Industrija nafte d.d. Zagreb
SSRII, Istraživanje i laboratorijska ispitivanja
Laboratorij za ispitivanja stijena i ležišnih fluida

2. 4 Dokumentacija fiz. razr. ležišta

Završno laboratorijsko izvješće

Bačkovica – 1 zapad

Petrofizikalne analize

Ožujak, 2001.

INA – Sektor SRII
Laboratorij za ispitivanja stijena
i ležišnih fluida
Lovinčićeva 1
10000 Zagreb, Hrvatska
Tel: 01 2381108 / Fax: 01 2452 794

Završno laboratorijsko izvješće

BAČKOVICA – 1 ZAPAD

Petrofizikalne analize

Ožujak, 2001.

---

mr. Margit Csisko-Ivić, dipl. ing. margita.csisko-ivic@ina.hr

Rukovoditelj Laboratorija za ispitivanja stijena i ležišnih fluida

Rukovoditelj Odsjeka za petrofiziku i termodinamiku — Dragutin Domitrović, dipl.ing.

Šef Odjela laboratorija za petrofiziku — Dubravka Djačanin, dipl.ing.

U radu sudjelovali: Dubravka Djačanin, dipl. ing., Marica Troha, dipl. ing, Petar Jambrošić, Danijela Plavljanin, Dragan Baričević

Dostavljeno:	- Služba za istraživanje, Šubićeva 29	1×
	- Šef Odjela laboratorij za petrofiziku	1×
	- Dossier bušotina, Šubićeva 29	2×
	- Stručna knjižnica Laboratorija za ispit. stijena i lež.fluida	1×

INA – Sektor SRII
Laboratorij za ispitivanja stijena
i ležišnih fluida
Lovinčićeva 1
10000 Zagreb, Hrvatska
Tel: 01 2381108 / Fax: 01 2452 794

KAZALO

Priprema uzoraka 3
Prirodno gama-zračenje jezgre 4
Poroznost i propusnost 7
Granulometrijske analize 11

Priprema uzoraka

U Poslovnu jedinicu Laboratorij za ispitivanja stijena i ležišnih fluida početkom studenog 2000. godine dostavljeni su uzorci stijena iz istražne bušotine Bačkovica-1 zapad. Jezgrovani intervali, čije su oznake i rasponi dubina prikazani u **Tablici 1.**, bili su zastupljen sa 100 % jezgrovane stijene.

Tablica 1. Jezgrovani intervali

Oznaka jezgre	Dubina intervala (m)
J-1	992 – 1001
J-2	1394 – 1400

Temeljem ***Internih naloga za rad*** **br. N-8/00** i **9/00** od 19. i 24. listopada 2000 i ***Geološkog projekta*** od rujna 1999. izrađene su petrofizikalne analize dostavljenih uzoraka stijena u Odjelu laboratorij za petrofiziku.

