

PIJESAK OTOKA SUSKA

Struktura, sastav i uvjeti sedimentacije

S 3 slike i 3 tabele u tekstu te 1 tablom i 1 tabelom u prilogu

Na osnovi teksturnih i strukturnih karakteristika pijeska otoka Suska potvrđuju se ranije pretpostavke o eolskom porijeklu ovoga sedimenta i ujedno se osvrće na izvorno područje materijala.

Unatrag skoro 200 godina pijesak otoka Suska proučavao je veći broj domaćih i stranih istraživača. Tako su nastala različita mišljenja prema kojima je pijesak o. Suska:

- pješčani materijal nanesen s kopna putem podmorskih izvora (vrela) za vrijeme pleistocena, kasnije izdignut iz mora (Lorenz 1859);
- ostatak delte većih rijeka odijeljenih od kopna u antropozoijsko doba (Stache 1872);
- taložine velikih rijeka staroga Kvarnera što su ih za sušnih razdoblja raznašali zapadni vjetrovi na veća prostranstva (Fortis 1771, Marchesetti 1882, Stache 1888);
- nanos rijeke Po raznesen na veće područje djelovanjem morskih struja za vrijeme kvartara (Salmojrighi 1907);
- ekvivalent srednjoevropskog prapora (Löss) nastao djelovanjem vjetra za vrijeme pleistocena (Schubert 1909);
- produkt trošenja karbonatnih stijena donesen u more iz unutrašnjosti kopna podzemnim tokovima vode i kasnije izdignut iz mora (Kišpatić 1910);
- rezultat transporta pješčanog materijala koji je mogao nastati rastrožbom klastičnih naslaga (paleogenskog fliša) sudjelovanjem tekućica, morske vode ili vjetra (Acco 1924);
- fluvio-glacijalni pješčani materijal (alpskog porijekla) nanašani vjetrom sa prostranog tada kopnenog područja sjevernog Jadrana (Ambrosi C. d' 1955).

Mineralni su sastav pijeska o. Suska ispitali Salmojrighi i Kišpatić, a F. Šandor je godine 1914. na osnovi dobivenih rezultata mehaničke analize toga pijeska izvršio usporedbu pijeska o. Suska sa vukovarskim i došao do zaključka da nema bitnih razlika između ovih udaljenih pješčanih naslaga.



Sl. 1. Pregledna karta

Fig. 1. Location map

Geološkim kartiranjem kvarnerskih otoka tokom 1964. obuhvaćen je pješčani otok Susak sa kojega je sakupljen veći broj uzoraka pijesaka radi određivanja karaktera pijeska s osvrtom na uvjete transporta, te mineralnog sastava teške i lake frakcije u svrhu dobivanja informacija o izvornom području.

Radi komparacije uzeto je također nekoliko uzoraka pijesaka sa susjednih otoka Unija i V. Srakana.

Terenska opažanja i uzimanje uzoraka izvršili su geolozi Petar Jović i Pavao Mamužić.

OPĆE KARAKTERISTIKE PJEŠČANIH NASLAGA

Pijesak o. Suska leži na podlozi od rudistnog vapnenca koji je ograničen na obalni pojas i štiti pijesak od abrazije mora. Mjestimično se na vapnencu pojavljuje konsolidiran pjeskovit sediment od koga su također uzeta dva uzorka u obradu.

Pješčane naslage sivkastožute boje u cijelosti izgrađuju otok, i to od morske obale pa sve do njegovog najvišeg vrha (Garba 98 m). Genetski je to mladi sediment koji se erodira stvarajući strme padine i duboke jaruge. Da se ovakav reljef može i dulje vrijeme zadržati, pripisuje se angularnosti čestica i učvršćenju sedimenta kalcitiziranim cjevastim i štapičastim tvorevinama biljnoga porijekla. Tu se još nalaze vapnenačke kongrecije različitih oblika i veličina (do 8 cm) i kućice kopnenih puževa. Gotovo homogena tekstura i pomanjkanje stratifikacije tipično je za ovaj sediment, podvrgnut jedino remodeliranju i preradi živih organizama i udarcima kiše.

MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Granulometrijske analize pijesaka i morfološki studij oblika, sferičnosti i površine zrna omogućili su rekonstrukciju uvjeta transporta materijala.

U frakcijama većim od 0,20 mm prevladavaju agregirane čestice, biljni korjenčići i kućice puževa. Za morfološku analizu najprikladnija je bila granulometrijska frakcija dijametra 0,12–0,20 mm. Vrijednosti za zaobljenost i sferičnost određene su vizuelnom komparacijom na osnovi Pettijohnove ljestvice za određivanje sferičnosti i zaobljenosti zrna u klastičnim stijenama.

U svrhu ovih analiza pod binokularnom je lupom u reflektiranom svjetlu pregledano cca 200 zrna pijeska od svakog uzorka, i to od Suska 29 uzoraka, o. Unija 2, a V. Srakana 3 uzorka. Međutim iznos listića asociраних са зрнима био је врло варијабилан. Na tabelama je prikazan srednji procentualni iznos rezultata analiza.

a) Srednji procentualni iznos stupnja zaobljenosti zrnatih i listićavih minerala pijesaka o. Suska, Unija i V. Srakana (Tabela I).

Iako se većina zrnatih minerala o. Suska obzirom na stupanj zaobljenosti nalazi unutar ljestvice slabo zaobljen, opaženo je da se oni smještaju nešto bliže lijevoj granici, tj. prema ljestvici subangularan. Zrna većih dimenzija pokazuju i veću zaobljenost.

b) Srednji procentualni iznos stupnja sferičnosti zrnatih minerala pijesaka o. Suska, Unija i V. Srakana, (Tabela II).

Tabela - Table I

Istražena frakcija 0,12-0,20 mm	Iznos u %	Indeks zaobljenosti				
		angularan (0,0-0,15) %	subangu- laran (0,15-0,25) %	slabo zaobljen (0,25-0,40) %	zaobljen (0,40-0,60) %	dobro zaobljen (0,60-1,0) %
	zrnati minerali					
Susak	56	6	18	62	11	3
Unije	64	10	11	72	5	2
V. Srakane	70	9	16	62	9	3
	listićavi minerali					
Susak	44	—	—	13	76	11
Unije	36	—	—	17	61	22
V. Srakane	30	—	—	9	65	26

Iz tabele se razabire da se glavnina zrna obzirom na sferičnost nalazi na ljestvici 0,6-0,8. No i ovdje se može primijetiti da se i unutar toga područja prilikom promatranja pokazalo da je veći dio zrna koncentriran bliže ljestvici manje sferičnih zrna, tj. ljestvici 0,4-0,6.

Tabela - Table II

Istražena frakcija 0,12-0,20 mm	Indeks sferičnosti				
	0,0-0,2 %	0,2-0,4 %	0,4-0,6 %	0,6-0,8 %	0,8-1,0 %
Susak	—	—	11	84	5
Unije	—	—	25	71	4
V. Srakane	—	—	13	79	8

c) Površina zrna

U svim analiziranim uzorcima pijesaka kvarcna su zrna u predomnaciji, te se i promatranje površine zrna odnosilo na ovaj materijal. Ana-

lizom su obuhvaćena samo krupnija zrna na kojima se jedino mogu opažati tragovi udaraca (jamice, orijentirane i neorijentirane brazgotine) i priroda površine (glatkoća, sjajnost, potpuna ili djelomična zamućenost).

Iz rezultata analiza proizlazi da je srednji procentualni iznos potpuno ili djelomično zamućenih (mat) zrna cca 5% od ukupno 200 pregledanih zrna. Zrna su sjajne i glatke površine.

Morfološke karakteristike uzoraka pijesaka otoka Unija i V. Srakana uspoređene s karakteristikama pijeska o. Suska ne pokazuju značajnijih razlika. Većina se materijala nalazi na istim ljestvicama kako obzirom na stupanj zaobljenosti, tako i sferičnosti. Ni u pogledu prirode površine zrna nisu primijećene osobite promjene.

GRANULOMETRIJSKI SASTAV

Za granulometrijsku obradu pijesaka primijenjene su ove metode rada: 1. analiza sitima za pješčane frakcije i 2. areometarska analiza za silt-glinovite frakcije.

