

## Lektarmælingar á bergsýnum

**Valgarður Stefánsson**

**Greinargerð VS-94-03**

## Lektarmælingar á bergsýnum

### Inngangur

Í verkþættinum *Forðafræðistuðlar*, sem er hluti af verkefninu *Samþókn jarðhita til raforkuvinnslu*, er safnað upplýsingum um forðafræðilega eiginleika íslensks bergs. Ætlunin er að koma upp vísi að gagnabanka um forðafræðistuðla íslensks bergs. Nú stendur yfir athugun á sýnum úr rofnum megineldstöðvum m.a. til þess að fá fram hvaða áhrif ummyndun hefur á forðafræðilega eiginleika bergsins.

Gerðar hafa verið mælingar á 226 bergsýnum hjá Core Laboratories U.K., Ltd. í Aberdeen. Mældar stærðir eru:

- ▶ Lekt mæld með lofti (gasi), óleiðrétt (air permeability)
- ▶ Lekt mæld með lofti (gasi), með Klinkenberg leiðréttingu (Klinkenberg permeability)
- ▶ Lekt mæld með vatni (water permeability)
- ▶ Virkur poruhluti (effective porosity)
- ▶ Virk bergeðlisþyngd (effective grain density)
- ▶ Heildar poruhluti (total porosity)
- ▶ Heildar bergeðlisþyngd (total grain density)

Þar sem seigja lofts er um fjórum stærðargráðum lægri en seigja vatns tekur mun styttri tíma að mæla lekt bergs með lofti en með vatni. Mælingar á lekt með vatni eru m.a. af þessum sökum um 10-30 sinnum dýrari en mælingar á lekt með lofti. Auk þess eru uppgefin neðri mælanleg mörk lektar lægri ef loft er notað við mælingarnar heldur en þegar mælingarnar eru gerðar með vatni. Ef lekt bergsins er minni en 0,1-0,01 mD eru lektarmælingar með vatni tveimur stærðargráðum dýrari en lektarmælingar með lofti. Core Laboratories gefur upp 0,001 mD sem neðri mörk í mælingum ef loft er notað, en 0,01 mD ef vatn er notað. Ef svo kölluð Klinkenberg leiðrétting er notuð á lekt, mæld með lofti, eiga niðurstöður á lekt bergs að vera þær sömu hvort sem loft eða vatn er notað við mælingarnar. Lekt er efniseiginleiki, óháður því hvaða vökvi streymir um viðkomandi efni (berg). Til þess að sannreyna þetta var í upphafi ákveðið að mæla lekt með lofti á öllum sýnum, en mæla einnig lekt með vatni á völdum sýnum. Ætlunin var að sannreyna þannig að mælingar á lekt með lofti gæfu marktækar niðurstöður um lekt bergsins og að enginn munur væri á þeim gildum sem fást með notkun mismunandi vökva við mælingarnar. Ef svo ólíklega vildi til að það kæmi fram munur á lekt mæld með lofti og vatni, var talið að með því að hafa mælingar á vissum fjölda sýna þar sem báðir vökvar eru notaðir, væri hægt að fá fram marktækt kvörðunarsamband á milli aðferðanna tveggja. Þetta voru taldar nægar varúðarráðstafanir til þess að tryggja það að áreiðanlegar mælingar á berglekt fengust fyrir öll sýnin.

Reyndin varð nokkuð frábrugðin því sem gert var ráð fyrir í upphafi og fjallar þessi greinargerð um samanburð á lekt bergs mælt með vatni og lofti.

### **Niðurstöður mælinga**

Af þeim 226 sýnum sem send hafa verið til mælinga var reynt að mæla vatnslekt á 53 sýnum, eða á 23,4% af sýnum. Af þessum 53 sýnum reyndist ekki hægt að ná mælingu á um það bil helming sýnanna fyrst og fremst vegna þess að berglektin var lægri en uppgefin neðri mörk hjá rannsóknarstofunni (0,01 mD). Fyrir liggja því niðurstöður mælinga á 27 sýnum þar sem berglektin hefur verið mæld bæði með lofti og vatni. Meðfylgjandi tafla sýnir mæliniðurstöður þeirra sýna þar sem berglektin hefur verið mæld bæði með vatni og lofti.

Þrír öftustu dálkarnir í töflunni sýna hlutföll lektargildanna, sem mæld hafa verið. Lekt mæld með lofti er mun hærri en samsvarandi gildi mæld með vatni. Að meðaltali eru gildin með Klinkenberg leiðréttingu sex sinnum hærri en gildi mæld með vatni. Dreifing mæligilda er mjög veruleg og er meðalfrávik stærra en meðaltal gildanna. Það þýðir að tölfræðilega er ekki munur á lektargildum mældum með lofti og lektargildum mældum með vatni.

Til þess að gefa betra yfirlit um mæliniðurstöður voru gerðar tvær myndir. Fyrri myndin sýnir samband á milli lektargilda mældum með vatni og lektargilda mældum með lofti og með Klinkenberg leiðréttingu. Sú mynd er gerð með logatímiskum skala, enda spanna mæligildin sex stærðargráður. Inn á þá mynd er teiknuð rauð lína sem fellur best að mælipunktum miðað við skölun á ásum. Seinni myndin sýnir dreifingu á hlutfalli lektargilda mældu með lofti (með og án Klinkenberg leiðréttingu) og lektargilda mældu með vatni. Dreifingunni er skipt niður á bil sem stækka um stuðulinn tvo upp á við frá gildinu 1, en minnka um stuðulinn tvo niður á við frá gildinu einn. Ef Klinkenberg lekt er sú sama og lekt mæld með vatni ætti þessi dreiging að vera samhverf um gildið einn. Myndin sýnir hins vegar að í flestum tilvikum er þetta hlutfall stærra en einn. Þessi niðurstaða bendir til að það sé einhver kerfisbundin skekkja í mælingunum. Lekt mæld með lofti virðist vera kerfisbundið hærri en lekt mæld með vatni. Gögnin virðast gefa þessa niðurstaðu, jafn vel þó dreifing í hlutfalli mæligilda sé tvær stærðargráður upp fyrir og tvær stærðargráður niður fyrir væntanlegt gildi, eða með öðrum orðum að það eru vel mælanlegar líkur á því að lekt mæld með lofti geti verið hundrað sinnum stærra eða hundrað sinnum minni en lekt mæld með vatni.