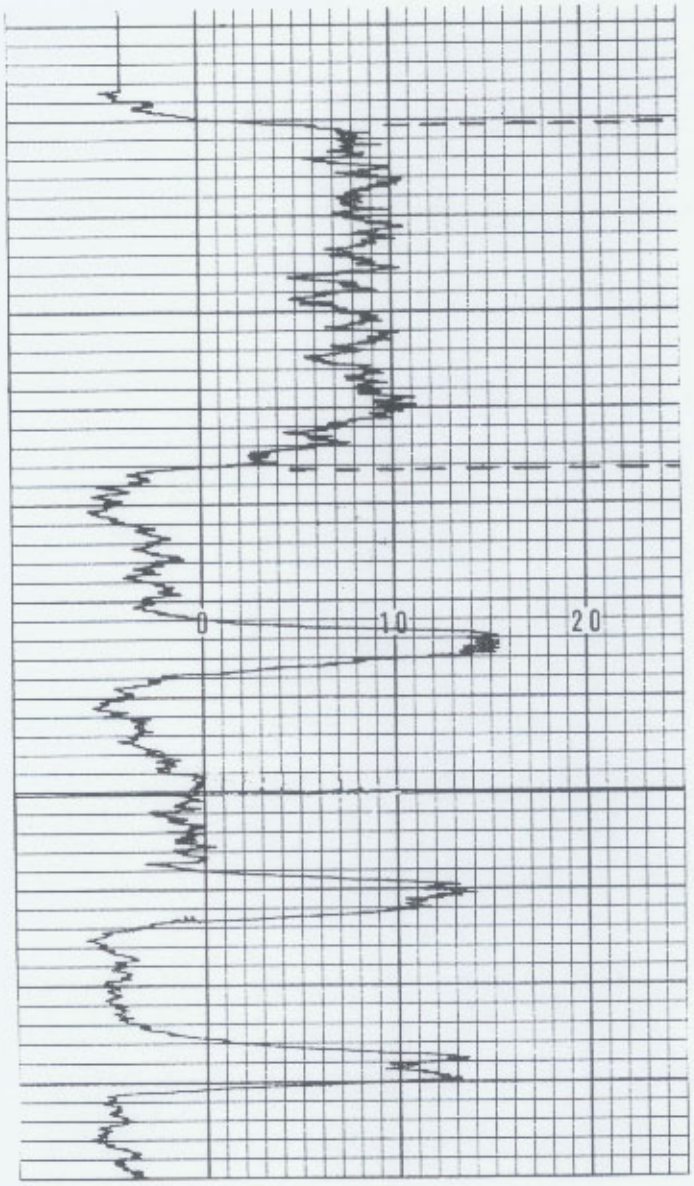
Jezgrama je najprije izmjereno prirodno gama–zračenje, nakon čega je provedeno uzorkovanje za petrofizikalne analize. Uzorkovani su valjčići promjera 1½ inč (dva do tri uzorka po metru na J-2). J-1 je dostavljena u aluminijskoj oblozi zbog rasutosti (nekompaktnosti) i nije uzorkovana za petrofizikalna ispitivanja. Tako je dobiveno ukupno 12 uzoraka, od toga 4 okomitih s osi bušotine.

Izbušeni valjčići pregledani su pod ultraljubičastim svjetlom radi kvalitativnog određivanja prisutnosti ugljikovodika u pornom prostoru. Devet uzoraka je bilo UV-pozitivnih, pa su bili podvrgnuti ekstrakciji kloroformom kako bi se uklonili ugljikovodici iz pora prije petrofizikalnih mjerenja.

Prirodno gama-zračenje jezgre

Mjerenje prirodnog gama–zračenja stijene obavljeno je na kontinuiranoj jezgri. Mjerilo dijagrama podešeno je tako da se može korelirati sa bušotinskim karotažnim dijagramom (1:200), radi određivanja položaja jezgre u prostoru bušotine.

Mjerenje prirodnog gama-zračenja prikazano je na **Slici 1.** i **Slici 2.** J-1 ima prilično izraženo gama-zračenje duž cijele jezgre s nešto izraženijim pikom na sredini VIII metra. Kod J-2 intenzitet zračenja opada s dubinom. Na početku jezgre je približno isti kao kod J-1, a izraženije zračenje pokazuje pri kraju II i početku III metra.

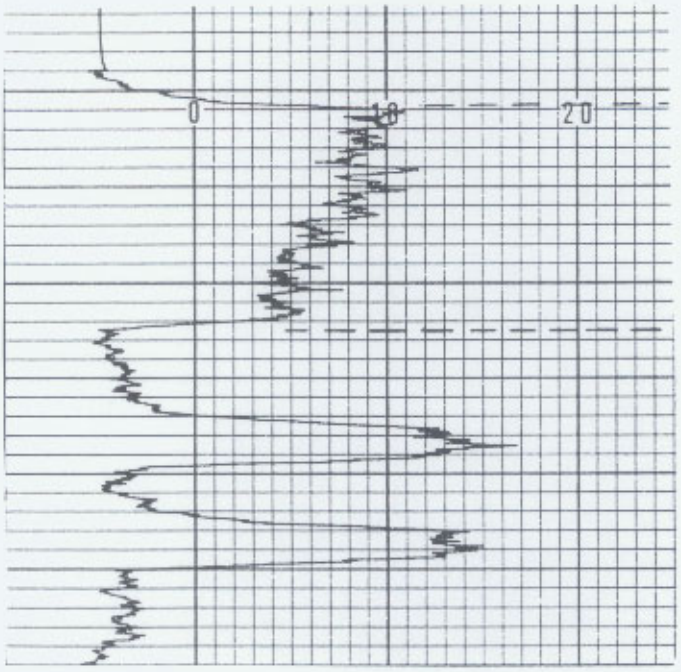


J-1 (992 - 1001) - 9 m

Kalibracija

Etalon za kalibraciju ima nivo gama-zračenja 222 API jedinica.