Za analizu sitima upotrijebljena je serija sita s rasponom dijametra rupica od 0,06–0,30 mm. Od svakog je uzorka za analizu uzeto po 200 grama. Kako se međutim prilikom sijanja svakog uzorka pokazalo da više od 50% analiziranog materijala sadrži čestice dijametra manjeg od 0,062 mm, to je granulometrijska analiza sitima kompletirana areometarskom metodom. Za ovu je obradu uzeto po 50 g uzorka.

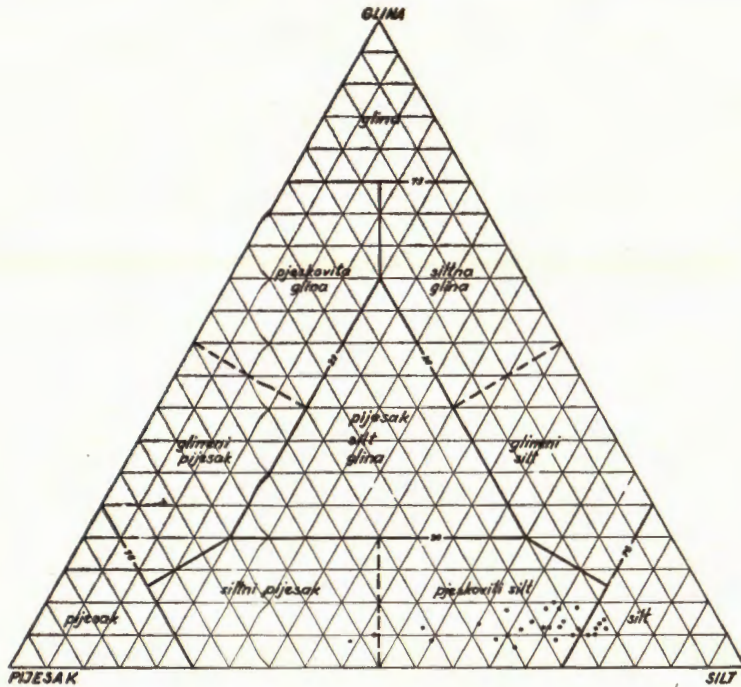
Rezultati jedne i druge analize pokazali su da ovi pijesci u okviru klasifikacije veličine čestica po Wentworthu imaju ovu srednju raspodjelu:

1.	0,062 — 0,25	mm	sitnozrni pijesak	30%
2.	0,0039 — 0,062	mm	silt (prah)	64%
3.	< 0,0039	mm	čestice gline	6%

Iz odnosa ovih triju komponenata proizlazi da je pijesak o. Suska pjeskoviti silt.

Rendgenskom analizom mineralnog uzorka 5041 pokazalo se da najfinija frakcija uzorka nije glina, tj. ne uključuje u svoj sastav kao bitnu komponentu tipične minerale glina. Ona je po sastavu analogna silt-pjeskovitoj frakciji, tj. sadrži kvarc, kiseli plagioklas, muskovit, dolomit, klorit, a kordijerit u tragovima.

Iz kumulativnih krivulja metodom kvartila dobivene su vrijednosti za srednji dijametar zrna (M), koji odgovara sastavu 50% materijala na ordinati, zatim prvi i treći kvartil (25 i 75%). Na osnovi ovih granulometrijskih parametara izračunat je za svaki uzorak koeficijent sortiranja (S_0) i koeficijent asimetrije (S_k).



Sl. 2. Procentualna zastupljenost pijeska, silta i gline – o. Susak
Dijagram prema Shepardu

Fig. 2. The percentual contents of sand, silt and clay – is. Susak.
Diagram after Shepard

Srednja veličina zrna (M) analiziranih uzoraka iznosi 0,046 mm. Krajnje su vrijednosti 0,042 i 0,0635 mm. Znatnije razlike obzirom na medijan odnose se na uzorke iz donjih dijelova pješčanog sedimenta (uzorci 5031, 5032, 5033 i 5034), dok ostali uzorci imaju gotovo isti medijan.

