

RADONMÆLINGAR Í KRÖFLU OG NÁMAFJALLI ÁRIÐ 1977

Halldór Ármannsson

1978

RADONMÆLINGAR Í KRÖFLU OG NÁMAFJALLI ÁRÍÐ 1977

I. Inngangur. Á árinu 1977 var safnað allmörgum sýnum til radongreininga í Kröflu og Námafjalli sem liður í viðtakari athugunum á vegum Egils Haukssonar.

II. Viðmiðun. Prófanir leiddu í ljós, að hverfandi radonmagn er til staðar í vatnsfasa gufuborhola. Er styrkur radons því miðaður við það magn, sem upp kemur með hverju kg þéttivatns

p.e. $[R] = h \times g + p$, þar sem

$[R] = \text{dpm Rn/kg þéttivatns}$

$h = \text{l gas/kg þéttivatns}$

$g = \text{dpm Rn/l gas}$

$p = \text{dpm Rn/kg þéttivatns.}$

Þannig fengin gildi eru notuð í þeim töflum og línuritum, sem fara hér á eftir.

III. Niðurstöður. Niðurstöður radongreininga sýna úr borholum í Kröflu og Námafjalli eru skráðar í töflu I, ásamt öðrum stærðum, er geta haft áhrif á radonstyrk.

IV. Hlutfallið lítrar gas/kg þéttivatns (h)

IV-1 Um Söfnun sýna. Í fyrstu var sýnum safnað í lofttæmdar, fyrirfram vegnar flöskur. Mælingu á gasrúmmáli og vigtun þess þéttivatns, sem þannig safnaðist, var þá unnt að nota til að finna ofangreint hlutfall (h). Þessi aðferð reyndist fremur óhentug í framkvæmd, og tví-tökum ber ekki saman varðandi hlutfallið h. Var því horfið að því ráði að fylla eina flösku þéttivatni og aðra gasi, en ákveða hlutfallið h sérstaklega. Í fyrstu var hlutfall þetta ekki ákveðið á hvert skipti, sem sýni var tekið, en tölur um það frá svipuðum tíma notaðar við reikninga. Þá er gert ráð fyrir, að hlutfallið sé stöðugt frá degi til dags í hverri holu. Reynslan hefur sýnt, að svo er ekki (Sjá t.d. mynd 1.). Í töflu I, eru gildi fengin án þess að h hafi verið mælt við sýnatöku, höfð í sviga. (Lág h gildi (< 5) eru fengin með rúmmáls-

mælingu, en há reiknuð frá niðurstöðum efnagreininga aðalgastegunda).

IV-2. Áhrif vatnsblöndunar. Blandist vökvafasi gufufasa við skiljun, verður þéttivatnið ómettað með tilliti til gass, og leysin gös eins og koldíoxíð og brennisteinsvætni, sem eru meðal aðalgasa í borholulofti, leysast í því. Getur þá mælt h hlutfall lækkað verulega. Radon er hins vegar torleyst og situr að miklu leyti eftir í gasfasa. Slíkan meðburð vatns er unnt að mæla með ákvörðun órokjarns efnis í vökva og gufufasa. Við athuganir í Kröflu og Námafjalli hefur natrium yfirleitt verið ákvarðað í þessu skyni. Natriumákvarðanir eru einungis til á sumum þeirra sýna, sem radon hefur verið mælt í. Niðurstöður þeirra eru í töflu I. Í töflu II eru svo tekin út sýni, þar sem veruleg vatnsblöndun hefur orðið, og borið saman við sýni tekin úr sömu holum um svipað leyti. Kemur þar fram, að áhrif vatnsblöndunar geta verið veruleg. Sama er uppi á teningnum, ef athugaðar eru niðurstöður greininga á sýnum úr KJ-9, sem tekin voru 1977-09-24 (er henni var hleypt upp eftir dýpkun). Vökvar og gufufasar voru þá ekki aðskildir, og fást greinilega miklu lægri radongildi en ella.