Slika 1. Gama-log jezgre-1



Etalon za kalibraciju ima nivo gama-zračenja 222 API jedinica.

Slika 2. Gama-log jezgre-2

Poroznost i propusnost

Osnovna petrofizikalna svojstva određena su na mjernim uređajima američke tvrtke *Corelab* primjenom standardnih mjernih metoda. Poroznost uzoraka određena je volumetrijskom metodom na plinskom porozimetru koristeći dušik za popunjavanje povezanog pornog prostora. Propusnost je određena na plinskom permeametru mjerenjem pada tlaka pri protoku dušika kroz uzorak.

Poroznost i propusnost je izmjerena na 12 uzoraka. Srednje vrijednosti poroznosti i horizontalne odnosno vertikalne propusnosti jezgrovanih intervala prikazane su u **Tablici 2.**

Tablica 2. Srednja poroznost i propusnost

Oznaka jezgre	$\Phi_{srednje}$ (%)	$k_{h\text{-}srednje}$ (mD)	$k_{v\text{-}srednje}$ (mD)
J – 2	18.4	16.2	13.9

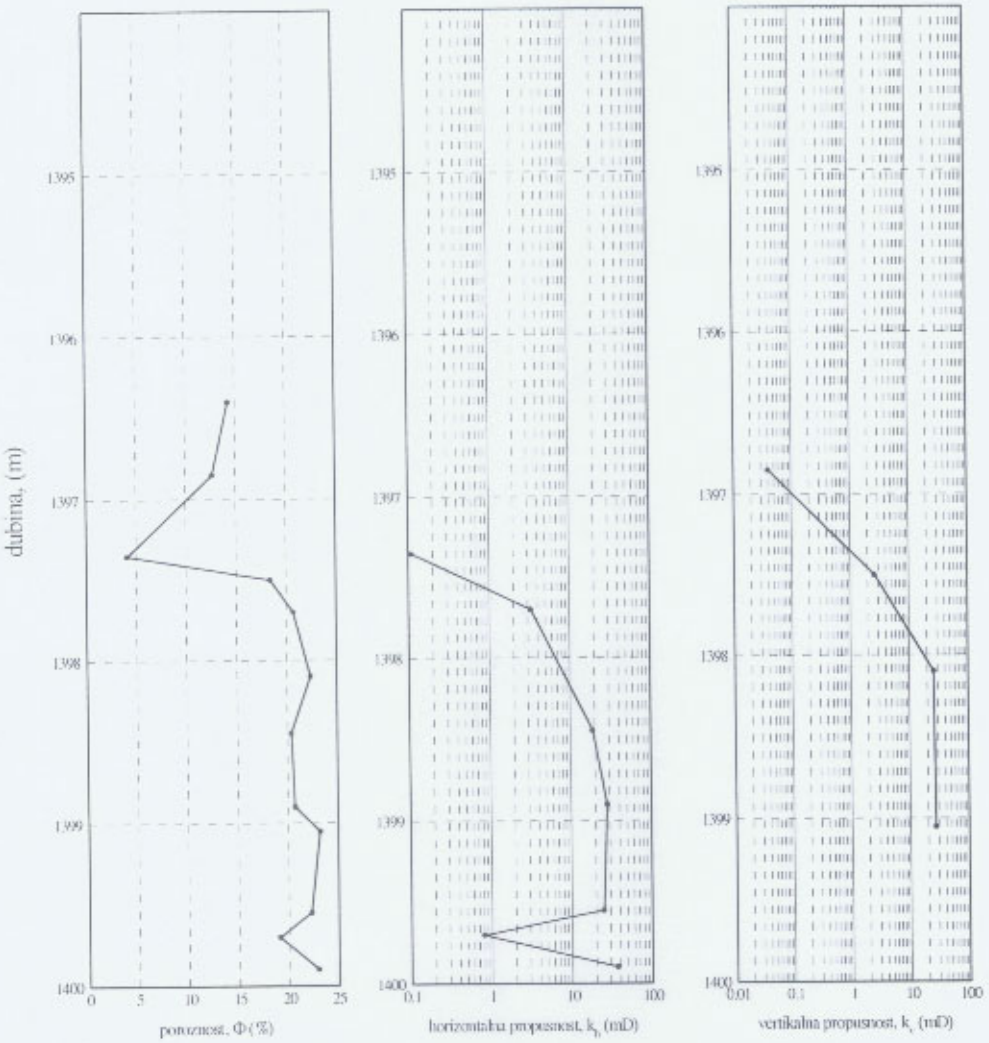
Rezultati ispitivanja prikazani su na slijedećim stranicama tablično (**Tablica 3.**) i grafički kao promjena poroznosti i horizontalne odnosno vertikalne propusnosti s dubinom analiziranog uzorka (**Slika 3.**).