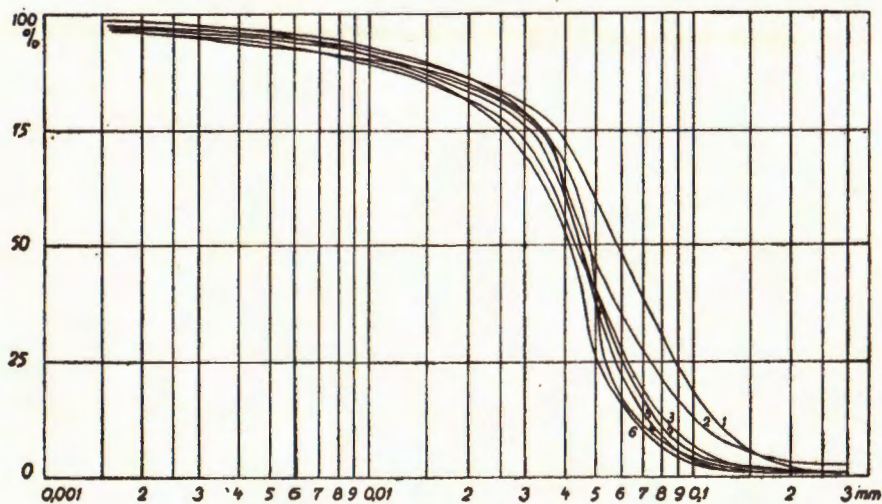
Srednja vrijednost koeficijenta sortiranja (S_0) iznosi 1,57. Ekstremne su vrijednosti 1,238 i 1,716. Premda je sortiranje pretežno uniformno, izvjesne se oscilacije koeficijenata sortiranja opažaju u uzorcima uzetim iz površinskih dijelova sedimenta. Osim ovih manjih razlika uzorci pokazuju da pijesak o. Suska spada u kategoriju dobro sortiranih sedimenata.

Koeficijent asimetrije analiziranih uzoraka kreće se od 0,567 do 1,224. Srednja je vrijednost koeficijenta asimetrije 0,887. Većina uzoraka pokazuje bolju okupljenost čestica, obzirom na medijan, na strani krupnijih čestica.

Tabela - Table III
 Granulometrijski parametri - Size distribution parameters

Broj uzoraka Nr of sample	M	Q ₂	Q ₁	S _n	S _r	pijesak sand ∧ > 0,062 %	silt 0,062-0,0039 %	glina clay ∨ < 0,0039 %
Susak								
5031	0,0635	0,0925	0,0430	1,469	0,986	52	44	4
5032	0,0580	0,090	0,0376	1,548	1,011	48	47	5
5033	0,052	0,086	0,035	1,569	1,115	42	55	3
5034	0,0535	0,086	0,039	1,486	1,170	42	52	6
5035	0,0475	0,073	0,0325	1,498	1,952	34	60	6
5036	0,0465	0,0648	0,0325	1,412	0,974	30	65	5
5037	0,045	0,061	0,032	1,403	0,964	23	71	6
5038	0,0435	0,0576	0,028	1,436	0,799	26	67	7
5039	0,042	0,057	0,034	1,542	0,776	22	72	6
5040	0,0435	0,058	0,0276	1,451	0,847	24	72	4
5041	0,0474	0,070	0,038	1,358	1,223	32	64	4
5042	0,0477	0,068	0,039	1,321	0,857	30	67	3
5043	0,042	0,050	0,030	1,291	0,849	16	78	6
5044	0,048	0,052	0,034	1,238	0,767	16	78	6
5045	0,0430	0,056	0,0327	1,309	1,050	20	74	6
5046	0,0425	0,0535	0,031	1,317	0,918	18	77	5
5047	0,044	0,055	0,0325	1,301	0,923	19	76	5
5048	0,043	0,058	0,0285	1,421	0,895	25	69	6
5049	0,0427	0,052	0,026	1,414	1,027	17	77	6
5050	0,0423	0,050	0,0248	1,479	0,726	15	80	5
5051	0,041	0,052	0,021	1,592	0,634	16	77	7
5052	0,044	0,055	0,020	1,659	0,567	19	73	8
5053	0,045	0,061	0,022	1,650	0,679	24	70	6
5054	0,046	0,060	0,033	1,355	0,936	29	63	8
5055	0,035	0,054	0,019	1,673	0,837	22	68	10
5056	0,043	0,056	0,019	1,716	0,590	22	70	8
5057	0,047	0,058	0,037	1,249	0,966	22	73	5
5058	0,046	0,064	0,031	1,436	0,939	28	66	6
5059	0,044	0,060	0,021	1,690	0,651	24	68	8
Umije								
5060	0,259	0,410	0,105	1,978	0,642	12	74	14
5062	0,230	0,300	0,112	1,639	0,634	3	86	11
V. Sra- kane								
5064	0,320	0,425	0,144	1,719	0,598	13	79	8
5067	0,375	0,420	0,168	1,571	0,502	18	76	6
5070	0,042	0,770	0,200	1,962	0,873	32	62	6