Athugun á töflu I leiðir í ljós, að slíkra áhrifa gætir ekki, ef meðburður er minni en 5%. Það er tiltölulega sjaldgæft, að hann sé meiri, svo að líkur á því, að röng gildi hafi fengist þegar meðburður var ekki mældur, eru ekki miklar, þó að slíkt sé alls ekki útilokað og rétt sé að fara með slíkar niðurstöður af varúð.

V. Samánburður á radonstyrk og heildargasmagni. Á mynd 2,3 og 4 má sjá að póstíf fylgni virðist vera milli radonstyrks og heildargasmagns í sýnum úr holum BG-10, KG-8 og KJ-7 (einu afbrigðilegu sýni, KRA1200, úr KJ-7, er sleppt, en í því tilviki getur verið um ójafnvægisástand að ræða, þ.e. veruleg gasminnkun hafði orðið, en ekki er víst að radonstyrkur hafi náð að minnka jafn ört). Hins vegar má benda á, að engin breyting varð á radonstyrk í KJ-9 við dýpkun, þó að gas ykist verulega. Ekki er til fullkomið sýni úr KJ-11, þegar hún hefur blásið eingöngu á efra kerfi, en þær upplýsingar, sem liggja fyrir, sýna, að radonstyrkur minnkar a.m.k. ekkert í líkingu við gasmagn við slíka breytingu.

VI. Breytingar á radonstyrk með tíma. Tímabundnar sveiflur radonstyrks koma fram í sýnum úr holum, sem reglulega hefur verið fylgst með. Venjulega eru slíkar sveiflur samfara auknu gasmagni (sbr. V.). Slík aukning getur stafað af umbrotum. Radonstyrkur í sýnum úr holum KG-8 og BG-10 frá júní-desember 1977 er sýndur á mynd 5. Sést þar, að í báðum þessum holum eykst radonstyrkur skömmu eftir umbrot þau, er hófust 1977-09-08. (sbr. þó varnagla í IV-2, þar eð vatnsblöndun þéttivatns var ekki mæld í öllum tilvikum). Verulegrar aukningar á gasmagni og radonstyrk varð vart í sýnum teknum úr KJ-7 eftir hreinsun. Síðan minnkaði gasmagn nokkuð en radonstyrkur ekki (sbr. VI). Þess má geta, að eldsumbrotin í september urðu, meðan holan var lokað vegna hreinsunar.

VII. Munur á holum.

VII-1 Kröflusvæðið. Radonstyrkur er breytilegur milli hola, og virðist gasmagn ekki ráða þeim mun. Í töflu III er gerð tilraun til flokkunar hola eftir radonstyrk. Kemur í ljós, að í sýnum úr KJ-11, sem er gasrík hola er radonstyrkur lítill. Eins og fram hefur komið hér að framan jókst ekki radonstyrkur í sýnum úr KJ-9 eftir dýpkun, sem leiddi til mikillar gasaukningar. Hins vegar eru þar tvær holur, KJ-7 og KGJ-10, sem gáfu af sér radonríkustu sýnin, báðar mjög gasríkar blandholur. Þar skera sig einnig úr fyrir það, að í neðra kerfi þeirra myndast sérstaðar, járnkenndar útfellingar. Flokkun annarra hola er öruggt að skýra með hliðsjón af þekktum eðlis- og efnafræðilegum eiginleikum. Má þó geta nokkurra hugmynda. Ein er sú, að dýpst vatnsæða geti valdið miklu um radonstyrk. Talið er, að yökvasa þurfi til að skola radon úr bergi. Því er við litlu radoni að búast, þar sem þurr gufa er ráðandi. Athuganir hafa t.d. bent til þess, að neðra kerfi KJ-11 sé svo til eingöngu þurr gufa, og gæti það skýrt lágan radonstyrk sýna úr þeirri holu. Einnig er talið, að lekt geti haft áhrif. Nánd við kykúpró gæti einnig haft áhrif. Með tilliti til hringstreymislíkans af efra kerfi svæðisins má segja, að mestur radonstyrkur komi fram í miðju hringstreymisins (og þar með borsvæðisins). Minnki hann síðan snarlega en aukist aftur við jöðra svæðisins (uppstreymi og niðurstreymi).