Nadalje je korelirana poroznost s horizontalnom odnosno vertikalnom propusnošću. Na **Slikama 4.** i **5.** prikazani su korelacijski grafovi i jednadžbe za sve analizirane uzorke.

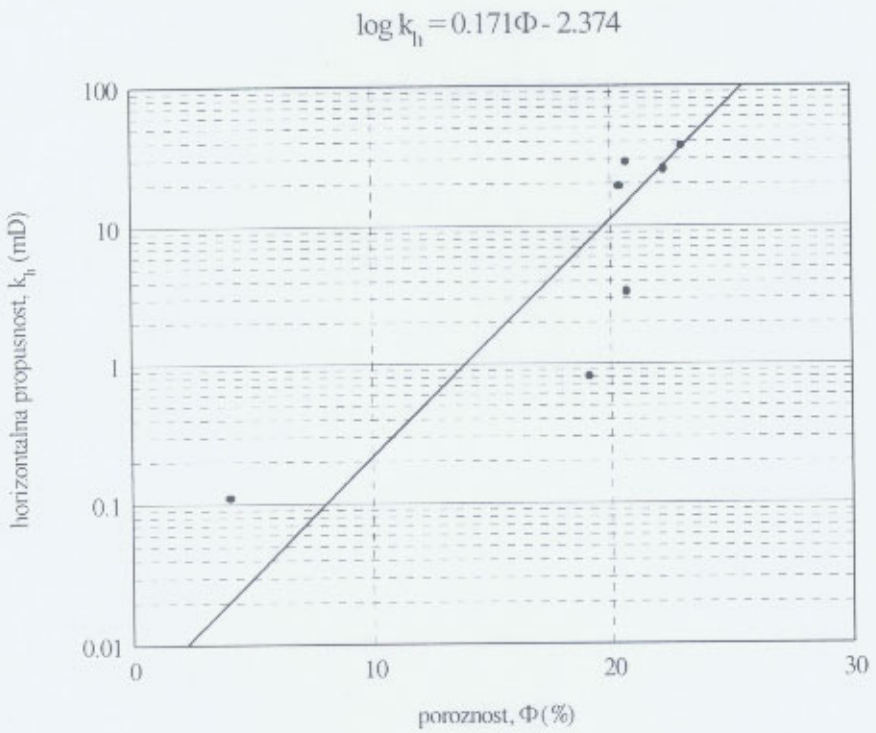
Tablica 3. Rezultati osnovnih petrofizikalnih analiza

Oznaka jezgre	Interval (m)	Laborat. oznaka	Dubina (m)	Poroznost (%)	Propusnost (mD)		Primjedba
					k_h	k_v	
III m 0.40	J – 2, (1394-1400)	9761	1396.40	14.3	-		
0.85		9762	1396.85	12.7		0.04	
IV m 0.35		9763	1397.35	4.1	0.11		
0.50		9764*	1397.50	18.4		2.6	
0.70		9765*	1397.70	20.7	3.3		
V m 0.10		9766*	1398.10	22.4		26	
0.45		9767*	1398.45	20.4	19		
0.90		9768*	1398.90	20.7	28		
VI m 0.05		9769*	1399.05	23.2		27	
0.55		9770*	1399.55	22.3	25		
0.70		9771*	1399.70	19.1	0.8		nehomogena
0.90		9772*	1399.90	23.0	37		

