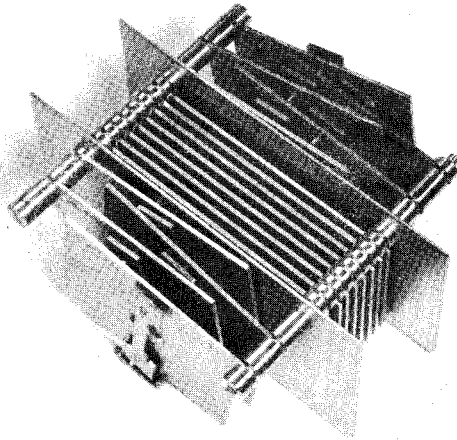


Fig 11. Titanfixtur för exponering i ren  $H_2O$ -fas med allmänkorrosionsprover av typ K och stora spaltprover av typ KD ihopnitade med små spaltprover av typ D.

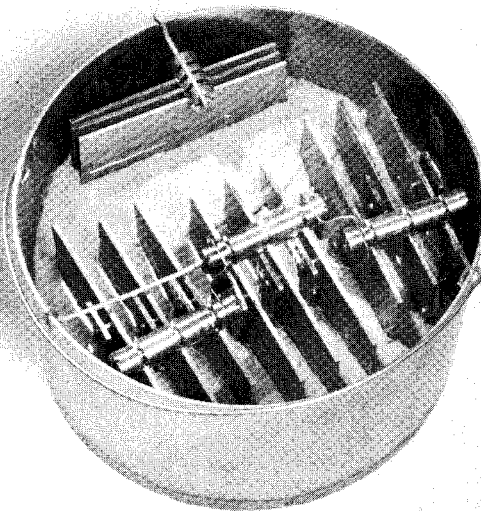


Fig 12. Titanbehållare med prover till hälften nedsänkta i lera

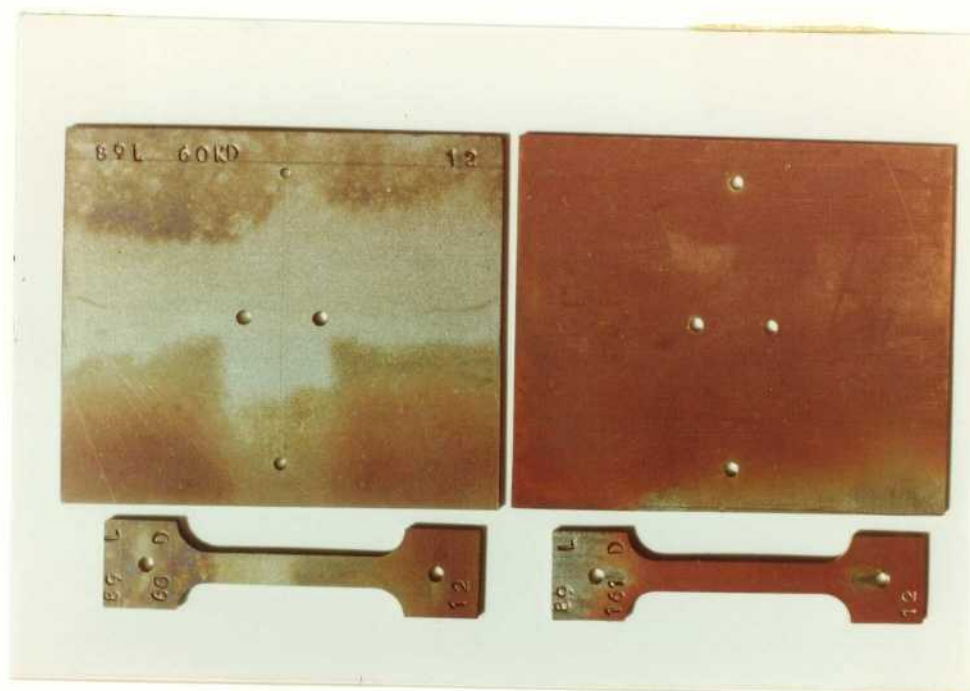


Fig 13. Prover som exponerats i syrehaltig miljö (miljö 1) under 300 dygn. Till höger ses prover exponerade helt i lera och till vänster sådana som legat till hälften nedsänkta i lera.