Granulometrijske karakteristike analiziranih pijesaka o. Uniya i V. Srakana pokazuju neke manje razlike od karakteristika pijeska o. Suska. Medijan zrna ovih pijesaka je varijabilan. Krajnje su vrijednosti za medijan 0,042 i 0,375. Prema koeficijentima sortiranja (S_0) od 1,57 do 1,97 pijesci se nalaze u području srednje sortiranih sedimenata, dok koeficijenti asimetrije pokazuju bolju okupljenost krupnijih čestica obzirom na medijan.



Sl. 3. Kumulativne granulometrijske krivulje pijeska o. Suska
 Fig. 3. Cummulative size distribution curves of sand - is. Susak

MINERALNI SASTAV

Mineralni sastav uzoraka pijesaka ispitan je u frakciji 0,06–0,20 mm. Separacija teške i lake mineralne frakcije izvršena je pomoću bromoforma spec. težine 2,89. Mineralni sastav uzoraka određen je kvalitativno i kvantitativno (tabela IV). Procentualna zastupljenost teške frakcije u uzorcima kreće se od 5,2–24%.

TEŠKI MINERALI

Granat. – Najobilnije su zastupani granati. Dolaze u angularnim zrnima, nepravilnog i katkada školjkastog loma. Zapaženo je nekoliko forma s dobro vidljivim rombododekaedarskim habitusom. Mnoga su

zrna vrlo svježeg izgleda, bez ikakvih tragova transporta. Zastupani su bezbojni i slaboružičasti granati. Tamnoružičasti granat također se često pojavljuje.

Epidot. – Ponajčešće su to nepravilna, subangularna, rjeđe zaobljena zrna. Opažena su i zrna izduljena u smjeru osi b. Prevladavaju bezbojna do blijedozelena zrna, dok se zrna žutozelene boje odlikuju jasnim pleohroizmom. Često ga otkrivaju žive interferentne boje.

Coisit. – Zastupan je znatno slabije od epidota. Bezbojan je. Prepoznaje se po izduženim prizmatičnim formama, visokom reljefu i vrlo slabom dvolomu. Interferira u anomalnim indigomodrim bojama.

Amfibol. – *Glaukofan* je prisutan u svim ispitanim uzorcima. Zrna su izduljena smjerom osi c. Rjeđe se susreću nepravilna zrna, ali tada pukotine kalavosti, koje se dobro opažaju, ukazuju na smjer izduženja. Najčešći je tip glaukofana sa čupavim (nazubljenim) izgledom. Karakteristične je svijetlomodne boje i izrazitog pleohroizma: X = bezbojan, Y svijetlo smeđastoljubičast, Z = svijetlomodar. Kut kosog potamnjenja varira od $4-8^{\circ}$. Teodolitnokonoskopski je određen kut optičkih osi $V_1V_2 = -40^{1/2^{\circ}}$. Opaženo je nekoliko zonarnih zrna s postepenim prelazom od zelenkaste preko zelenkastomodne u modru i modroljubičastu boju, i to od rubnih prema centralnim dijelovima zrna. Na zrnima se nadalje često vide promjene kloritizacije kako prodiru u zrno uzduž pukotina kalavosti. Unatoč ovim promjenama zrna su svježeg izgleda.

