
KBS TEKNISK RAPPORT

70

Lakning av bestrålat UO₂-bränsle

Ulla-Britt Eklund
Ronald Forsyth

AB Atomenergi 1978-02-24

LAKNING AV BESTRÅLAT UO_2 -BRÄNSLE

Ulla-Britt Eklund
Ronald Forsyth
AB Atomenergi 1978-02-24

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.

LAKNING AV BESTRÅLAT UO_2 -BRÄNSLESammanfattning

Lakningsförsök har utförts över en tidsperiod av 105 dagar på 20 mm långa delar av en bestrålad bränslestav. Delarna - bränsle med kvarstannande kapsling - valdes från skilda lägen längs staven motsvarande längdvarmebelastningarna 11,2 resp 23,5 kW/m (medel). För vardera bränsletypen användes två olika laklösningar: ett syntetiskt svenskt grundvatten och som referens destillerat vatten. Lakningen skedde vid 60°C utan mekanisk omrörning.

De utlakade ämnen som mättes (U, Sr-90, Cs-137 och total alfa-aktivitet) visade i början stor lakningshastighet - uttryckt som bråkdel utlakat per dygn av det totala inventariet - men mot slutet av lakningsperioden uppnåddes värden på ca $10^{-6}/d$ för U, Sr-90 och Cs-137 och ca $10^{-7}/d$ för total alfa-aktivitet.

En jämförelse mellan de ackumulerade mängder som lakats ut under 105 dagar från högbelastade och lågbelastade prover visade största skillnaden för Cs-137, där värden på ca 0,7 % resp 0,03 % av det totala Cs-137-inventariet erhöles. Dessa värden visar det stora belastningsberoendet under reaktordriften hos migration av Cs-137 till gapet kuts/kapsling och till perifera bränslesprickor.

LEACHING OF IRRADIATED UO_2 FUELSummary

Leaching tests over a period of 105 days have been performed on 20 mm long sections of an irradiated fuel rod. The sections - fuel with clad - were selected from axial locations along the rod corresponding to average linear heat ratings of 11.2 and 23.5 kW/m. For each fuel type, two leachant solutions were used: a synthetic Swedish groundwater and distilled water as reference. Leaching was performed at 60°C without mechanical stirring.

All the leached species which were measured (U, Sr-90, Cs-137 and total alpha activity) showed large initial leaching rates - expressed as fractions of the total inventory leached per day - but by the end of the leaching period, values were obtained of about $10^{-6}/d$ for U, Sr-90 and Cs-137 and about $10^{-7}/d$ for total alpha activity.

Comparison of the cumulative amounts leached out during 105 days between the highly-rated and low-rated specimens showed the greatest difference in the case of Cs-137 where values of about 0,7 % and 0,03 % of the total Cs-137 inventory were obtained. These values demonstrate the sensitivity to heat rating of the movement of Cs-137 during reactor operation to the pellet-clad gap and peripheral cracks.

Titel och författare		TPM-BL-133 (REV)
Lakning av bestrålat UO_2 -bränsle		30/7+
U-B Eklund, R S Forsyth		8 tab+11 fig 1978-02-24
Projekt nr	5323103	128 Forsyth Sh.
Distribueras till		
Text		

Inledning

Som alternativ till uppabetning av bestrålat kraftreaktorbränsle och efterföljande deponering av det högaktiva avfallet har man föreslagit direktdeponering av bränslestavar i stabila geologiska formationer.

Inkapsling och deponering av bränslestavarna i detta alternativ diskuteras ej i denna rapport. Den är begränsad till en beskrivning av experiment utförda i Studsvik för att ge en uppskattning av resultatet av eventuellt tillträde av grundvatten till bränslet med åtföljande utlakning av aktiva ämnen av intresse för säkerhetsanalysen.

Det är naturligtvis svårt att helt simulera det verkliga fallet, där ytterst små flöden av grundvatten är i kontakt med bränslet över en mycket lång tidsperiod efter att de barriärer som omger bränslet korroderat sönder. Praktiska experiment innebär istället att under kort tid utsätta bränslet för stora volymer av lakmedel följt av analys på de utlakade ämnena.

Den huvudsakliga källan till data på detta område är ett experimentellt program utfört sedan 1975 vid Battelle Northwest Laboratories av Katayama och Mendel (1): I dessa experiment har bränsle med mycket hög utbränning (ca 54 MWd/kg U) och en linjär belastning av ca 28-29 kW/m utsatts för olika lakningsmedel: Hanfordgrundvatten, ett syntetiskt havsvatten

och som referens avjoniserat vatten. Resultaten hittills pekar på en motståndskraft mot lakning hos de viktiga aktiva ämnena av samma storleksordning som hos borsilikatglas.

Studsviks experimentserie skiljer sig från Battelles på vissa viktiga punkter, bl a genom kvarsittande kapsling, förhöjd temperatur och bestämning av uran.

I Battelles experiment så har ett antal fragment från UO_2 -bränsle med hög utbränning utsatts för 500 cm^3 25-gradigt lakmedel som cirkulerats så att man fått ungefär 150 volymbyten per dag.

Det är emellertid välkänt att flyktiga fissionsprodukter vandrar radiellt mot bränslets periferi, till bränslesprickor och till kapslingens inneryta. Dessa fissionsprodukter kan tänkas lakas ut mycket lättare än de som fortfarande finns i UO_2 -matrisen. Detta betyder att ett helt tvärsnitt av bränslet med kvarsittande kapsling skulle vara att föredra framför enstaka bränslefragment om även de tidiga stadierna av lakningen skall kunna följas. Följaktligen har i Studsviksexperimenten 20 mm långa bitar av en kapslad bränslestav utsatts för lakning. Två lakmedel har använts, ett syntetiskt svenskt grundvatten och destillerat vatten, vid en temperatur av 60°C , dvs ungefär vad som förväntas i det verkliga fallet.

Utförande

Med ovanstående som bakgrund har lakningsförsöken utformats så att 4 st ca 20 mm långa bitar med bränslet kvar har tagits från en bränslestav (391-F1) från Oskarshamsreaktor 1. Två prov har tagits från ett område med relativt hög effekt (ca 24 kW/m) och två prov från ett område som haft ungefär hälften så stor effekt (ca 11 kW/m). Bestrålningstiden var 902 dygn och avklingningstiden 2 år. Av dessa prov har ett "högeffektsprov" och ett "lågeffektsprov" lakats i destillerat

vatten och de andra två proven i grundvatten, samtliga fall av 500 cm³ volym.

I Tabell 1 presenteras data på proven: provvikt (inkl Zirkaloykapslingen), den beräknade UO₂-vikten samt de beräknade Sr-90- och Cs-137-innehållen jämte totala alfa-aktiviteten. Beräkningen hänför sig till 78-02-01 och har utförts med AEs datorprogram BEGAFIP. Sammansättningen hos det syntetiska grundvattnet ges i Tabell 2, kolumn 1. En KBS-konsult (2) har godkänt sammansättningen som sannolik för svenskt grundvatten på 500 meters nivå och samtidigt lämplig för lakning vid 60°C utan risk för utfällning. Den förutnämnda temperaturen har hållits konstant under försöken.

En bild av apparaten i en nyligen dekontaminerad betongcell visas i Fig. 1. Längst till höger i bilden syns en kolv som innehåller endast destillerat vatten. Blindprov från denna kolv har tjänat som kontroll på tvärkontamineringsrisken under experimentets förlopp. Samtliga blindprovresultat har visats sig betryggande låga.

Stavproven har placerats i korgar av rostfritt stålnät med solid botten. Detta visas i Fig. 2. Lakning har utförts utan mekanisk omrörning. Vattenproven tömdes genom ett rör från kolvens botten.