VII-2 Námafjallssvæðið. Ekki er verulegur munur á radonstyrk sýna frá mismunandi holum í Bjarnarflagi. Miðað við Kröflusvæðið er radonstyrkur í þeim lítil.

VIII. Ályktanir. Í höfuðdráttum virðist staðsetning ráða mestu um radonstyrk, en ekki er ljóst hvaða þáttur eða þættir það eru, sem því valda. Radonstyrkur sýna úr einstökum holum getur síðan sveiflast tímabundið, og virðist sú sveifla tengd sveiflum í gasmagni, sem stundum stafa af breytingum vegna eldsumbrota.

IX. Hverir og gufuaugu. Radon hefur verið ákvarðað í nokkrum sýnum frá hverum og gufuaugum á Kröflusvæðinu. Helstu niðurstöður eru í töflu V. Markverðast er, að meiri radonstyrkur kemur fram í sýnum frá uppstreymissvæðinu nálægt Hveragili en í Leirhnúk og sunnan Vítis.

Halldór Ármannson.

Tafla I Radonmælingar í borholum í Kröflu og Námafjalli 1977,
 ásamt upplýsingum um rákameðburð í þéttivatni.

Sýni nr.	Hola nr.	Dags:	Rn222 dpm/kg þéttiv.	Rn222 dpm/l gas	1 gas/ kg þéttiv.	dpm/ kg þéttiv.	Nap ppm	Meðburður %
KRAD1161	KW-1	1977-08-30	303	756	3,28	2783	0,61	0,32
KRA	KW-2	1977-06-28			0,647	1324		
KRA1148	KW-2	1977-07-17			0,57	1672	1,08	0,55
KRA1002	KJ-6	1977-01-05		163	0,95	155		
KRA1113	KJ-6	1977-05-21	74,4	129	9,52	1302	11,7	6,22
KRA1032	KJ-7	1977-03-02		168	26,6	4735	1,67	0,80
KRA	KJ-7	1977-05-22	21,1	238	(20,81)	4974		
KRA1137	KJ-7	1977-06-24		260,5	23,37	6088	3,50	1,39
KRA	KJ-7	1977-07-03		232	(23,37)	5422		
KRA1146	KJ-7	1977-07-12	48,1	221	27,41	6106	0,93	0,42
KRA1190	KJ-7	1977-10-20	48	167	48,9	8214	0,98	0,47
KRA1194	KJ-7	1977-10-29	70	175	45,9	8102	0,70	0,34
KRA1200	KJ-7	1977-11-17	ekki mælt	320	30,5	89760	0,79	0,42
KRA	KG-8	1977-01-05			(0,14)	1060		
KRA -1	KG-8	1977-06-17	512	3682	(0,158)	1094		

Ma A

Sýni nr.	Hola nr.	Dags.	Rn222 dpm/kg þéttiv.	Rn222 dpm/l gas	1 gas/ kg þéttiv.	dpm/ kg þéttiv.	Nap ppm	Meðburður %	Aths.
KRA -	KG-8	1977-06-24	728	3502	(0,21)	1463			
KRA -	KG-8	1977-07-02	827	4986	(0,274)	2193			
KRA -	KG-8	1977-07-03	637	3032	(0,274)	1468			
KRA -	KG-8	1977-07-08	999	4305	(0,274)	2179			
KRA -	KG-8	1977-07-15	1024	5685	(0,27)	2582			
KRA1151	KG-8	1977-07-28	1041	4423	0,27	2235	1,65	0,79	
KRA -	KG-8	1977-08-06	1006	4025	(0,27)	2093			
KRA1157	KG-8	1977-08-21	837	4419	0,187	1663			
KRA1167	KG-8	1977-09-08	1390	3470	0,261	2296			
KRA1169	KG-8	1977-09-11	1464	4767	0,29	2846			
KRA -	KG-8	1977-09-15	888	5102	0,292	2378			
KRA -	KJ-9	1977-06-28	285	1461	(1,12)	1921			
KRA1150	KJ-9	1977-07-23	273	1250	1,57	2236	1,44	0,65	
KRA1173	KJ-9	1977-09-24	(120)						kl. 10 ¹⁵
KRA1174	KJ-9	1977-09-24			(1,38)	(210)			kl. 14 ⁴⁵
KRA1176	KJ-9	1977-09-24			(4,12)	(387)			kl. 16 ⁵⁰
KRA1175	KJ-9	1977-09-24			(2,82)	(351)			kl. 21 ²⁸
KRA1182	KJ-9	1977-10-11	58	118,7	18,4	2242	2,0	1,18	
KRA1206	KJ-9	1977-12-06	ekki mælt	120	16,2	1944	1,83	0,98	