### **Umræða**

Það er vitað mál að rannsóknastofan í Aberdeen fylgdi ekki alltaf fyrirmælum okkar um að mæla lekt með vatni og lofti á sama sýninu. Fyrir tilviljun fengum við upplýsingar um að í einhverjum tilvikum hefði sýninu verið skipt í tvo hluta og lekt mæld með vatni á öðrum hluta sýnisins, en lekt mæld með lofti á hinum hluta sýnisins. Eftir aðfinnslur frá okkur, endurmældi stofan sýnin, þannig að uppgefin gildi eiga að gilda fyrir sama sýnið. Hins vegar höfum við enga yfirsýn yfir aðgerðir rannsóknarstofunnar og getum því ekki útilokað að einhverjar aðrar aðgerðir hafi verið gerðar án okkar vitundar.

Til þess að fá betri vitneskju um áreiðanleika mælinga Core Laboratories var rannsóknarstofan látin mæla 9 sýni í tvítaki, þ.e. hverju sýni var skipt í tvo hluta og mælingar gerðar á báðum hlutum. Niðurstöður þeirra mælinga eru þessar:

Auk þeirra stærða sem gefin eru í töflunni var reynt að mæla lekt með vatni á sýnum H130 II, E28 I, E28 II og S22 II. Í öllum tilvikum var reyndist lektargildið vera  $<0,01$  mD.

Af þeim stærðum sem gefnar eru í töflu hér að ofan eru breytingar áberandi minnstar fyrir bergeðlisþyngd (grain density), en áberandi mestar fyrir lektargildin. Að meðaltali er hlutfallslegur munur á bergeðlisþyngdargildum innan við 1%, en hlutfallslegur munur á lektargildum er að meðaltali stærri en 50%. Hlutfallslegur munur á poruhlutagildum er á milli þessarar jaðarvika og er að meðaltali um 20% í töflunni.

Tvö atriði hafa áhrif á mun mæligilda í töflunni hér að ofan. Annars vegar áreiðanleiki mæliaðferða og hins vegar misleitni (inhomogeneity) bergsins. Á þessu stigi máls má álykta að bergið sé einsleitt (homogen) í bergeðlisþyngd og að mæliaðferð við bergeðlisþyngdarmælingar sé tiltölulega áreiðanleg, ef miðað er við 1% mælinákvæmni. Hins vegar liggur ekki fyrir hvort munurinn í poruhluta- og lektarmælingum stafar af því að bergið sé misleitt í poruhluta og lekt eða af því að mæliaðferðirnar séu óáreiðanlegar.

Það þarf ekki mælingar á rannsóknarstofu til þess að sjá það að poruhluti bergs getur breyst verulega á nokkurra sentimetra bili í berginu. Menn halda einnig að bergið sé jafn vel misleitara í lekt heldur en í poruhluta. Það er því trúlegt að munurinn í mæligildum sem kemur fram í töflu hér að ofan stafi að einhverju (eða öllu) leyti af misleitni bergsins í poruhluta og lekt. Hins vegar væri það æskilegt að geta greint að hve miklu leyti munurinn stafar af eiginleikum bergsins og að hve miklu leyti frá eiginleikum mæliaðferða.

### **Framhald verksins**

Athuganir á forðafræðistuðlum hafa fram að þessu vakið fleiri spurningar en svör. Fyrir liggur að í mælingum Core Laboratories í Aberdeen er kerfisbundinn munur á lektarmælingum gerðum með lofti og lektarmælingum gerðum með vatni. Til þess að fá fram hvort þessi munur tengist rannsóknarstofunni eða mæliaðferðunum sem notaðar eru, verða sömu sýnin send til mismunandi rannsóknastofa til mælinga. Ætlunin er að senda sýni, sem þegar hafa verið mæld hjá Core Laboratories til DGU í Danmörku og síðan til Terra Tec í USA.

Mælingar á bergsýnum hafa vakið áleitnar spurningar um áhrif misleitni bergsins á mismunandi forðafræðistuðla. Uppi eru kenningar um það að t.d. lekt sé ekki bara efniseiginleiki heldur sé lekt einnig háð þeim lengdarskala sem mælingin er gerð á (sjá t.d. Christoph Clauser: Permeability of Crystalline Rocks. EOS, Vol. 73, No. 21, May 26, 1992). Það gæti t.d. þýtt það að misleitnidreifing í bergi væri mjög áhugavert atriði frá forðafræðilegu sjónarmiði. Fyrirliggjandi mælingar benda til að mismunandi forðafræðistuðlar fylgi mismunandi misleitnidreifingu.