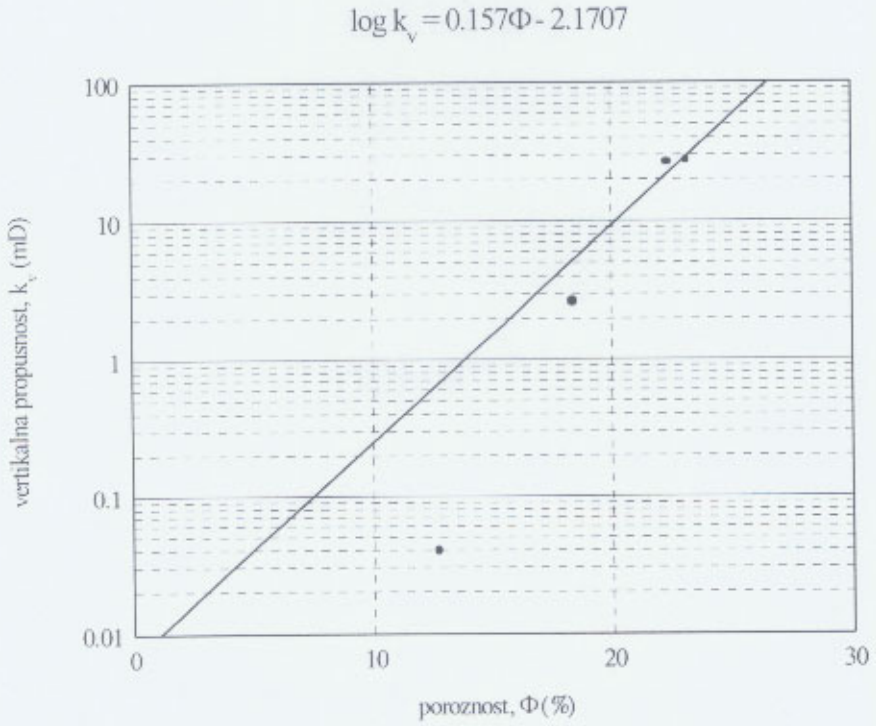
- svi uzorci su promjera 1½ "
- (*) uzorci su bili UV-pozitivni



Slika 3. Koregraf poroznosti, horizontalne i vertikalne propusnosti (J-2)



Slika 4. Korelacija poroznosti i horizontalne propusnosti za J-2



Slika 5. Korelacija poroznosti i vertikalne propusnosti za J-2

Granulometrijske analize

Granulometrijska analiza stijena uključuje sadržaj karbonata u uzorku i postotni sastav čestica prema veličini zrna. Raspodjela veličine čestica stijena određivana je metodom mokrog sijanja za čestice promjera većeg od 63 μm i mjerenja na instrumentu "Sedigraph" za čestice promjera manjeg od 63 μm.

Analizirano je ukupno pet uzoraka i to iz J-1 četiri, a iz J-2 jedan uzorak (**Tablica 4.**). Rezultati ispitivanja prikazani su tablično i grafički jedinstvenom tablicom (**Tablice 5.-9.**), odnosno krivuljom (**Slika 6.-10.**) za svaki uzorak. Na dijagramu su posebno istaknuti i udjeli pojedinih frakcija.

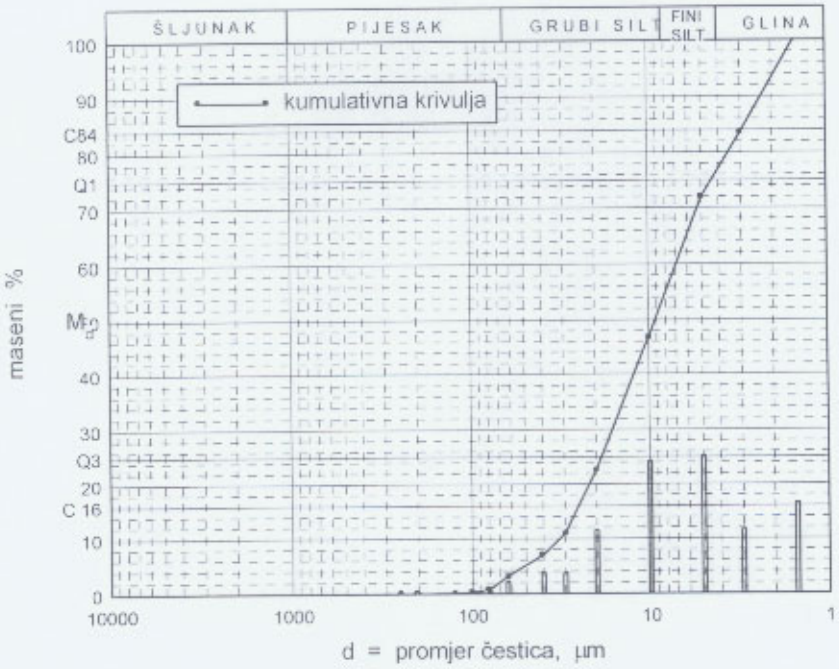
Analizirani uzorci iz jezgre 1 su sitnijih zrnaca s nešto većim sadržajem karbonata nego analizirani uzorak iz jezgre 2. Svi analizirani uzorci iz J-1 spadaju u grubi silt obzirom na klasifikaciju prema srednjem promjeru zrna, dok uzorak iz J-2 spada u pijesak. Sadržaj karbonata u jezgri 1 je veći (31.9-39.7%) nego u jezgri 2 (26.3%).