Sýni nr.	Hola nr.	Dags:	Rn.222 dpm/kg þéttiv.	Rn.222 dpm/1 gas	1 gas/ kg þéttiv.	dpm/ kg þéttiv.	Na þ. ppm	Meðburður %
KRA1193	KGJ-10	1977-10-26	ekki mælt	228	112,5	25,650	21,0	10,9
KRA1201	KGJ-10	1977-11-18	ekki mælt	330	63,3	20,890	1,28	0,90
KRA -	KJ-11	1977-05-22	28,7	47,3	(31,8)	1533		
KRA -	KJ-11	1977-06-28	ekki mælt	71,2	(14,98)	1066		
KRA1147	KJ-11	1977-07-12	20,6	68,9	16,51	1158	1,86	0,93
KRA1158	KJ-11	1977-08-24	23,4	62,4	6,34	419	105	57,5
KRA1166	KJ-11	1977-09-08	6,78	70,8	17,0	1210		
KRA1171	KJ-11	1977-09-12	12,5	48,0	24,7	1198		
KRA -	KJ-11	1977-09-15	9,3	66,2	(24,7)	(1644)		
KRA1177	KJ-11	1977-11-05	443	ekki mælt	0,0585	8443	1,89	1,24
KRA1205	KJ-11	1977-12-05			9,2	>567	1,04	0,48
NÁM1183	B-4	1977-10-12	40	207	8,1	1717	1,4	0,79
NÁM -	B-6	1977-01-05		92,0	(0,968)	89,1		
NÁM1134	B-6	1977-06-17	56,6	318	2,86	966	0,22	0,11
NÁM -	B-6	1977-06-25	47,5	369	(2,86)	1103		
NÁM -	B-6	1977-07-02	158	403	(3,17)	1436		
NÁM1144	B-6	1977-07-08	69,6	301	(3,17)	1024	0,48	0,22
NÁM1207	B-6	1977-12-08	90	380	3,8	1534	0,50	ekki til

vökyafasi

Sýni nr.	Hola nr.	Dags:	Rn222 dpm/kg	Rn222 dpm/l gas	1 gas/ kg þéttiv.	dpm/ kg þéttiv.	Na p ppm	Meðburður %
NÁM -	B-7	1977-06-17	149	954	(1,67)	1742		
NÁM -	B-7	1977-06-25	160	1010	(1,67)	1847		
NÁM -	B-7	1977-07-02	1048	710	(1,67)	2219		
NÁM -	B-7	1977-07-08	210	991	(1,67)	1865		
NÁM -	BG-10	1977-01-05			0,798	166		
NÁM1114	BG-10	1977-05-22		410	0,87	348	93,3	41,5
NÁM1135	BG-10	1977-06-17	52,8	367	2,97	1143	0,42	0,21
NÁM -	BG-10	1977-06-25	53,9	405	(2,97)	1257,		
NÁM -	BG-10	1977-07-02	76,0	418	(2,36)	1062		
NÁM1145	BG-10	1977-07-08	56,0	286	2,36	731	0,48	0,23
NÁM1149	BG-10	1977-07-22	50,8	379	1,72	703	0,48	0,25
NÁM1153	BG-10	1977-08-05	61,7	423	1,57	726	1,45	0,76
NÁM1164	BG-10	1977-08-31	60,3		1,92		0,60	0,32
NÁM1168	BG-10	1977-09-09	84,8	342	2,00	769	1,1	0,55
NÁM1170	BG-10	1977-09-11	82,1	382	1,90	808		
NÁM -	BG-10	1977-09-16	69,9					
NÁM1172	BG-10	1977-09-23	226	312	3,90	1443	7,3	3,56
NÁM1184	BG-10	1977-10-13	201	529	1,24	857	3,74	1,99
NÁM1197	BG-10	1977-11-04	145	564	1,18	812	0,56	0,32
NÁM1208	BG-10	1977-12-08	95	555	1,90	1150	0,68	0,33