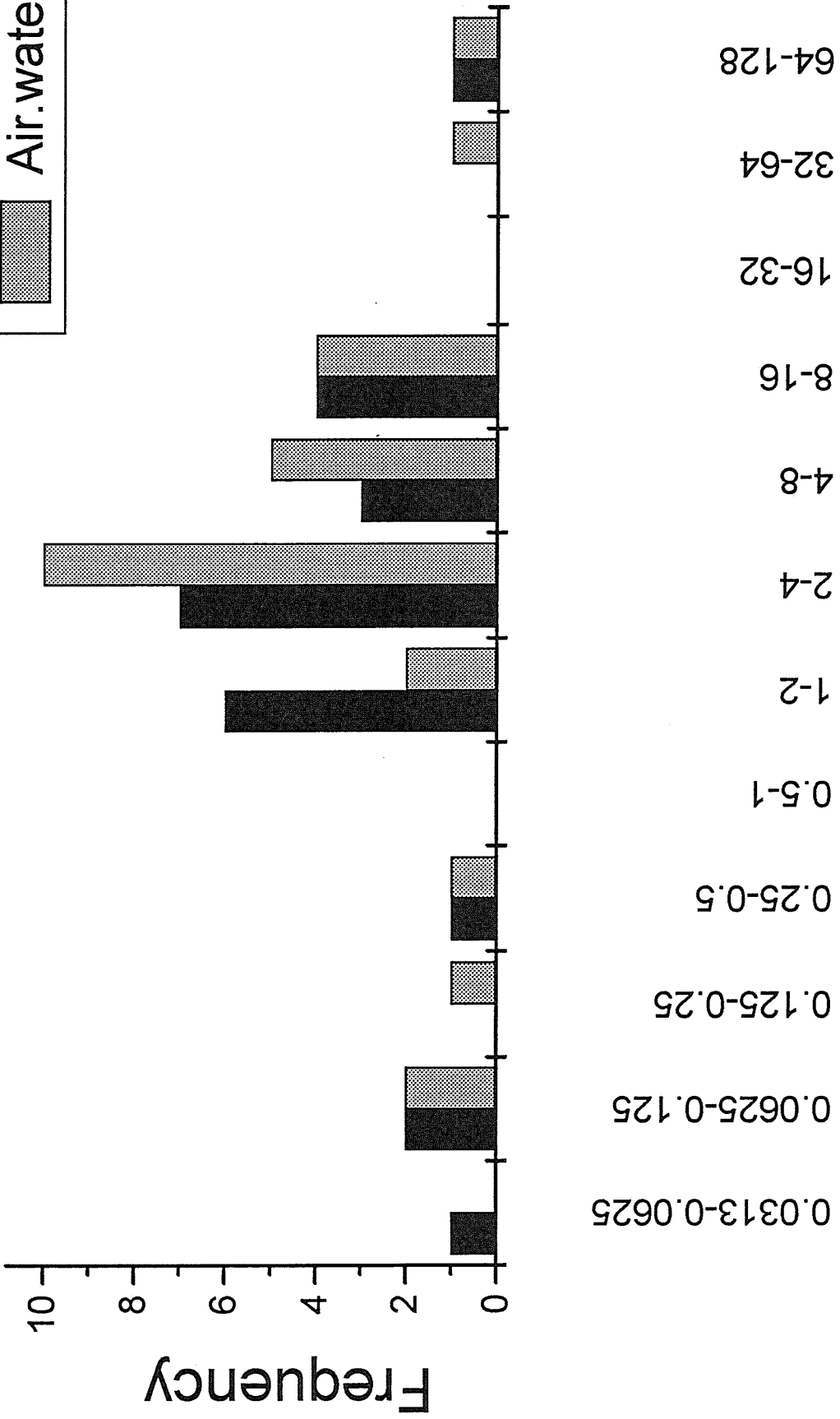
Einfaldasta aðferðin til að nálgast þetta vandamál er að athuga hvernig stærð sýnis hefur áhrif á mæld gildi forðafræðistuðla. Það má til dæmis gera með því að bera saman mælingar á borkjarna og mælingar fengnar með borholumælingum. Borkjarnasýni eru yfirleitt af stærðargráðunni  $1 \text{ cm}^3$ , en það bergrúmál sem borholumælingar eru næmar fyrir er af stærðargráðunni  $1 \text{ m}^3$ . Heppilegast væri að nota poruhluta við slíkar athuganir. Samhliða því sem úrvinnsla fyrirliggjandi gagna fer fram og reynt verður að fá botn í lektarmælingar á bergsýnum verður hafist handa við að athuga hvernig stærð sýnis hefur áhrif á poruhluta. Fyrirsjáanlegir verkþættir eru meðal annars:

- ▶ Sérstök athugun á áreiðanleika nifteindamælinga og samanburður við þær mælingar á poruhluta borkjarna sem liggja fyrir.

Sýni	Eff. por. %	$\Delta\phi/\phi$ %	Grain dens. g/cm <sup>2</sup>	$\Delta\rho/\rho$ %	Perm. k(air) mD	$\Delta k_a/k_a$ %	Perm. k(Klin) mD	$\Delta k_K/k_K$ %
H88 I	19,8		2,25		0,005		0,002	
H88 II	19,0		2,22		0,008		0,003	
H88		4,2		1,3		46,1		40,0
H97 I	1,5		2,86		<0,001		<0,001	
H97 II	1,2		2,86		<0,001		<0,001	
H97		22,2		0,0		--		--
H130 I	12,7		2,61		0,009		0,003	
H130 II	15,2		2,61		0,037		0,020	
H130		17,9		0,0		121,7		147,8
H131 I	3,8		2,91		<0,001		<0,001	
H131 II	4,2		2,92		<0,001		<0,001	
H131		10,0		0,3		--		--
EÞ3 I	0,3		2,87		<0,001		<0,001	
EÞ3 II	0,3		2,88		<0,001		<0,001	
EÞ3		0,0		0,3		--		--
E13 I	8,7		2,97		0,005		0,003	
E13 II	3,5		2,87		<0,001		<0,001	
E13		85,2		3,4		>133		>100
E28 I	10,4		2,93		0,725		0,604	
E28 II	9,4		2,94		0,498		0,445	
E28		10,1		0,3		37,1		30,3
S22 I	17,9		2,91		0,013		0,005	
S22 II	20,8		2,91		0,027		0,012	
S22		15,0		0,0		70,0		82,3
S33 I	7,1		3,04		0,006		0,002	
S33 II	7,1		3,04		0,009		0,005	
S33		0,0		0,0		40,0		85,7