Tablica 4. Pregled uzoraka za granulometrijske analize, sadržaj karbonata i gustoća stijene

Broj uzorka	Broj jezgre, dio metra	% Ca CO_3	Gustoća, g/cm^3
1	J-1, I m 0.35	33.0	2.808
2	J-1, III m 0.15	31.9	2.798
3	J-1, VI m 0.90	37.1	2.793
4	J-1, IX m 0.70	39.7	2.798
5	J-2, VI m 0.15	26.3	2.732

Tablica 5. Rezultati granulometrijske analize (uzorak 1)

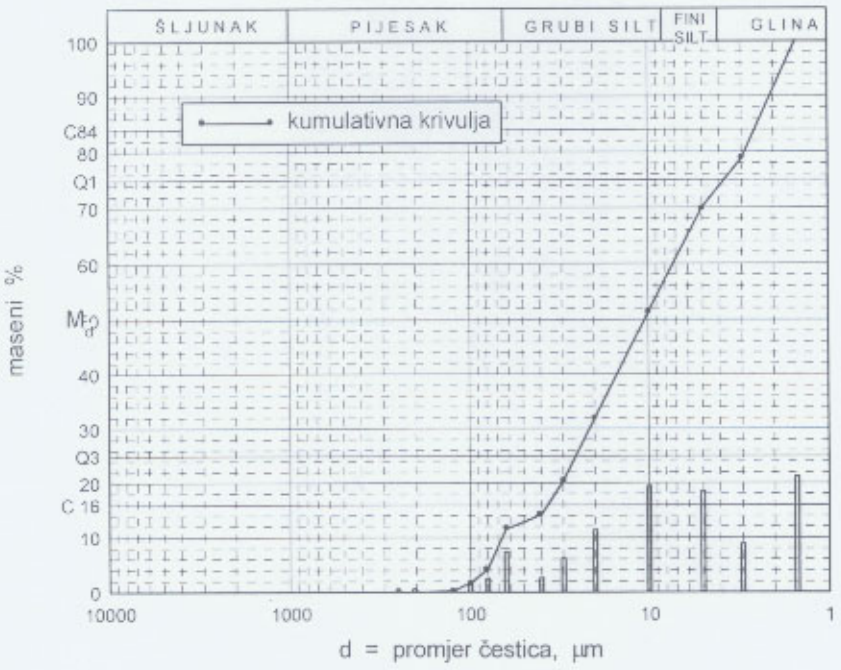
Promjer čestica (μm)	Kumulativni udio (mas%)	Udio frakcije (mas%)
250	0.00	0.00
200	0.00	0.00
125	0.06	0.06
100	0.30	0.24
80	0.87	0.57
63	3.17	2.30
40	7.04	3.87
30	10.91	3.87
20	22.53	11.62
10	46.74	24.21
5	71.92	25.18
3	83.54	11.62
1.5	100.00	16.46



Slika 6. Kumulativna krivulja i maseni udio pojedinih frakcija (uzorak 1)

Tablica 6. Rezultati granulometrijske analize (uzorak 2)