Lakningsvattnet har bytts efter 1,3, 7, 14, 28, 42, 70 och 105 dygn och mängden uran, Sr-90, Cs-137 samt den totala alfaaktiviteten i det utbytta vattnet har mätts.

Följande metoder har använts:

Uran; fluorometrisk analys

Sr-90; jonbytarseparation följt av β -mätning

Cs-137; gamma spektrometri (Ge-Li detektor)

Alfa-aktivitet; α partikel mätning i ZnS scintillator

Resultat

Mätningarna ger direkt mängden uran, Sr-90, Cs-137 samt alfa-aktivitet (främst från plutonium och högre aktinider) utlakat i tidsintervallen 0-1, 1-3, 3-7 dygn etc. Ur detta kan man bestämma lagningshastighet (oviktat medelvärde över tiden) och totalt utlakad mängd.

Ett vanligt sätt att ge lagningshastighet, speciellt för glas, är viktmängd per ytenhet och tidsenhet ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{d}$). För UO_2 kutsar, emellertid, är den verkliga ytan svårbestämd, speciellt med tanke på att kutsarna är spruckna och att man kan ha sammanhängande porositet i proven. Dessutom, som redan nämnts finns en del av fissionsprodukterna i sprickor i kutsarna och i gapet mellan kuts och kapsling efter bestrålningen.

Av dessa anledningar har vi ansett det bäst att ge resultaten i bråkdelar av totalinventariet av de olika ämnena.

Lagningshastigheten och kumulativa mängder ges i Tabell 3 - 6 och i diagramform i Fig 3 - 10.

Diskussion

Lagningshastigheten sjunker för uran, Sr och Cs till nivån 10^{-6} bråkdelar utlakat/dygn (för uran redan efter några veckor). Att nivån 10^{-6} nås av samtliga kan antyda en allmän upplösning av UO_2 matrisen. Den snabbt nedåtgående trenden kan orsakas av två faktorer.

1. Närvaro av små bränslepartiklar som utsättes för snabbare utlakning p g a stor yta. Orsaken till närvaro av små partiklar är dels sprickbildning under bestrålning och dels ev effekter orsakat av provutkapning.

2. Snabbt utlösningssbar spaltaktivitet av lättmigrerande nuklider.

För Cs-137 i högbelastat bränsle är utlakningen markant högre än i övriga fall, vilket sannolikt beror på snabb upplösning av spaltaktivitet.

Den fördröjda utjämnningen för främst Cs men även Sr i de högbelastade proverna indikerar viss svårtillgänglighet i spricksystemet.

Det är kanske överraskande att skillnaden mellan utlakning med destillerat resp grundvatten är knappast märkbar. Man måste dock komma ihåg att antalet prov var bara 4, och att vattnet troligen var syremättat i båda fallen.

Katayama och Medel (1) har mätt lakningshastigheten ur högutbränt UO_2 -bränsle (50 - 60 MWd/kg U). De finner en lakningshastighet byggd på lakning av Cs-137 av $10^{-6} - 10^{-5} \text{ g/cm}^2$. dag efter några hundra dygn. Detta är jämförbart med våra resultat, om man använder ytan av kutsfragment av 1 - 2 mm radie ($1 - 3 \text{ cm}^2/\text{g}$) för att omvandla från bråkdelen per dygn till g/cm^2 . dygn.

Enligt både BEGAFIP-beräkningar och de alfa-spektra som ges i Fig 11 är alfa-aktiviteten huvudsakligen från Cm-242 för både hög- och lågbelastat bränsle, med signifikanta bidrag från Cm-244, Am-241 och Pu-238, -239 och -240. Alfa-spektrometrisk undersökning av själva lakningsproven har inte utförts under denna experimentserie och det är därför svårt att korrigera för sönderfall av Cm-242 ($t_{1/2} = 162 \text{ d}$) p g a osäkerhet om sammansättning av aktinidblandningarna. Värdena för bråkdelen utlakade i Fig 6 och 10 är därför baserade på alfa-mätningar vid olika tidpunkter dividerade med de beräknade innehållen vid 78-02-01.

Kurvorna för utlakning av alfa-aktivitet visar samma trend som för de övriga ämnena, dock är utlakningshastigheten efter tre månader ungefär en potens lägre.

Som en kontroll av eventuell ändring i grundvattnets sammansättning efter olika perioder vid 60°C har två lagningsprover analyserats på HCO_3 , Ca och pH. Resultaten ges i Tabell 2 och visar ingen större ändring, men kanske en liten förlust av HCO_3 och Ca efter 35 dygn vid 60°C.

I utlakningsexperiment utförda med neutrala eller alkaliska lösningar och mycket små koncentrationer av utlakade ämnen är det naturligt att vänta sig adsorptionseffekter. Som en kontroll av sådana effekter har samtliga 4 provkolvar tvättats med 1:4 HNO_3 med efterföljande analys av tvättlösningarna. Resultaten ges i Tabell 7. Vidare har två plastflaskor i vilka lagningslösningar hade förvarats under tre månader tvättats med 1:4 HNO_3 . Resultaten ges i Tabell 8. En antydning till högre förhållande alfa-aktivitet till uranmängd finns.

Alfa-spektra av de ovannämnda tvättlösningarna ges i Fig 11. Samtliga tre spektra för högbelastat bränsle (två provkolvar och en förvaringsflaska) ser mycket lika ut, medan oförklarliga skillnader finns för de motsvarande proverna för lågbelastat bränsle.

Referenser

- (1) Katayama Y B och Medel J E:
Leaching of Irradiated LWR Fuel Pellets in Deionized
Water, Sea Brine and Typical Groundwater.
ANS 1977 Winter Meeting, San Francisco, California,
November 27 - December 2, 1977, sid. 447-48.
TANSAO 27, 1 - 1028 (1977).

- (2) Rennerfelt Jan:
KBS rapport till KBS 77-11-07, blad 6.

Tabell 1

BRÄNSLEPROVDATA

	Lineär- effekt (kW/m)	Total vikt (g)	UO ₂ vikt (g)	Sr-90 (Ci tot)	Cs-137 (Ci tot)	α-aktivitet (m Ci)
Lågbelastat bränsle: dest vatten	11.2	21.54	17.83	0.552	0.638	6.317
"- "- : grundvatten	11.2	21.42	17.73	0.549	0.634	6.281
Högbelastat bränsle: dest vatten	23.5	21.77	18.02	1.074	1.360	41.17
"- "- : grundvatten	23.5	20.88	17.29	1.030	1.305	39.50

1978-02-24

Tabell 2

Kolumn	Sammansättning av syntetiskt grundvatten		
	1 = start	2 = 1 dygn, 60°C Högbelastad UO ₂	3 = 35 dygn, 60°C Högbelastad UO ₂
pH	8,5	8,5	8,4
HCO ₃	300 mg/l	330 mg/l	280 mg/l
Ca	6 "	6,7 "	5,6 "
Mg	3 "		
Na	120 "		
K	2 "		
SiO ₂	10 "		
bl	12 "		
F	1,5 "		

Tabell 3

ANALYSRESULTAT: U ppm (Blindprov < 0.002 ppm)

Total exponeringstid (d)	1	3	7	14	28	42	70	105
Exponeringstid (d)	1	2	4	7	14	14	28	35
Lågbelastat bränsle: dest vatten	0.10	0.15	0.16	0.26	0.40	0.32	0.54	0.57
"- "- : grundvatten	0.44	0.20	0.18	0.34	0.52	0.48	0.74	0.80
Högbelastat bränsle: dest vatten	2.1	0.22	0.16	0.35	0.61	0.56	0.80	0.80
"- "- grundvatten	2.6	0.13	0.10	0.10	0.21	0.23	0.28	0.35