- ▶ Auknar poruhlutamælingar á borkjörnum og borholumælingar í viðkomandi holum. Vonast er til að hægt sé að fá gamlar kjarnaholur og kjarna til þessarar nota. Ef svo reynist ekki, verður athugað með möguleika á að aðrar rannsóknaboranir (t.d. hitastigulsholur) verði boraðar sem kjarnaholur.
- ▶ Kaup á mælitæki sem mælir hljóðhraða í borholum. Hljóðhraðamæling er næm fyrir poruhluta bergs eins og nifteindamælingar. Með því að nota tvær óháðar mæliaðferðir í borholumælingum fæst mun meiri áreiðanleiki í poruhlutaákvarðanir með borholumælingum.
- ▶ Samanburðarathuganir á hljóðhraðamælingum og nifteindamælingum.

Þessi upptalning verður ekki rakin frekar hér, en benda má á að með tilkomu borholumælitækis sem mælir hljóðhraða bergs á lengdarskalanum 1 m gefst möguleiki á tiltölulega einfaldri tengingu við hljóðhraðamælingar á lengdarskalanum 1 km (seismik).



Class intervals

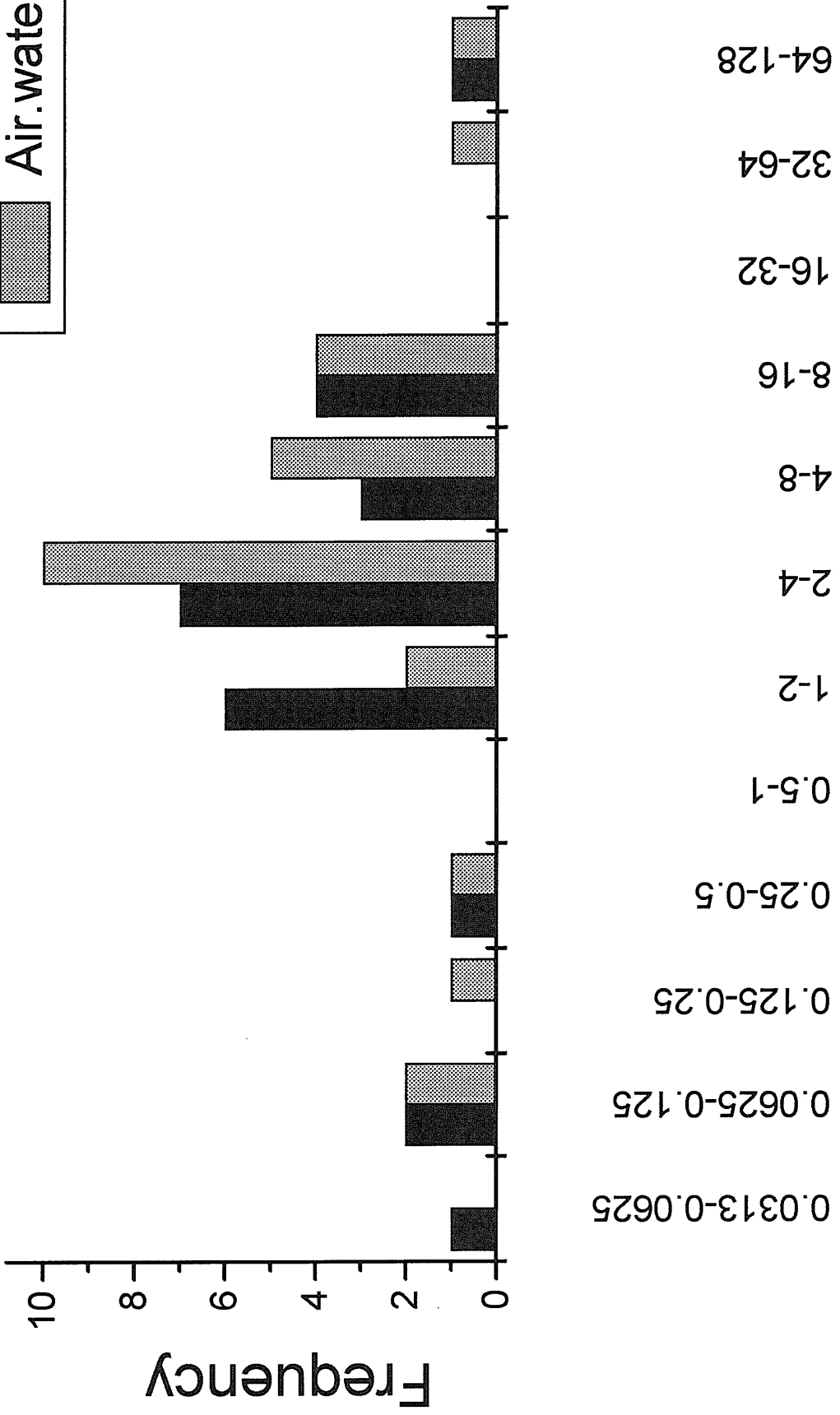
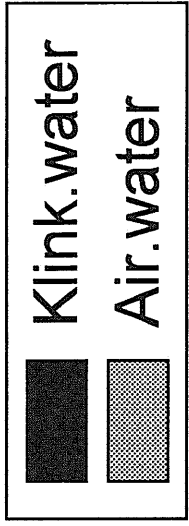
Samples where both air and water permeability has been measured									
Sample nr.	Klink. perm. md	Air perm. md	Water perm. md	Effective porosity %	Total porosity %	Tot.grain density g/cc	Klin/wat.	Air/klink	Air/water
G2	0.089	0.107	0.869	7.1	7.9	2.67	0.10	1.20	0.12
G22	0.102	0.176	0.036	15.3	16	3	2.83	1.73	4.89
G27	0.015	0.029	0.23	3.6	7.7	2.78	0.07	1.93	0.13
G34	0.007	0.008	<0.01	3.7	4.1	2.81		1.14	
H13	1.24	1.38	0.278	0.4	0.7	3.01	4.46	1.11	4.96
H22	1.68	1.79	0.25	2.9	3	2.89	6.72	1.07	7.16
H59	4.81	5.2	4.238	31.3	31.5	2.96	1.13	1.08	1.23
H70	16.7	18.5	9.075	9.3	9.6	2.73	1.84	1.11	2.04
H71	0.036	0.049	0.1	3.8	4.1	3	0.36	1.36	0.49
H79	0.26	0.293	0.04	7.2	7.3	2.97	6.50	1.13	7.33
R1	0.746	0.871	0.09	5.8	6.1	3.08	8.29	1.17	9.68
R2	1.41	1.77	1.273	12.5	13.5	3.08	1.11	1.26	1.39
R3	52.1	72.9	685	29.2	29.3	3.13	0.08	1.40	0.11