Tafla II Ahrif rakameðburðar á gas-péttivatns-hlutfall og Rn-styrk.

Hola nr.	Dagsetning	Meðburður %	h (l gas/kg péttiv)	Rn dpm/kg péttiv.
KJ-11	1977-07-12	0,93	16,51	1158
	1977-08-24	57,5	6,34	419
	1977-09-08	ekki mælt	17,0	1210
BG-10	1977-05-11	0,69	2,04	ekki mælt
	1977-05-22	41,5	0,87	348
	1977-06-17	0,21	2,97	1143
	1977-08-07	0,23	2,36	731
	1977-09-23	3,56	3,90	1443

Tafla III Flokkun hola eftir radonstyrk sýna.

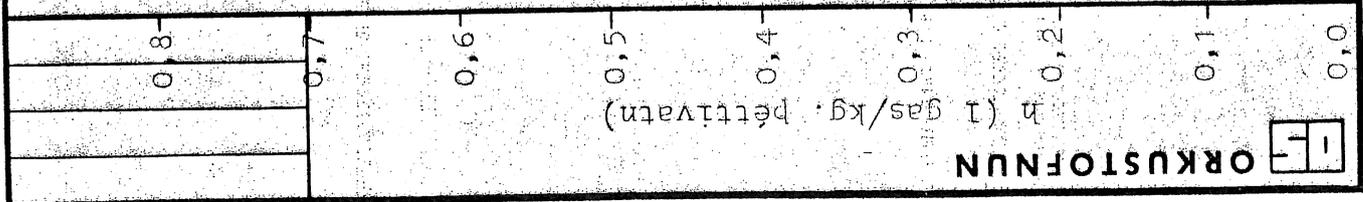
Rn $\frac{\text{dpm}}{\text{kg}} \text{ þéttivatn}$	Holur
< 2000	KW-2, KJ-6, KJ-11, Námafjallsholur
2000-3000	KW-1, KG-8, KJ-9
> 5000	KJ-7, KGJ-10