Bråkdelen urlakat U/dygn ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	3.18	2.39	1.27	1.18	0.91	0.73	0.61	0.52
"- "- : grundvatten	14.1	3.20	1.44	1.55	1.19	1.10	0.85	0.73
Högbelastat bränsle: dest vatten	66.1	3.46	1.26	1.57	1.37	1.26	0.90	0.72
"- "- grundvatten	85.3	2.13	0.82	0.47	0.49	0.54	0.33	0.33

Bråkdelen urlakat U Kumulativ ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	3.18	7.95	13.04	21.31	34.03	44.21	61.39	79.52
"- "- : grundvatten	14.08	20.47	26.23	37.11	53.74	69.10	92.77	118.36
Högbelastat bränsle: dest vatten	66.12	73.05	78.09	89.11	108.31	125.9	151.1	176.3
"- "- : grundvatten	85.3	89.57	92.85	96.13	103.0	110.6	119.8	131.2

Tabell 4

ANALYSRESULTAT: $\mu\text{Ci Sr-90}$ i lakningsvatten

Total exponeringstid (d)	1	3	7	14	28	42	70	105
Exponeringstid (d)	1	2	4	7	14	14	28	35
Lågbelastat bränsle: dest vatten	17.8	4.2	2.21	3.51	3.64	3.78	5.42	4.87
"- "- : grundvatten	20.8	3.96	5.42	2.59	3.46	2.54	5.54	4.82
Högbelastat bränsle: dest vatten	116	13.0	15.7	22.7	37.5	29.3	36.9	30.1
"- "- : grundvatten	135	24.8	36.7	69.8	106	34.8	45.9	25.1

Bråkdelen utlakad Sr-90/dygn ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	32.2	3.46	1.00	0.91	0.47	0.49	0.35	0.25
"- "- : grundvatten	37.9	3.61	2.47	0.67	0.45	0.33	0.36	0.25
Högbelastat bränsle: dest vatten	108	6.05	3.65	3.02	2.49	1.95	1.23	0.80
"- "- : grundvatten	131	12.0	8.91	9.68	7.35	2.41	1.59	0.70

Bråkdelen Kumulativ ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	32.2	39.5	43.5	49.9	56.5	63.4	73.2	82.0
"- "- : grundvatten	37.9	45.1	62.4	67.1	73.4	78.0	88.1	96.9
Högbelastat bränsle: dest vatten	108	120	135	156	191	218	252	280
"- "- : grundvatten	131	155	191	259	362	396	441	466

Tabell 5

ANALYSRESULTAT: $\mu\text{Ci Cs-137}$ i lakningsvatten

Total exponeringstid (d)	1	3	7	14	28	42	70	105
Exponeringstid (d)	1	2	4	7	14	14	28	35
Lågbelastat bränsle: dest vatten	77.7	7.97	8.61	11.52	17.04	14.56	25.79	30,86
"- "- : grundvatten	80.7	7.90	6.08	6.71	9.21	10.1	27.57	41.12
Högbelastat bränsle: dest vatten	2285	1358	1940	1949	542	153	157	175
"- "- : grundvatten	2120	1346	1643	2059	1454	298	113	65.3

Bråkdel utlakad Cs-137/dygn ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	122	6.25	3.37	2.58	1.91	1.63	1.44	1.38
"- "- : grundvatten	127	6.23	2.40	1.51	1.04	1.14	1.55	1.85
Högbelastat bränsle: dest vatten	1680	499	357	205	28.5	8.04	4.12	3.68
"- "- : grundvatten	1625	516	315	225	79.6	16.3	3.09	1.43

Bråkdel utlakad Cs-137 Kumulativ ($\times 10^6$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	122	135	148	166	193	216	256	304
"- "- : gundvatten	127	139	149	160	175	191	234	299
Högbelastat bränsle: dest vatten	1680	2678	4106	5541	5940	6053	6168	6297
"- "- : grundvatten	1625	2657	3917	5492	6606	6834	6921	6971

Tabell 6

ALFA-AKTIVITET utlakad (n Ci)

Total exponeringstid (d)	1	3	7	14	28	42	70	105
Exponeringstid (d)	1	2	4	7	14	14	28	35
Lågbelastat bränsle: dest vatten	38.5	22.3	8.2	14.6	15.1	19.2	17.2	13.0
"- "- : grundvatten	6.8	6.3	14.9	13.5	7.9	5.2	11.0	12.5
Högbelastat bränsle: dest vatten	4741	446	312	450	398	350	241	176
"- "- : grundvatten	1726	453	359	295	132	37.8	141.6	29.0

Bråkdelen alfa-aktivitet utlakad/dygn ($\times 10^7$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	60.9	17.7	3.32	3.32	1.74	2.22	0.97	0.59
"- "- : grundvatten	10.8	5.0	5.89	3.02	0.89	0.59	0.62	0.57
Högbelastat bränsle: dest vatten	1150	56.6	18.9	15.5	6.9	6.07	2.09	1.21
"- "- : grundvatten	437	57.2	22.8	10.6	2.38	0.68	1.29	0.21

Bråkdelen alfa-aktivitet utlakad Kumulativ ($\times 10^7$)

Lågbelastat bränsle: dest vatten	60.9	96.3	109.6	132.8	157.2	188.3	215.5	236.2
"- "- : grundvatten	10.8	20.8	44.4	65.5	78.0	86.3	103.7	123.7
Högbelastat bränsle: dest vatten	1150	1263	1339	1448	1545	1630	1689	1731
"- "- : grundvatten	437	551	642	716	749	759	795	802

1978-02-24

Tabell 7 TVÄTTLÖSNINGAR: Provkolvar (500 cm³ HNO₃ 1:4)

	<u>U</u> (µg)	<u>Sr-90</u> (µCi)	<u>Cs-137</u> (µCi)	<u>α-aktivitet</u> (nCi)
11.2 kW/m bränsle: (dest vatten)	170	2.08	4.85	175
"- : (grundvatten)	175	6.04	5.66	175
23.5 kW/m bränsle: (dest vatten)	500	32.3	41.3	4207
"- : (grundvatten)	26	5.0	1.98	338

Tabell 8 TVÄTTLÖSNINGAR: Plastförvaringsflaskor (100 cm³ HNO₃ 1:4)

	<u>U</u> (µg)	<u>Sr-90</u> (µCi)	<u>Cs-137</u> (µCi)	<u>α-aktivitet</u> (nCi)
11.2 kW/m bränsle: prov 4 (grundvatten)	2.5	0.75	0.66	12.2
23.3 kW/m bränsle: prov 4 (grundvatten)	3.5	0.57	3.29	156



Fig. 2.

Fig 3. Utlakningshastighet för uran.