R4	-	10887	305	41.3	41.4	2.97			35.70
R6	8.72	11.4	0.12	35.2	35.5	3.03	72.67	1.31	95.00
R11	92.3	139	9.97	13.9	14.1	3.08	9.26	1.51	13.94
R17	-	37567	4918	39.4	39.6	3.07			7.64
G11	0.082	0.133	0.04	14.7	14.9	2.66	2.05	1.62	3.33
G12	0.004	0.011	<0.01	18.5	18.7	2.91		2.75	
G13	0.361	0.69	0.28	34.2	34.2	2.85	1.29	1.91	2.46
G25	0.006	0.009	<0.01	21.7	22.3	2.64		1.50	
G40		<0.001	<0.01	0.3	0.8	3.05			
G45		<0.001	<0.01	0.2	1.4	2.93			
G46		<0.001	<0.01	0.2	1.2	2.89			
G57		<0.001	<0.01	2.5	3.6	2.81			
G60		<0.001	<0.01	0.2	2	2.82			
G63		<0.001	<0.01	1.7	2.6	2.63			
H14		<0.001	<0.01	2.2	2.5	3.08			
H27	0.001	0.003	<0.01	19	19.5	2.8		3.00	
H31		<0.001	<0.01	0.1	2	2.86			
H36		<0.001	<0.01	0.1	1	2.84			
H51	0.178	0.257	0.07	10.2	10.3	2.66	2.54	1.44	3.67
H55	0.034	0.077	<0.01	12.6	12.7	2.96		2.26	
H56	0.024	0.043	<0.01	14	14.1	2.69		1.79	
H57	0.021	0.037	<0.01	6.4	6.5	2.63		1.76	
H65	0.161	0.219	0.02	13.7	14.1	2.79	8.05	1.36	10.95
H66	1.72	1.94	0.15	17.7	18	2.44	11.47	1.13	12.93
HG1	1.14	1.2	0.46	18.6	21.6	2.59	2.48	1.05	2.61
HG7	0.001	0.003	<0.01	15.2	15.4	2.73		3.00	
HG16	0.017	0.038	<0.01	29.2	29.6	2.78		2.24	
HG18	0.02	0.045	<0.01	31.6	32	2.83		2.25	
R9	36.9	40.8	11.17	23.6	25.8	2.64	3.30	1.11	3.65
R10	1791	1894	594.19	45.6	48.1	2.7	3.01	1.06	3.19
R15	457	536	154.67	38.4	38.8	2.68	2.95	1.17	3.47
R22	95.3	119	53.51	31.7	31.8	3.02	1.78	1.25	2.22
R29	0.004	0.01	<0.01	19.6	19.7	2.98		2.50	
KH1	5.78	8.09	3.43	34.8	35.5	2.79	1.69	1.40	2.36
KH5	0.005	0.012	<0.01	16.4	16.5	2.75		2.40	
KH10	0.006	0.014	<0.01	21.6	21.7	2.84		2.33	
H130II	0.02	0.037	<0.01	15.2		2.61		1.85	
E28I	0.604	0.725	<0.01	10.4		2.93		1.20	
E28II	0.445	0.498	<0.01	9.4		2.94		1.12	
S22II	0.012	0.027	<0.01	20.8		2.91		2.25	
						average	6.24	1.62	8.99
						sdev	14.19	0.57	18.60
					Without R6	average	3.47		5.68
						sdev	3.2		7.25