Tafla IV

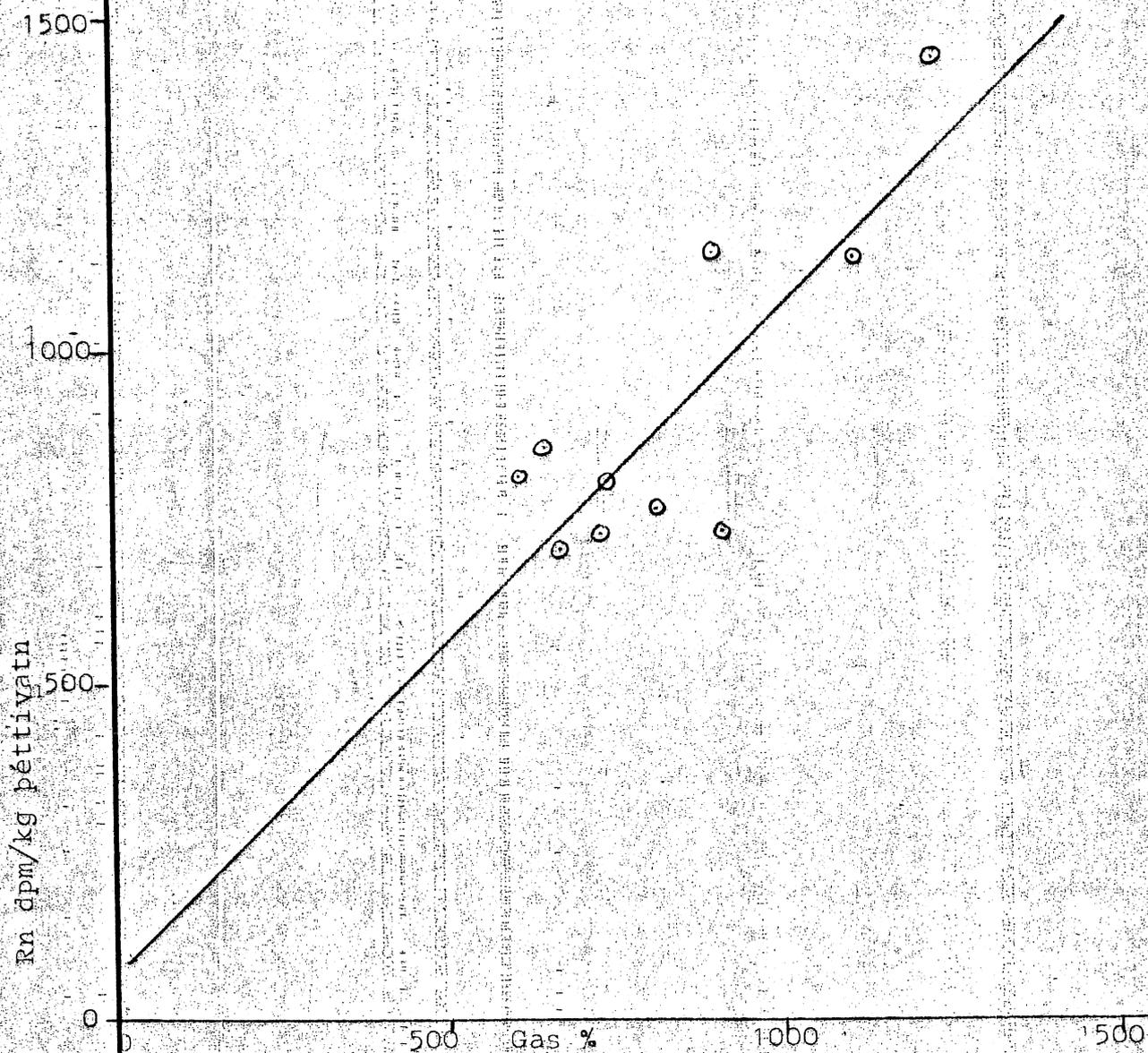
Niðurstöður radonmælinga á sýnum úr hverum og gífuaugum á Kröflusvæðinu.

Staður	Tegund	Dagsetning	Rn ²²² dpm/kg vökva	Rn ²²² dpm/1 gas	1 gas kg vökva	Rn ²²² dpm/kg vökva
Leirhnúkur	Gífuauga	1977-06-16	76,7	428 456	42,3	18,800
- " -	- " -	1977-08-16	54,8	430		
Sunnan Hveragils	- " -	1977-06-17	219	3106 2125	18,2	47,800
- " -	- " -	1977-08-16	272	2171	33,5	73,000
Sunnan Vítis	- " -	1977-06-16	66,2	490 540	51,9	26,800
- " -	- " -	1977-08-16	63,4	481	44,8	21,600
Nína Leirhnúk	Hver	1977-08-16		8,55		

Mynd 1. Breytingar á hlutfallinu, h (1 gas/kg. þéttivatn) í sýnum úr holu KG-8 á tímabilinu nóvember 1976 - september 1977.



Nóv. Des. Jan. Feb. Marz Apríl Mái Júní Júlí Agúst Sept.