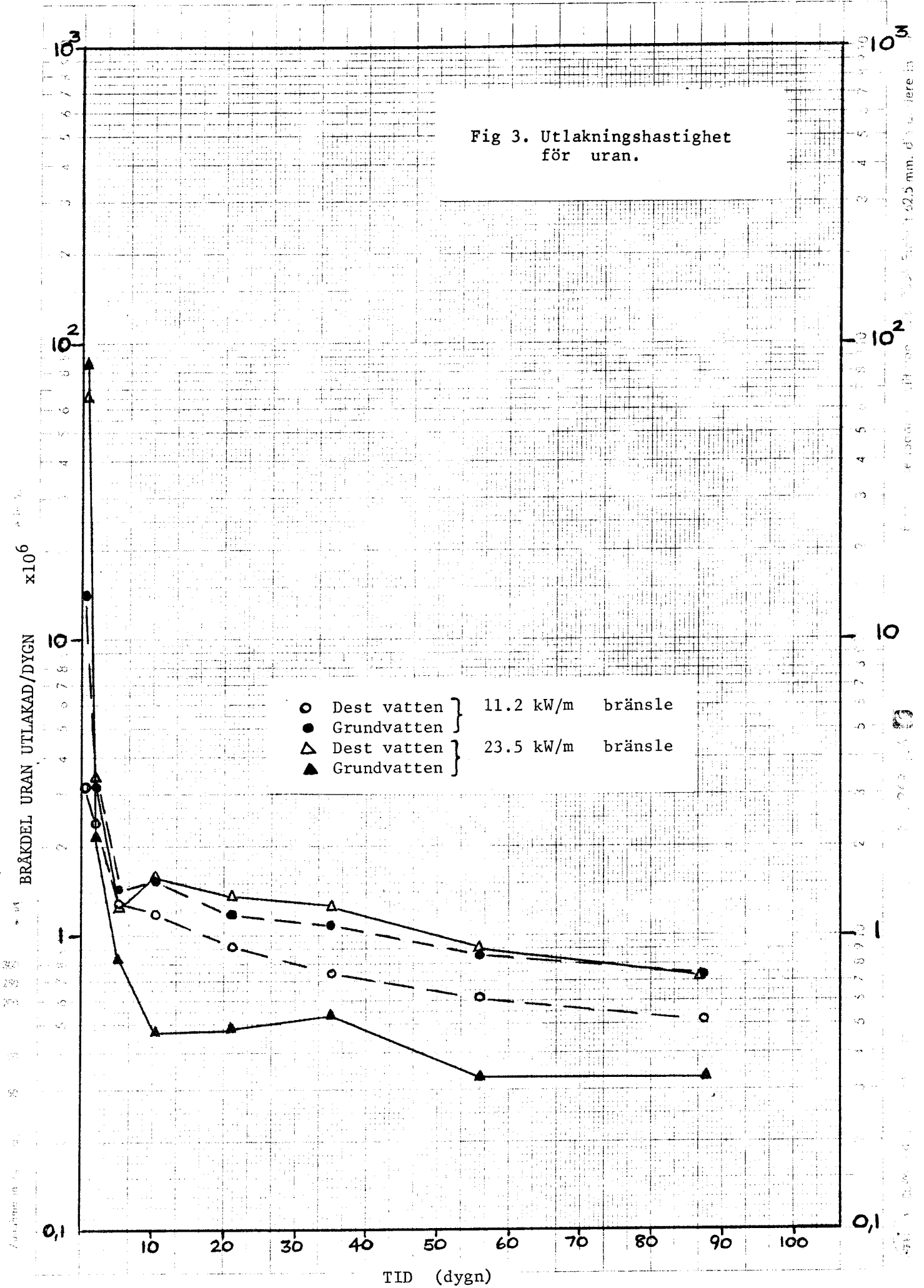


Fig 4. Utlakningshastighet för Sr-90.

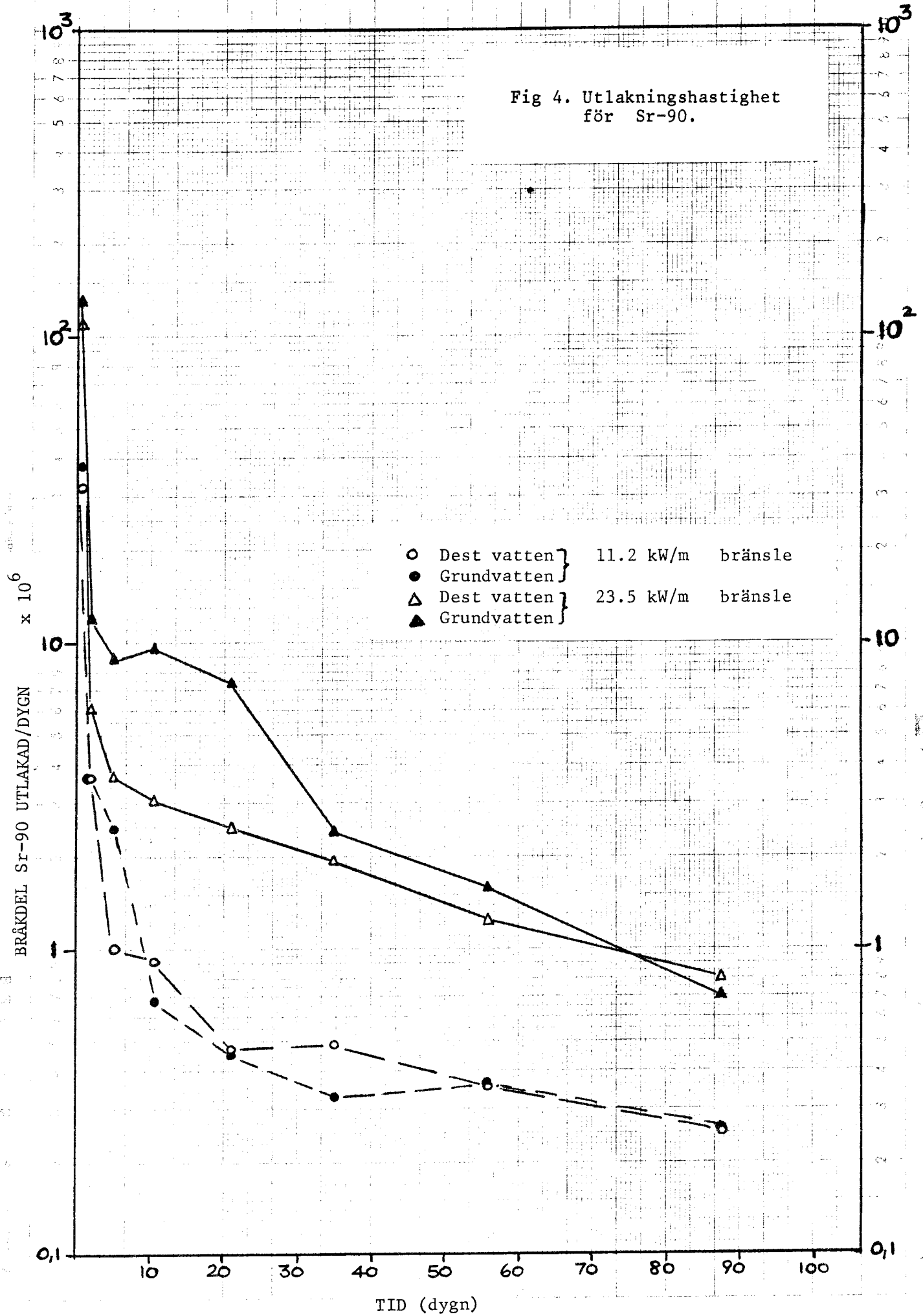


Fig 4. Utlakningshastighet för Sr-90. (Revised text from the image)