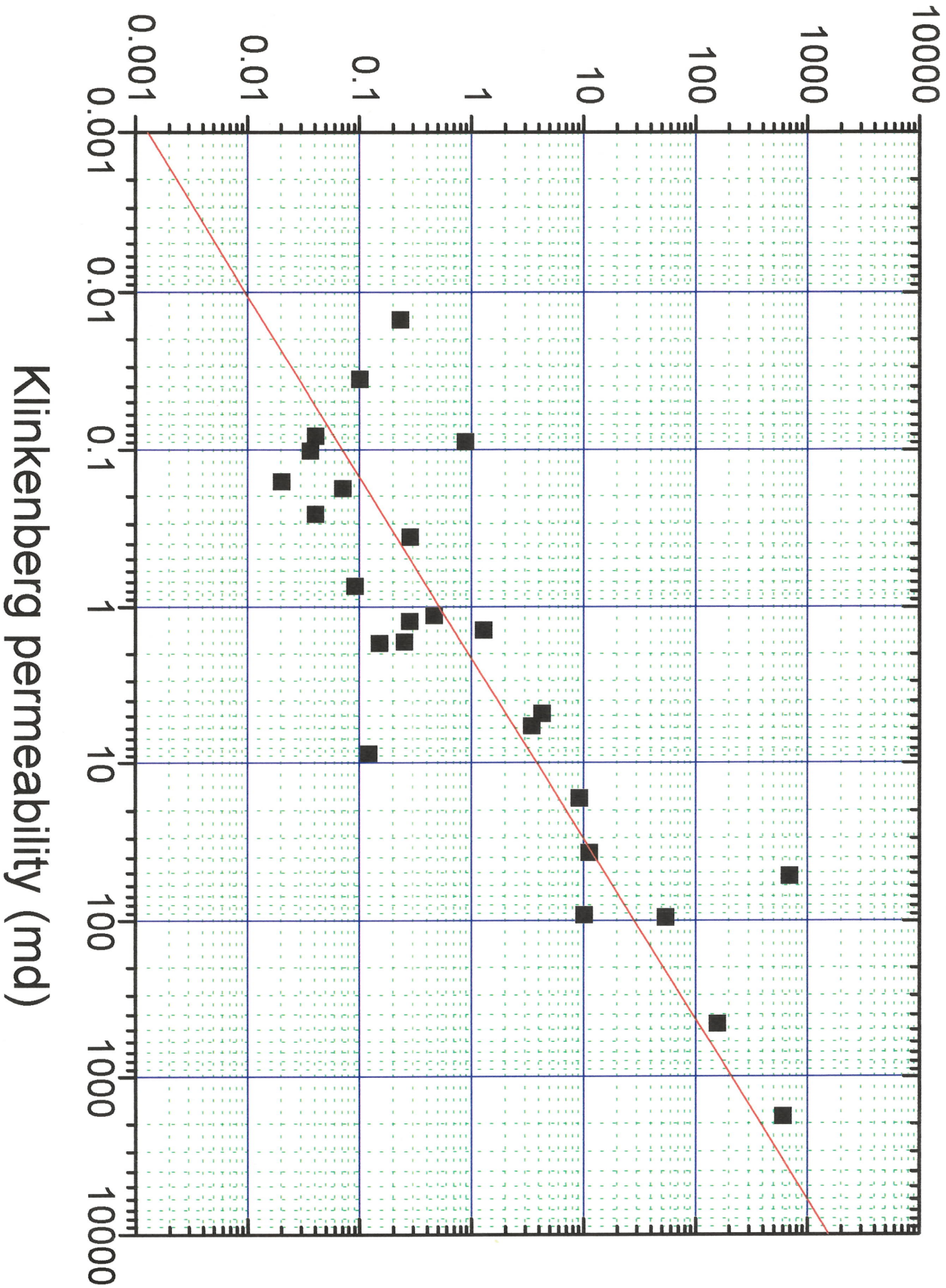
forðafraeðistuðlar

Samples where both air and water permeability has been measured									
Sample nr.	Klink. perm. md	Air perm. md	Water perm. md	Effective porosity %	Total porosity %	Tot.grain density g/cc	Klin/wat.	Air/klink	Air/water
G2	0.089	0.107	0.869	7.1	7.9	2.67	0.10	1.20	0.12
G22	0.102	0.176	0.036	15.3	16	3	2.83	1.73	4.89
G27	0.015	0.029	0.23	3.6	7.7	2.78	0.07	1.93	0.13
G34	0.007	0.008	<0.01	3.7	4.1	2.81		1.14	
H13	1.24	1.38	0.278	0.4	0.7	3.01	4.46	1.11	4.96
H22	1.68	1.79	0.25	2.9	3	2.89	6.72	1.07	7.16
H59	4.81	5.2	4.238	31.3	31.5	2.96	1.13	1.08	1.23
H70	16.7	18.5	9.075	9.3	9.6	2.73	1.84	1.11	2.04
H71	0.036	0.049	0.1	3.8	4.1	3	0.36	1.36	0.49
H79	0.26	0.293	0.04	7.2	7.3	2.97	6.50	1.13	7.33
R1	0.746	0.871	0.09	5.8	6.1	3.08	8.29	1.17	9.68
R2	1.41	1.77	1.273	12.5	13.5	3.08	1.11	1.26	1.39
R3	52.1	72.9	685	29.2	29.3	3.13	0.08	1.40	0.11
R4	-	10887	305	41.3	41.4	2.97			35.70
R6	8.72	11.4	0.12	35.2	35.5	3.03	72.67	1.31	93.00
R11	92.3	139	9.97	13.9	14.1	3.08	9.26	1.51	13.94
R17	-	37567	4918	39.4	39.6	3.07			7.64
G11	0.082	0.133	0.04	14.7	14.9	2.66	2.05	1.62	3.33
G12	0.004	0.011	<0.01	18.5	18.7	2.91		2.75	
G13	0.361	0.69	0.28	34.2	34.2	2.85	1.29	1.91	2.46
G25	0.006	0.009	<0.01	21.7	22.3	2.64		1.50	
G40		<0.001	<0.01	0.3	0.8	3.05			
G45		<0.001	<0.01	0.2	1.4	2.93			
G46		<0.001	<0.01	0.2	1.2	2.89			
G57		<0.001	<0.01	2.5	3.6	2.81			
G60		<0.001	<0.01	0.2	2	2.82			
G63		<0.001	<0.01	1.7	2.6	2.63			
H14		<0.001	<0.01	2.2	2.5	3.08			
H27	0.001	0.003	<0.01	19	19.5	2.8		3.00	
H31		<0.001	<0.01	0.1	2	2.86			
H36		<0.001	<0.01	0.1	1	2.84			
H51	0.178	0.257	0.07	10.2	10.3	2.66	2.54	1.44	3.67
H55	0.034	0.077	<0.01	12.6	12.7	2.96		2.26	
H56	0.024	0.043	<0.01	14	14.1	2.69		1.79	
H57	0.021	0.037	<0.01	6.4	6.5	2.63		1.76	
H65	0.161	0.219	0.02	13.7	14.1	2.79	8.05	1.36	10.95
H66	1.72	1.94	0.15	17.7	18	2.44	11.47	1.13	12.93
HG1	1.14	1.2	0.46	18.6	21.6	2.59	2.48	1.05	2.61
HG7	0.001	0.003	<0.01	15.2	15.4	2.73		3.00	
HG16	0.017	0.038	<0.01	29.2	29.6	2.78		2.24	
HG18	0.02	0.045	<0.01	31.6	32	2.83		2.25	
R9	36.9	40.8	11.17	23.6	25.8	2.64	3.30	1.11	3.65
R10	1791	1894	594.19	45.6	48.1	2.7	3.01	1.06	3.19
R15	457	536	154.67	38.4	38.8	2.68	2.95	1.17	3.47
R22	95.3	119	53.51	31.7	31.8	3.02	1.78	1.25	2.22
R29	0.004	0.01	<0.01	19.6	19.7	2.98		2.50	
KH1	5.78	8.09	3.43	34.8	35.5	2.79	1.69	1.40	2.36
KH5	0.005	0.012	<0.01	16.4	16.5	2.75		2.40	
KH10	0.006	0.014	<0.01	21.6	21.7	2.84		2.33	
H130II	0.02	0.037	<0.01	15.2		2.61		1.85	
E28I	0.604	0.725	<0.01	10.4		2.93		1.20	
E28II	0.445	0.498	<0.01	9.4		2.94		1.12	
S22II	0.012	0.027	<0.01	20.8		2.91		2.25	
						average	6.24	1.62	8.99
						sdev	14.19	0.57	18.60
					Without R6	average	3.47		5.68
						sdev	3.2		7.25