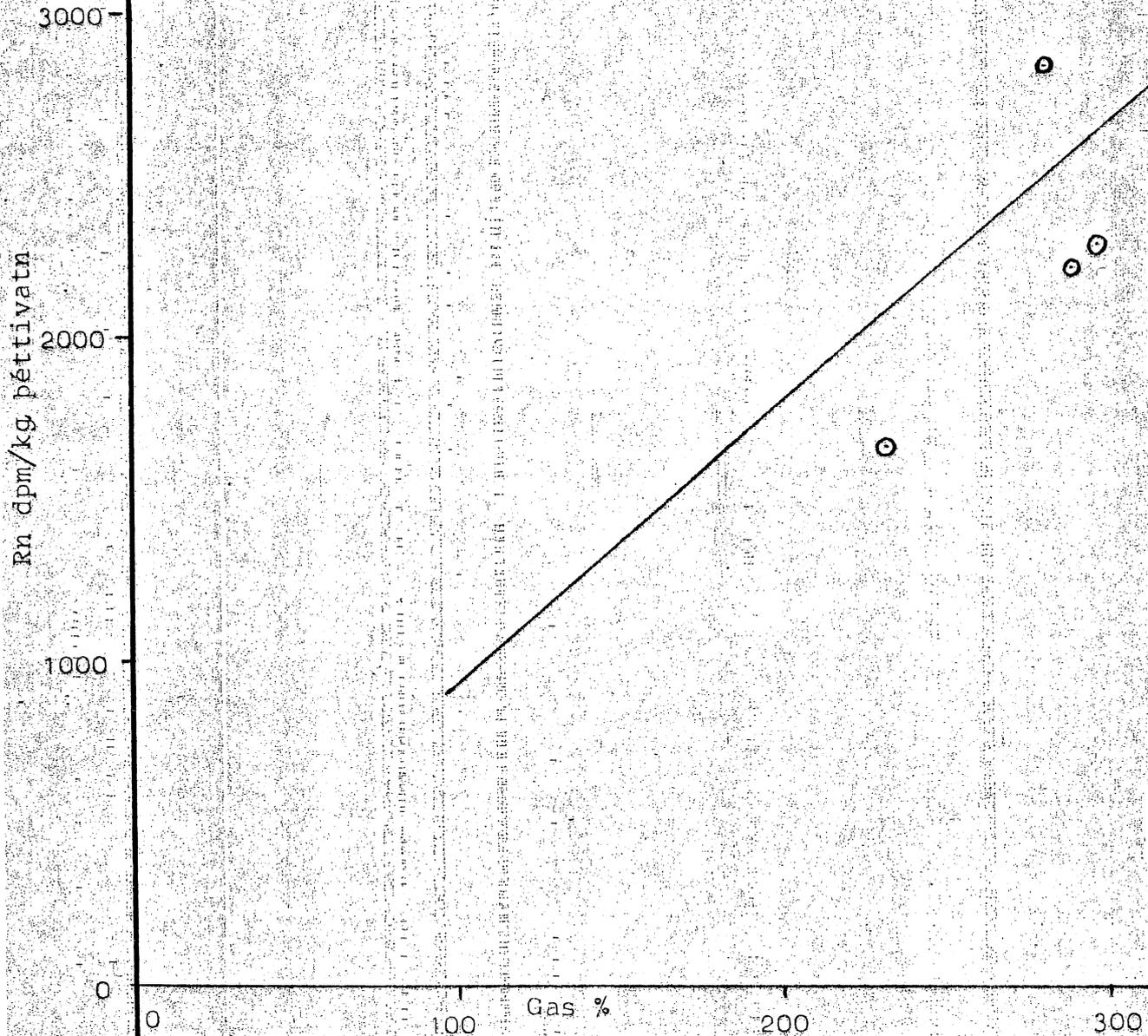


Mynd 2. Radonstyrkur og heildargasmagn í sýnum frá holu BG-10,

júní-deseember 1977.