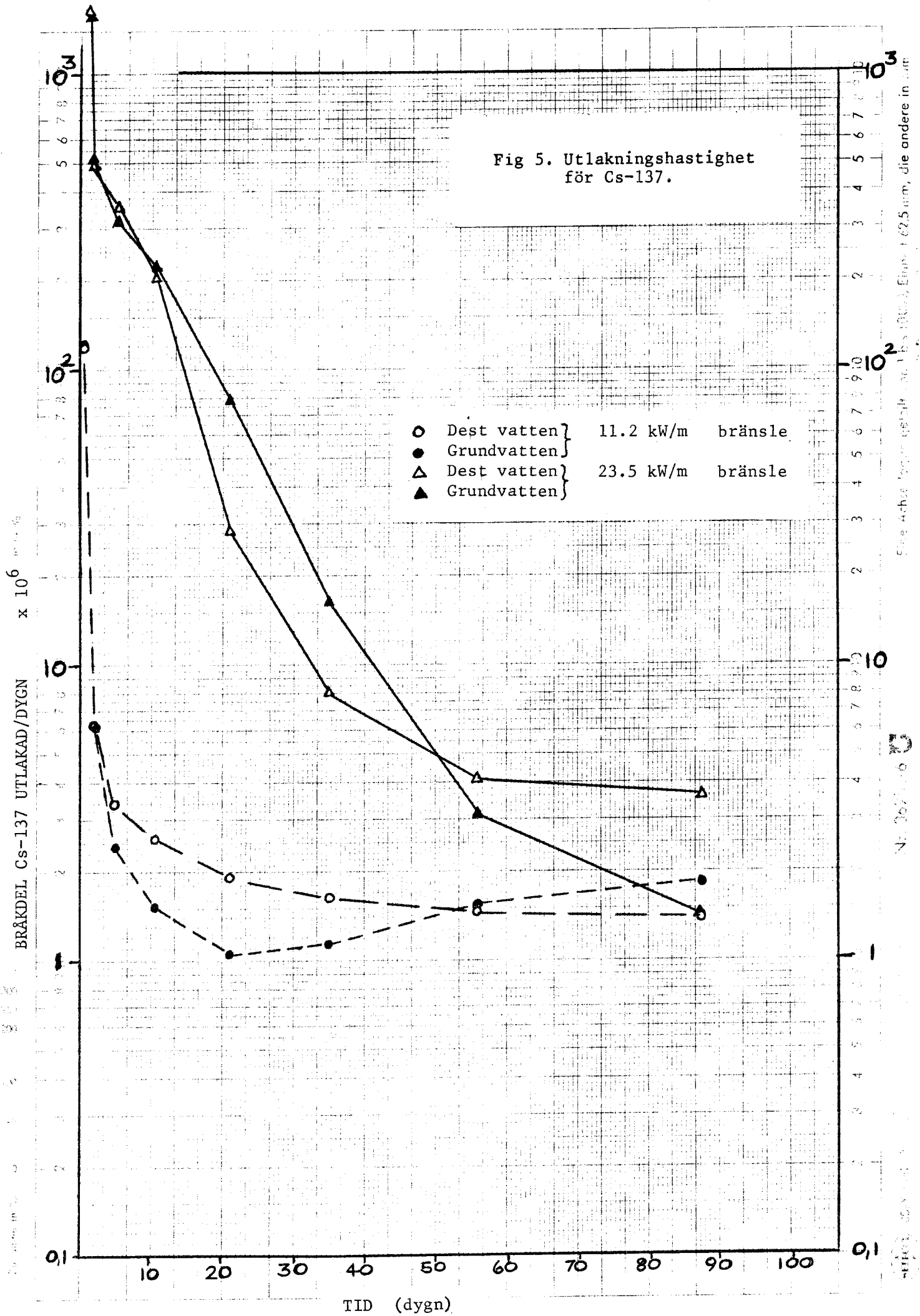
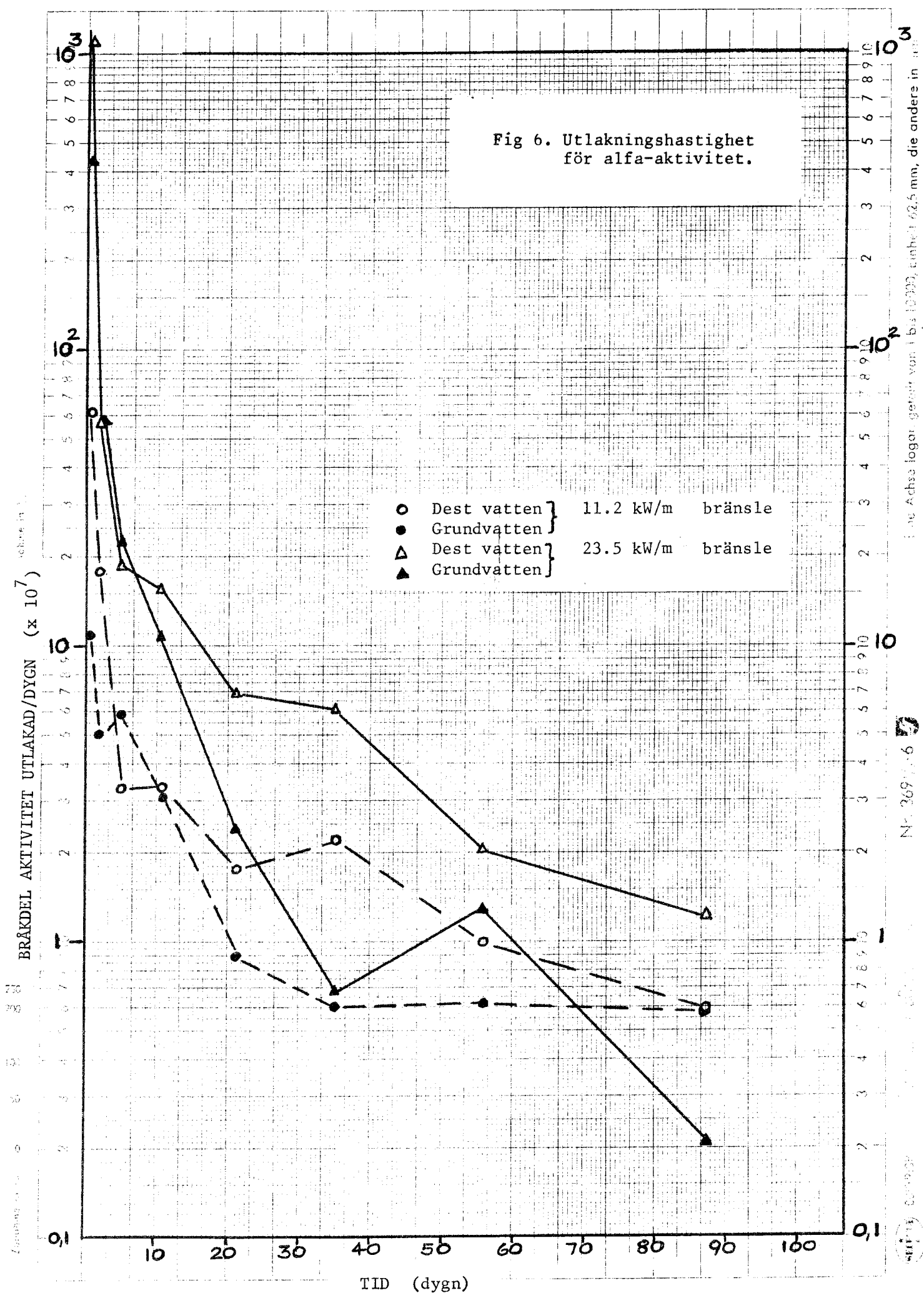
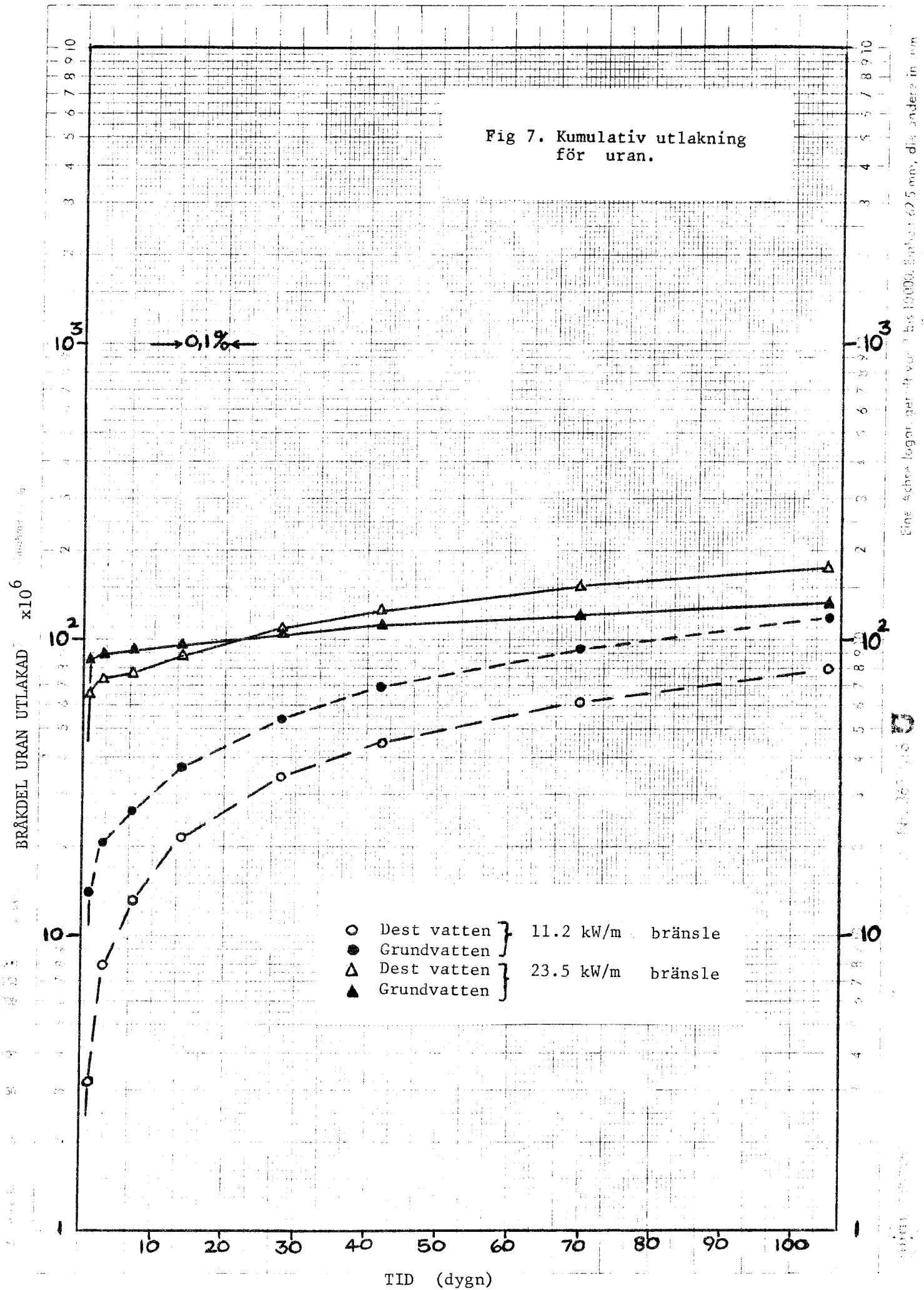