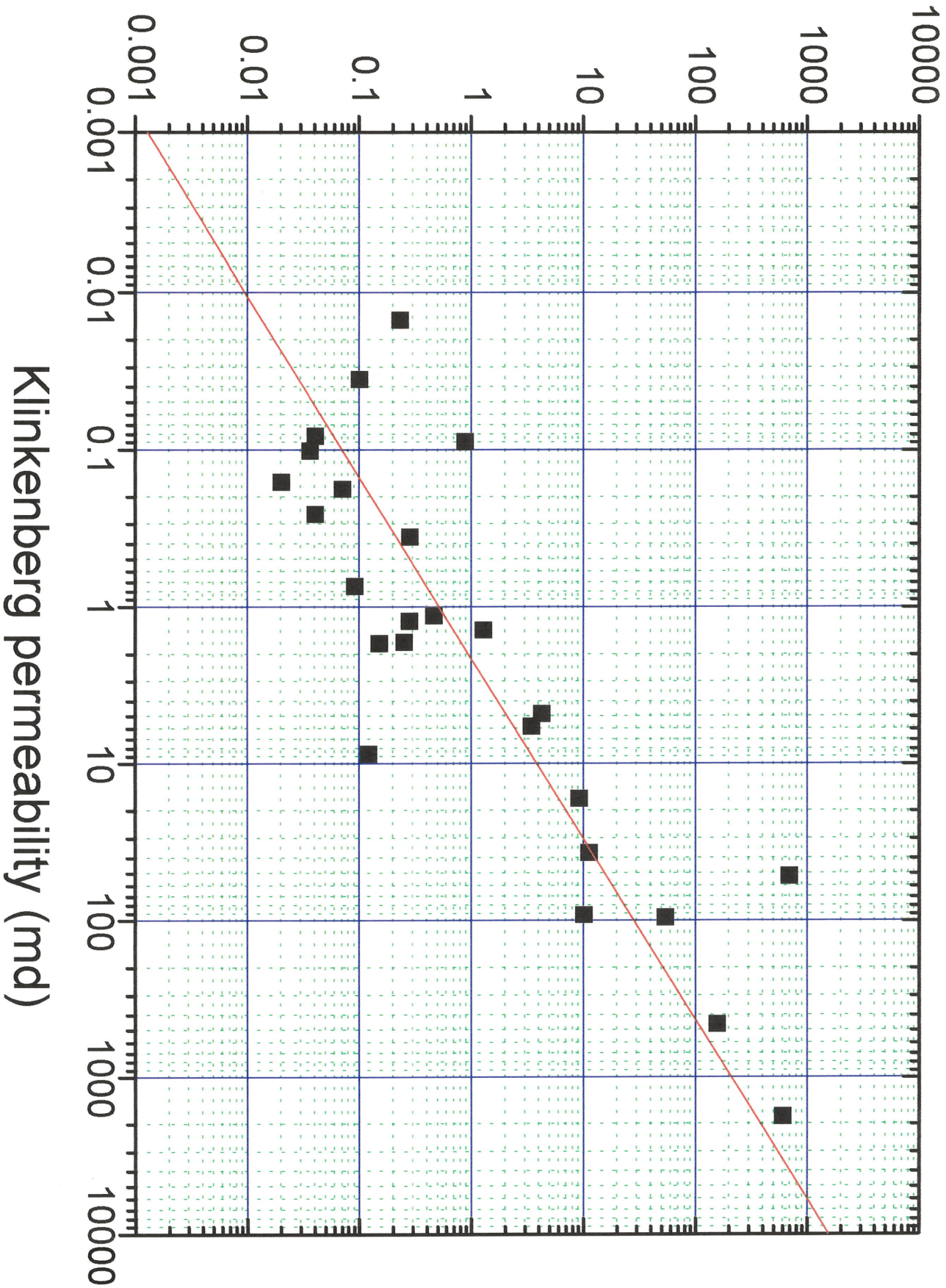
Sýni	Eff. por. %	$\Delta\phi/\phi$ %	Grain dens. g/cm <sup>2</sup>	$\Delta\rho/\rho$ %	Perm. k(air) mD	$\Delta k_a/k_a$ %	Perm. k(Klin) mD	$\Delta k_K/k_K$ %
H88 I	19,8		2,25		0,005		0,002	
H88 II	19,0		2,22		0,008		0,003	
H88		4,2		1,3		46,1		40,0
H97 I	1,5		2,86		<0,001		<0,001	
H97 II	1,2		2,86		<0,001		<0,001	
H97		22,2		0,0		--		--
H130 I	12,7		2,61		0,009		0,003	
H130 II	15,2		2,61		0,037		0,020	
H130		17,9		0,0		121,7		147,8
H131 I	3,8		2,91		<0,001		<0,001	
H131 II	4,2		2,92		<0,001		<0,001	
H131		10,0		0,3		--		--
EB3 I	0,3		2,87		<0,001		<0,001	
EB3 II	0,3		2,88		<0,001		<0,001	
EB3		0,0		0,3		--		--
E13 I	8,7		2,97		0,005		0,003	
E13 II	3,5		2,87		<0,001		<0,001	
E13		85,2		3,4		>133		>100
E28 I	10,4		2,93		0,725		0,604	
E28 II	9,4		2,94		0,498		0,445	
E28		10,1		0,3		37,1		30,3
S22 I	17,9		2,91		0,013		0,005	
S22 II	20,8		2,91		0,027		0,012	
S22		15,0		0,0		70,0		82,3
S33 I	7,1		3,04		0,006		0,002	
S33 II	7,1		3,04		0,009		0,005	
S33		0,0		0,0		40,0		85,7