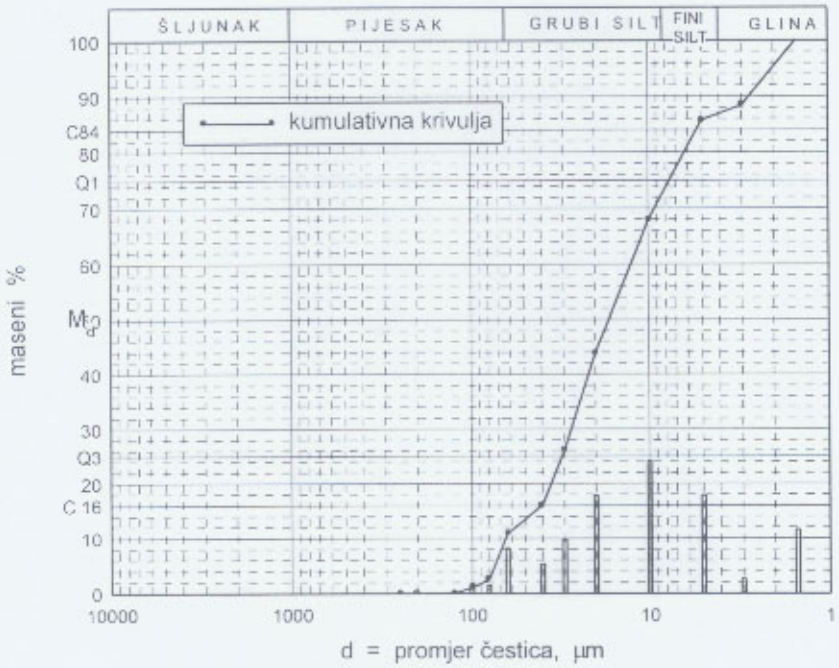
Promjer čestica (μm)	Kumulativni udio (mas%)	Udio frakcije (mas%)
250	0.00	0.00
200	0.00	0.00
125	0.24	0.24
100	1.70	1.47
80	4.23	2.53
63	11.55	7.32
40	14.20	2.65
30	20.39	6.19
20	31.89	11.50
10	51.35	19.46
5	69.93	18.57
3	78.77	8.85
1.5	100.00	21.23



Slika 7. Kumulativna krivulja i maseni udio pojedinih frakcija (uzorak 2)

Tablica 7. Rezultati granulometrijske analize (uzorak 3)

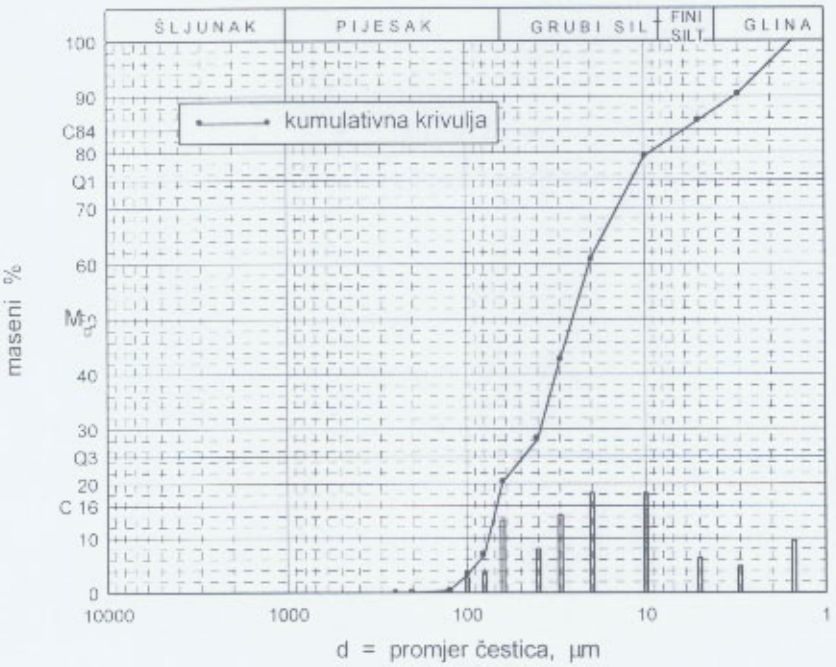
Promjer čestica (μm)	Kumulativni udio (mas%)	Udio frakcije (mas%)
250	0.00	0.00
200	0.00	0.00
125	0.13	0.13
100	1.08	0.95
80	2.61	1.53
63	10.82	8.21
40	16.17	5.35
30	25.98	9.81
20	43.82	17.84
10	67.89	24.08
5	85.73	17.84
3	88.41	2.68
1.5	100.00	11.59