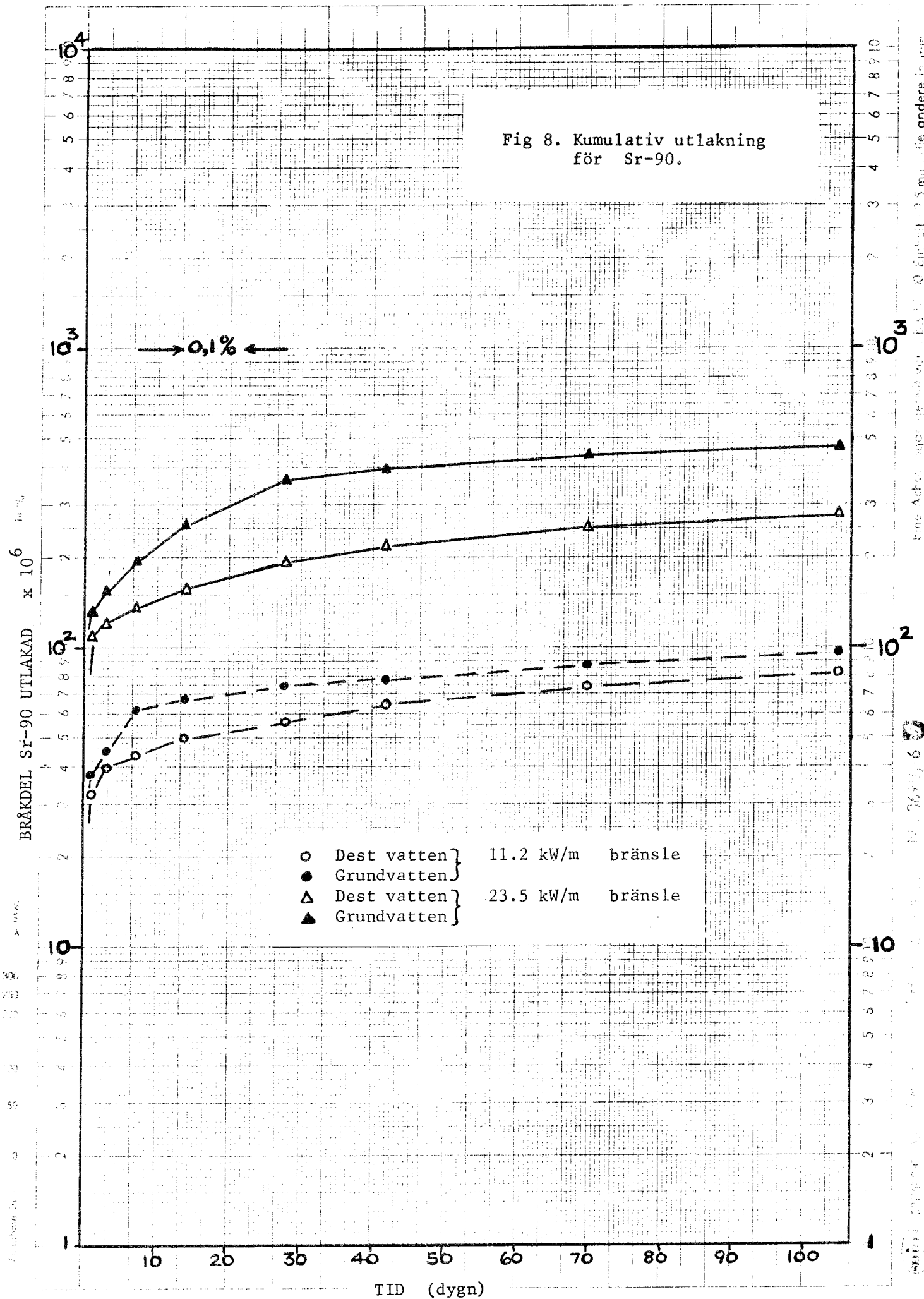
Fig 5. Utlakningshastighet för Cs-137. Enhet: 62,5 mm, die andere in mm.