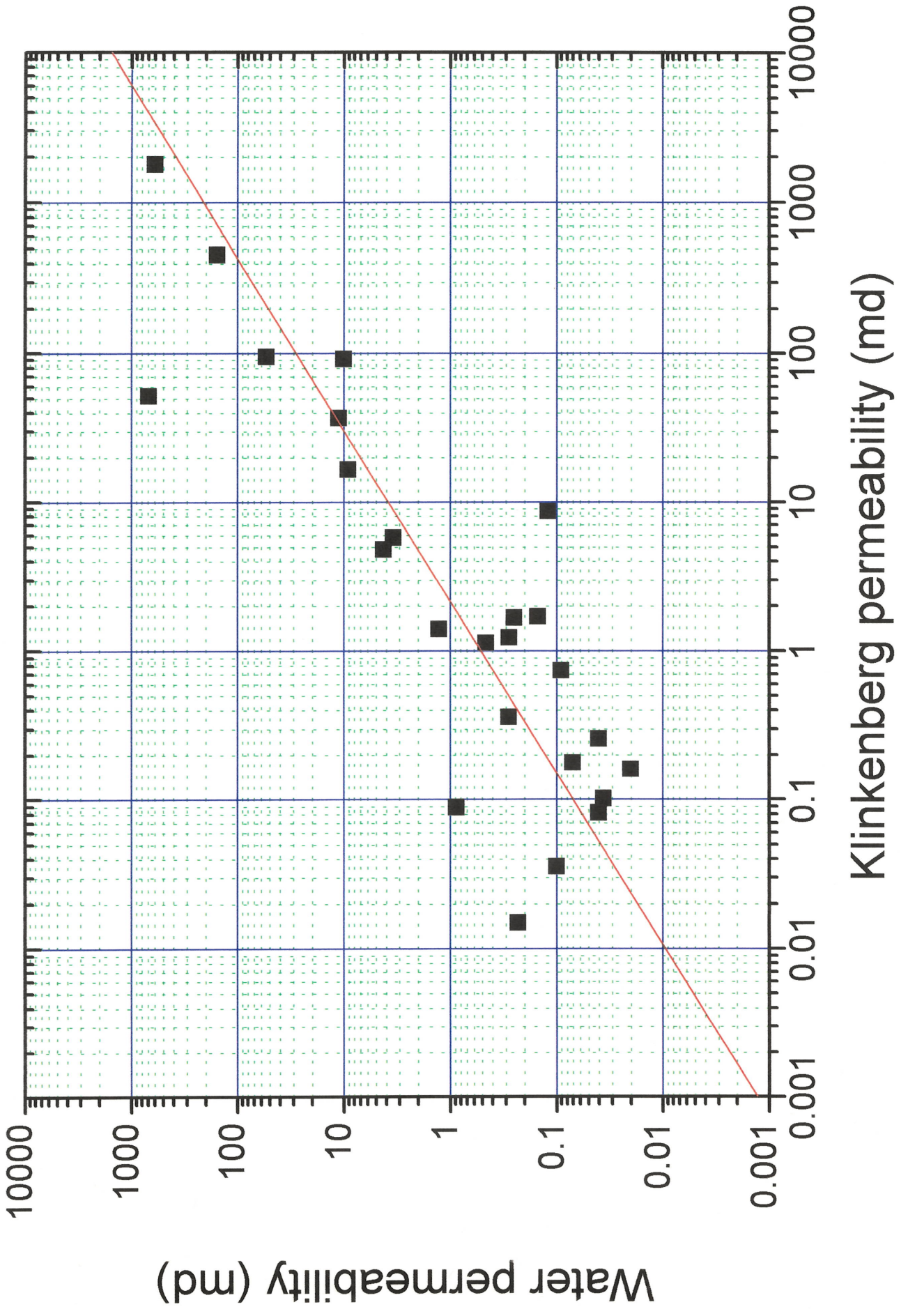


# Water permeability (md)



# Water permeability (md)





# Water permeability (md)