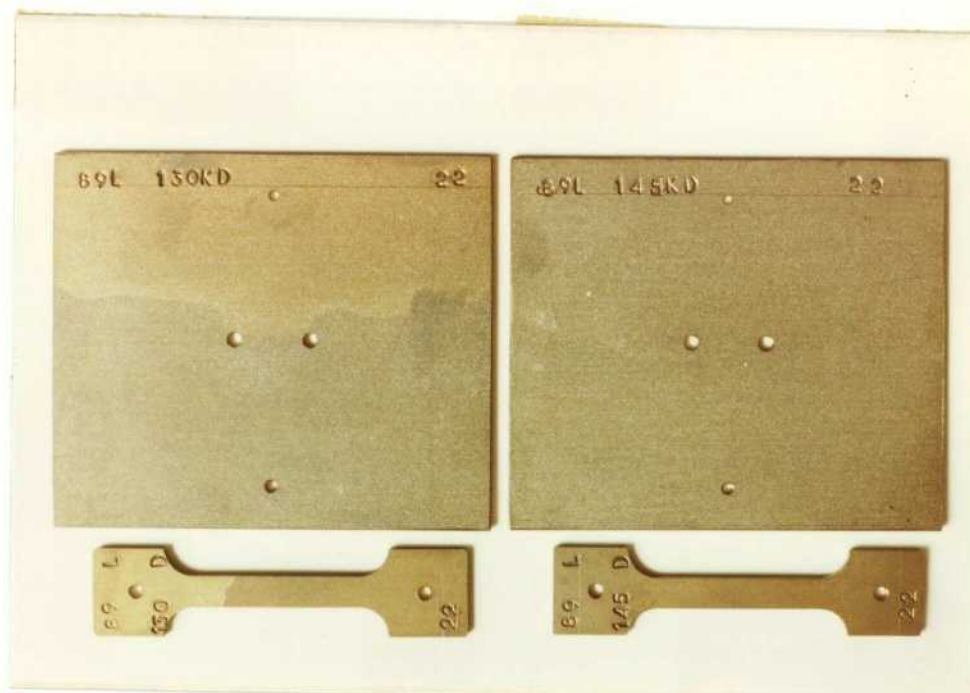


Fig 14. Prover som exponerats i syrefattig miljö (miljö 2) under 300 dygn. Jämför Fig 13.

## 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 tunnlarm 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 constituents 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 aktinider 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 Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial  
Long term mineralogical properties of  
bentonite/quartz buffer substance  
Arvid Jacobsson  
Roland Pusch  
Högskolan i Luleå 1978-06-10
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer  
masses  
Roland Pusch  
Högskolan i 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  
Alf Engelbrektson, VBB  
Arne Finné, KBS  
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 1977-12-20
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.  
Lagar, normer och bedömningsgrunder  
Christina Gyllander  
Siegfried F Johnson  
Stig Rolandson  
AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13

- 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 slutförvar för använt bränsle  
Taivo Tarandi  
VBB
- 47 Teoretiska studier av grundvattenrörelser  
John Stokes  
Roger Thunvik  
Inst för kulturteknik KTH maj 1978
- 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 Lakningsförsök 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 dissusionshastighet för silver i lera-sandblandning  
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  
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  $\gamma$ -bestrålning  
3 st tekniska PM  
Sture Henrikson  
Stefan Poturaj  
Maths Åsberg  
Derek Lewis  
AB Atomenergi januari-februari 1978

- 68 Degraderingsmekanismer vid bassänglagring 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  
Roland 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 av oxidants and radionuclides through a clay barrier  
Ivar Neretnieks  
Kungsl 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 Stockholm april 1978
- 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,  $\text{Sr}^{2+}$ , 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
- 91 Korttidsvariationer i grundvattnets trycknivå  
Lars Y Nilsson  
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm september 1977
- 92 Termisk utvidgning hos granitoida bergarter  
Ove Stephansson  
Högskolan i Luleå april 1978
- 93 Preliminary corrosion studies of glass ceramic code 9617 and a sealing frit for nuclear waste canisters  
I D Sundquist  
Corning Glass Works 78-03-14
- 94 Avfallsströmmar i upparbetningsprocessen  
Birgitta Andersson  
Ann-Margret Ericsson  
Kemakta mars 1978
- 95 Separering av C-14 vid upparbetningsprocessen  
Sven Brandberg  
Ann-Margret Ericsson  
Kemakta mars 1978
- 96 Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall  
Sture Henrikson  
Marian de Pourbaix  
AB Atomenergi 1978-04-24
- 97 Colloid chemical aspects of the "confined bentonite concept"  
Jean C Le Bell  
Ytkemiska Institutet 1978-05-07
- 98 Sorption av långlivade radionuklider i lera och berg  
Del 2  
Bert Allard  
Heino Kipatsi  
Börje Torstenfelt  
Chalmers Tekniska Högskola 1978-04-20
- 99 Lakning av högaktivt franskt glas  
Lägesrapport 1978-06-01  
Göran Blomqvist  
AB Atomenergi
- 100 Dos och dosintekning från grundvattenburna radioaktiva ämnen vid slutförvaring av använt kärnbränsle  
Ronny Bergman  
Ulla Bergström  
Sverker Evans  
AB Atomenergi



- 101 Utläckning av Ni-59 från ett bergförvar  
Ivars Neretnieks  
Karin Andersson  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm 1978-04-24
- 102 Metod att bocka bestrålade bränslestavar  
Torsten Olsson  
ASEA-ATOM 1978-03-29
- 103 Some aspects on colloids as a means for transporting  
radio nuclides  
Ivars Neretnieks  
Kungl Tekniska Högskolan Stockholm
- 104 Finit elementanalys av bentonitfyllt bergförvar  
Ove Stephansson  
Kenneth Mäki  
Tommy Groth  
Per Johansson  
Högskolan i Luleå
- 105 Neutroninducerad aktivitet i bränsleelementdetaljer  
Nils A Kjellbert  
AB Atomenergi 1978-03-30
- 106 Strålningsnivå och till vatten deponerad strålnings-  
energi utanför kapslar i slutförvaret  
Klas Lundgren  
ASEA-ATOM 1978-05-29
- 107 Blyinfodrad titankapsel för upparbetat och glasat  
kärnbränsleavfall - Bedömning ur korrosionssynpunkt  
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp. Slutrapport  
1978-05-25
- 108 Criticality in a spent fuel repository in wet crystalline  
rock  
Peter Behrenz  
Kåre Hannerz  
ASEA-ATOM 1978-05-30
- 109 Lakningsbar spaltaktivitet  
Lennart Devell  
Rolf Hesböl  
AB Atomenergi
- 110 Finita elementanalyser  
O Stephansson  
Högskolan i Luleå
- 111 Nuklidhalter i använt LWR-bränsle och i högaktivt  
avfall från återcykling av plutonium i PWR  
Nils Kjellbert  
AB Atomenergi
- 112 Säkerhetsanalys av hanteringsförfarandet vid inkapsling  
av utbränt bränsle i kopparkapsel  
Erik Nordesjö  
ASEA-ATOM 1978-03-20