Nr. 267/10 U



No. 3691:6
 1969





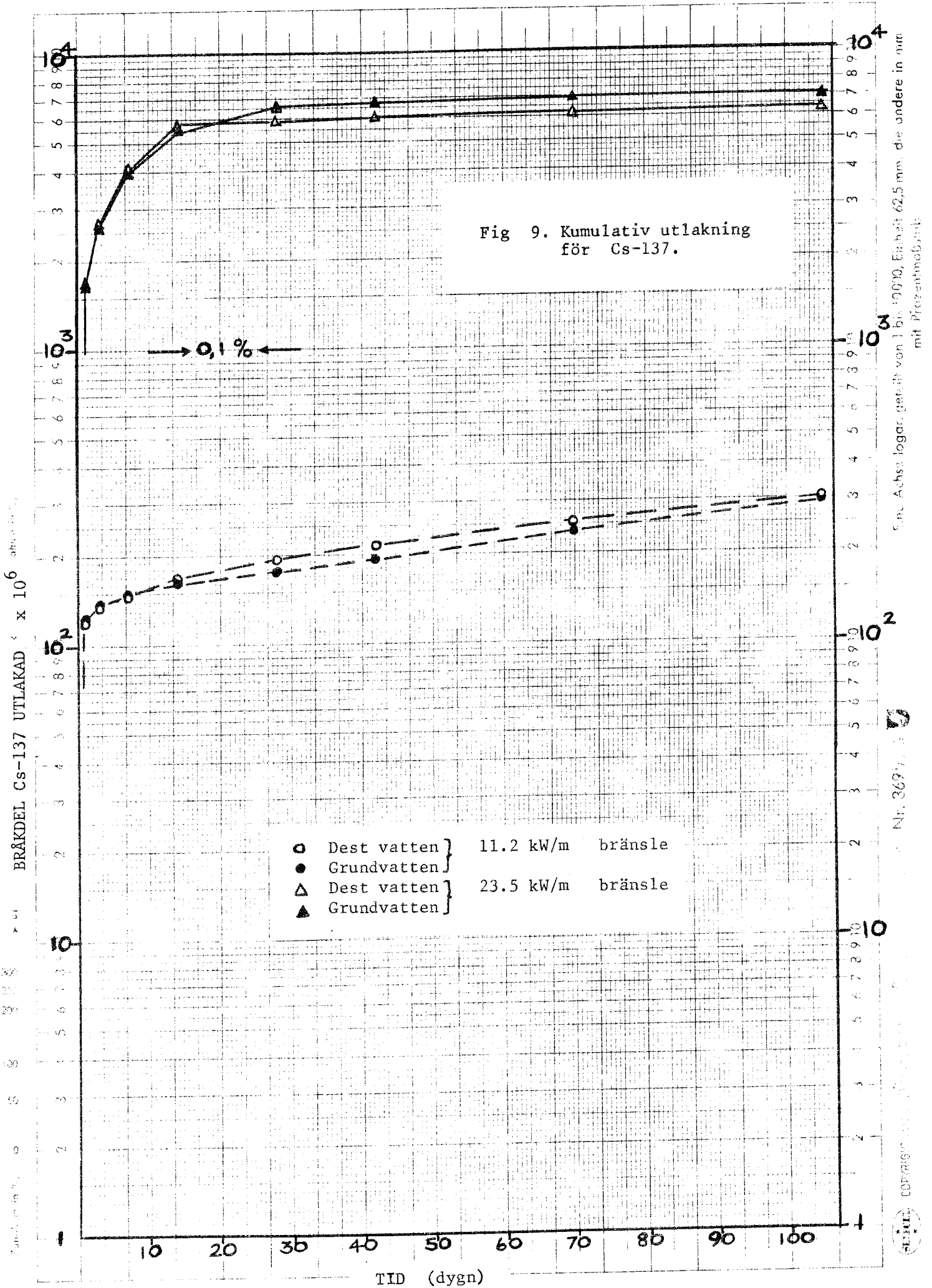
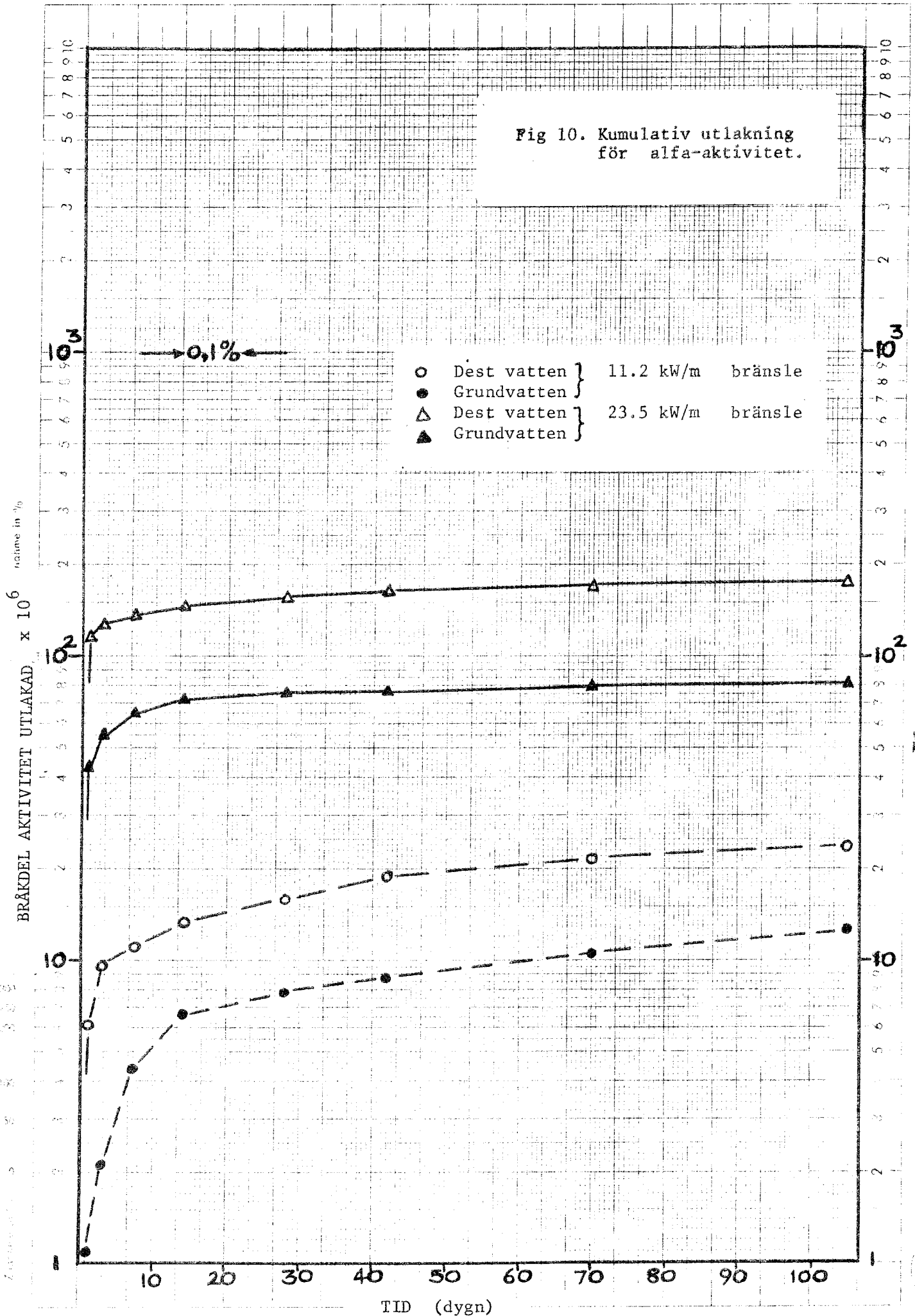