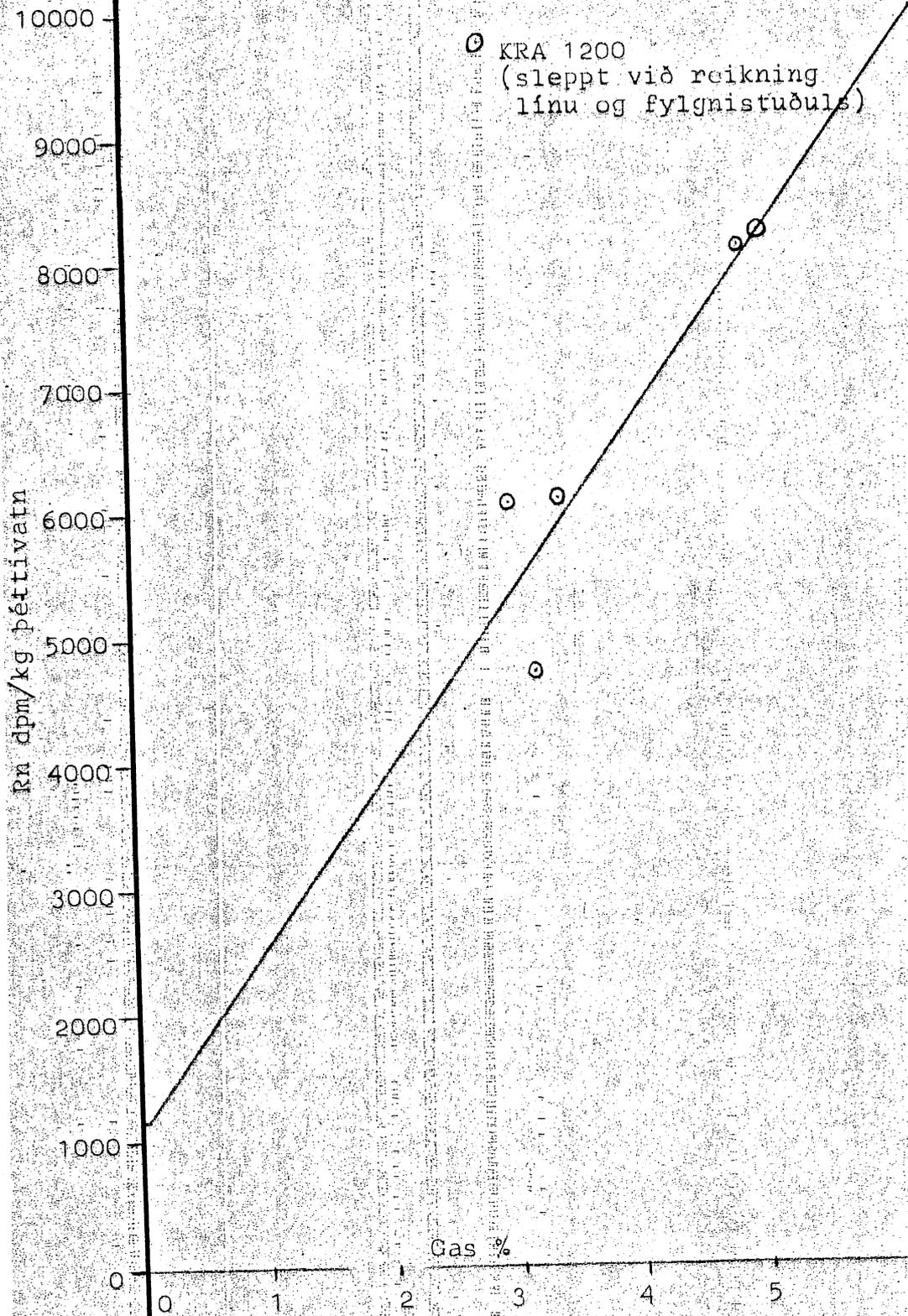
Fylgnistuðull, $r=0,82$ ($n=10$)





Mynd 3. Radonstyrkur og heildargasmagn í sýnum frá holu KG-8, júlí-september 1977.

Fylgnistuðull, $r=0,70$ ($n=4$)



Mynd 4. Radonstyrkur og heildargasmagn í sýnum frá holu KJ-7,

marz-nóvember 1977.

Fylgnistuðull, $r=0,92$ ($n=5$)