Slika 8. Kumulativna krivulja i maseni udio pojedinih frakcija (uzorak 3)

Tablica 8. Rezultati granulometrijske analize (uzorak 4)

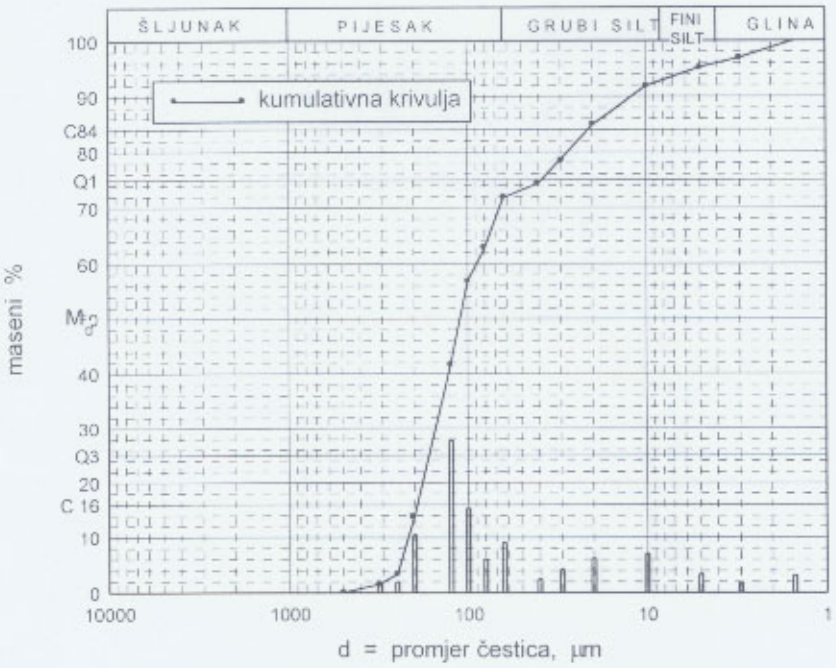
Promjer čestica (μm)	Kumulativni udio (mas%)	Udio frakcije (mas%)
250	0.00	0.00
200	0.00	0.00
125	0.40	0.40
100	3.22	2.82
80	6.90	3.68
63	20.23	13.33
40	28.21	7.98
30	42.57	14.36
20	60.91	18.35
10	79.26	18.35
5	85.64	6.38
3	90.43	4.79
1.5	100.00	9.57



Slika 9. Kumulativna krivulja i maseni udio pojedinih frakcija (uzorak 4)

Tablica 9. Rezultati granulometrijske analize (uzorak 5)

Promjer čestica (μm)	Kumulativni udio (mas%)	Udio frakcije (mas%)
500	0.00	0.00
315	1.55	1.55
250	3.45	1.90
200	13.87	10.42
125	41.55	27.68
100	56.82	15.28
80	62.80	5.97
63	71.83	9.04
40	74.37	2.54
30	78.59	4.23
20	84.79	6.20
10	91.83	7.04
5	95.21	3.38
3	96.90	1.69
1.5	100.00	3.10



Slika 10. Kumulativna krivulja i maseni udio pojedinih frakcija (uzorak 5)

Granulometrijska analiza pokazuje bitnu razliku u zastupljenosti krupne frakcije (pijesak) i sitnijih frakcija (grubi i fini silt i glina) u jezgri 1 odnosno 2. U J-1, 3-20 % uzorka čine čestice veličine pijeska, dok kod J-2 čak 72 % uzorka čini pješčana frakcija. U **Tablici 10.** prikazani su udjeli čestica pojedinih veličina u analiziranim uzorcima.

Tablica 10. Udjeli pojedinih frakcija

	Uzorak broj	Pijesak, %	Grubi silt, %	Fini silt, %	Glina, %
J - 1	1	3	52.5	21.5	23
	2	11.5	46	16.5	26
	3	11	63	13	13
	4	20	61.5	6	12.5
J - 2	5	72	21	3	4