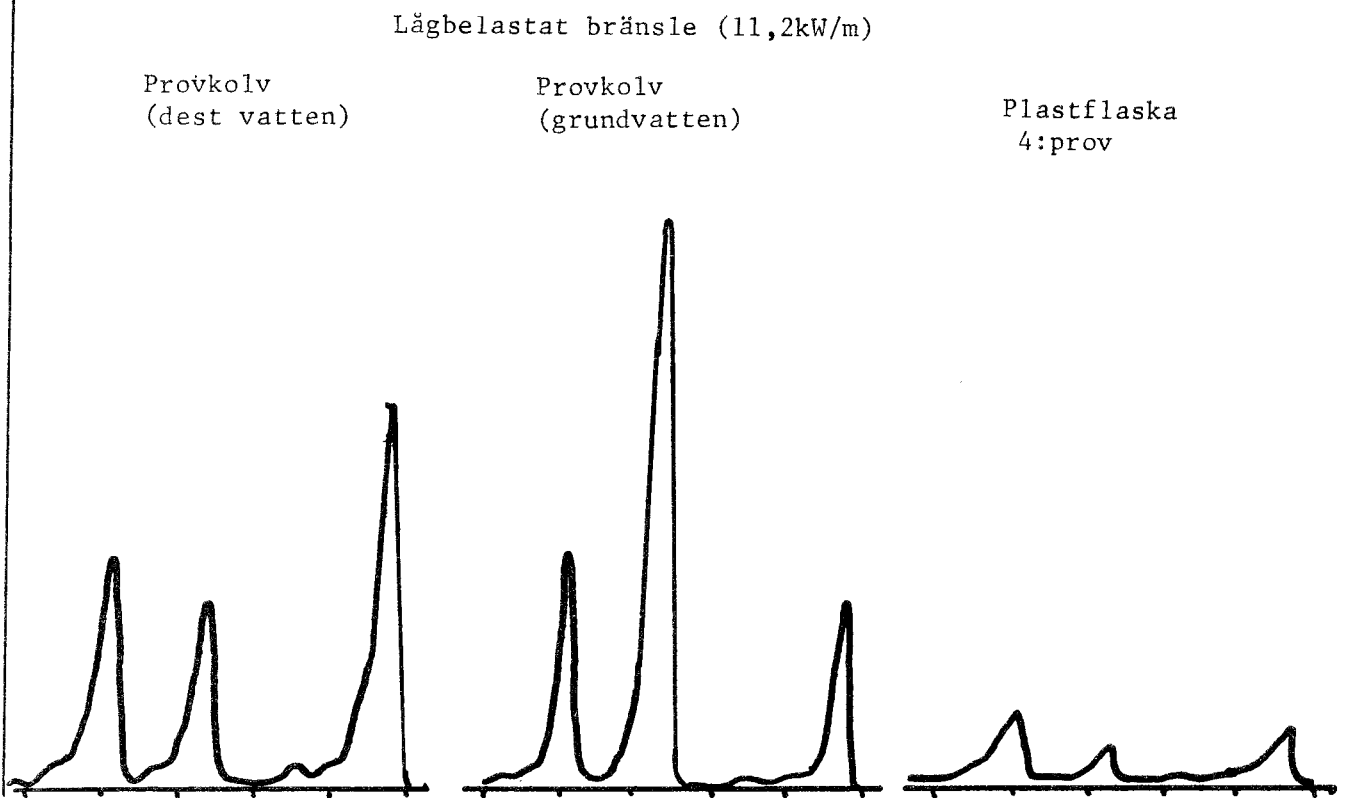
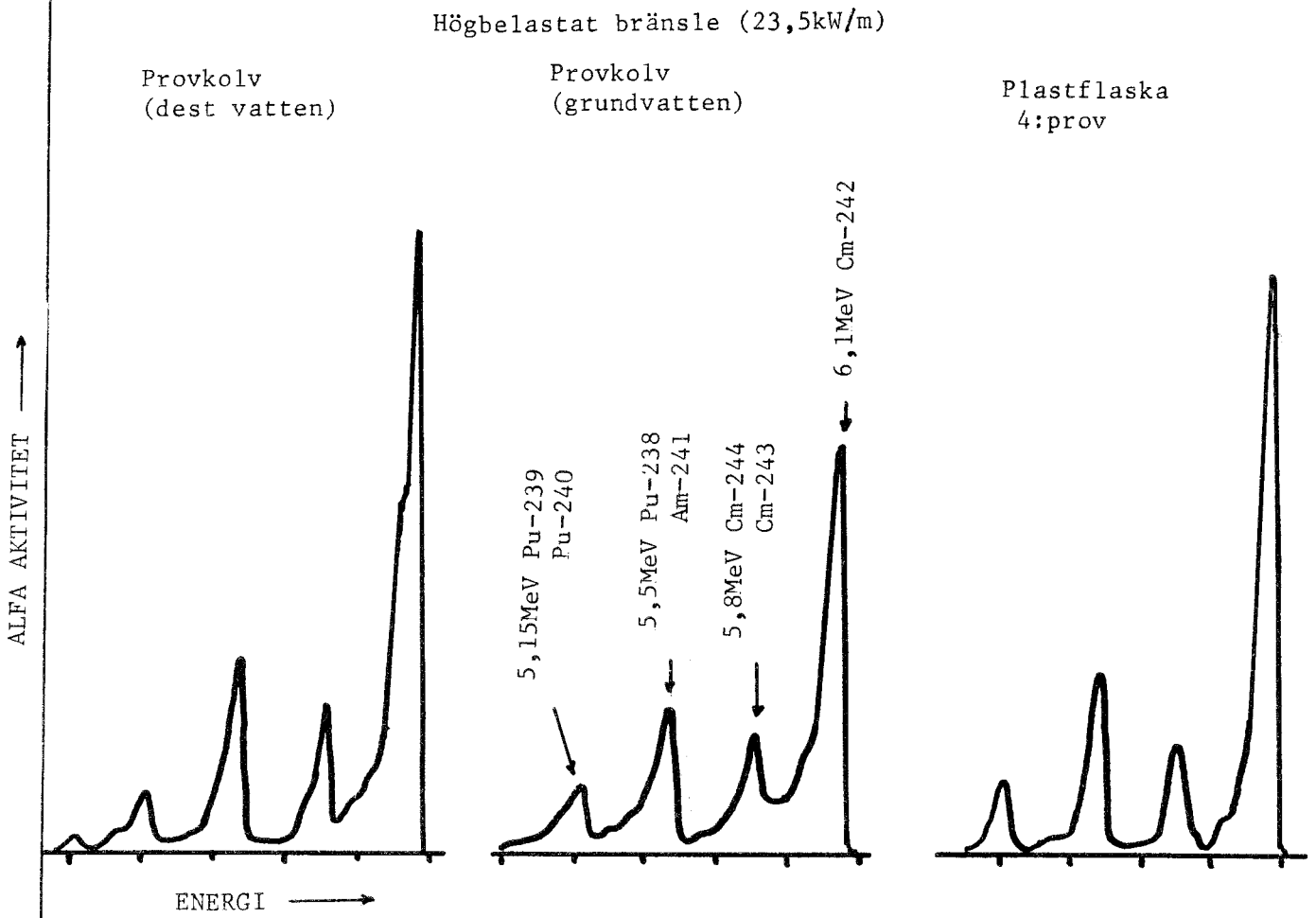
Fig 10. Kumulativ utlakning för alfa-aktivitet.



The above figure is based on a calculation with a unit of 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab.

Fig 11. Tvättlösningar:
alfa spektra.

TPM-BL-133 (REV)
1978.02.24.



- 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
Hageconsult 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 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 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 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 borrhålmätning
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 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
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