Aktinolit. – U odnosu na ostale prozirne minerale teške frakcije znatan je njegov srednji procentualni iznos u uzorcima: 19,1%. Prisutni su varijeteti od bezbojnih do zelenih. Najčešće su zastupani modrikastozeleni. Uvijek je njihova prizmatska forma istaknuta. Kut kosog potamnjenja izmjeren na mnogim zrnima iznosi 11–15°. Nekoliko bezbojnih zrna s većim kutom kosog potamnjenja (do 19°) pripada *tremolitu*. Na dva zrna je direktnim opažanjem jedne optičke osi teodolitnokonoskopski određen kut optičkih osi $2V = -82^{\circ}$ i $-79^{1/3^{\circ}}$. Na jednom od ta dva zrna određen je i maksimalni kut potamnjenja $c \wedge Z$ 19°. Aktinolit karakterizira jasan pleohroizam u bojama vrlo slabo zelene, modrikastozelene i zelene boje.

Hornblenda. – Nije stalan sastojak u uzorcima. Obzirom na vrlo malu količinu uzeta je zajedno s aktinolitom. Zastupana je smeđa hornblenda.

Staurolit. – Otkriva ga njegov karakteristični pleohroizam od bezbojne preko žute do zlatnožute boje. Zrna su bistra, nepravilna, angularna do subangularna. Opaženo je nekoliko zrna prizmatskog habitusa.

Disten. – Iako u maloj količini, ipak je konstantno prisutan u svim uzorcima. Bezbojan je. Redovito je prizmatske forme s dobro vidljivim

sistemima kalavosti. Zrna su pretežno svježja i bez inkluzija, angularna i zaobljena. Opažena su dva do tri koljenčasto-slomljena prizmatska zrna. Kut maksimalnog potamnjenja varira od 26–30°. Na dva zrna izmjerio je Lj. Barić teodolitnokonoskopski $V_1V_2 = -82^\circ$ i $-80\frac{1}{4}^\circ$.

Kloritoid. – Uz glaukofan je tipični mineral najgornje zone općeg metamorfizma alpske distributivne provincije. Zrna su pločasta i na nekim se zapaža delikatna listićava struktura. Pleohroizam je jasan: mutnozelenkast, odnosno maslinast prema indigo ili zadimnjeno-modroj boji, a interferira u ultramodroj, smeđastoj i indigo boji. Neka zrna obiluju inkluzijama sićušnih kristalića.

Titanit. – Stalan je sastojak svih uzoraka. Ponajčešće se javlja u nepravilnim, katkada subangularnim zrnima. Opaženo je nekoliko kratkostičastih forma. Često sadrži neorijentirane mineralne inkluzije. Zrna su pleohroitična u slabim bojama: žućkastoj, sivoružičastoj i smeđasto-žutoj. Ultramodra do žuta interferentna boja, pomanjkanje totalnog potamnjenja, visoki reljef i veliki dvolom otkrivaju ovaj mineral.

Turmalin. Javlja se u izduženim formama prizmatskog habitusa. Zastupani su zelenkasti i smeđasti varijeteti, ružičast je vrlo rijedak, dok je modri zapažen samo u jednom uzorku. Odlikuje se tipičnim intenzivnim pleohroizmom. Može potjecati iz različitih izvornih stijena.

Rutil. – Predstavljen je izduženim prizmatskim zrnima visokog reljefa. Boje je žućkastosmeđe i tamnosmeđe. U odnosu na ostale teške minerale njegov je srednji procentualni iznos u uzorcima 2,2⁰‰.

Cirkon. – Od rezistentnih je minerala najslabije zastupan. Neke su sićušne igličaste forme vjerojatno bile inkluzije u drugim mineralima.

Apatit. – Iako nije opažen u dva uzorka, ipak je jedan od stalnih sastojaka ovih pijesaka. Općenito je dobro zaobljen, jajolik, okrugao. Rijetko se pojavljuje idiomorfan. Bezbojan je, istaknutog reljefa i vrlo niskih sivomodrikastih interferentnih boja.

Piroksen. – Od rompskih je piroksena zastupan hipersten, a od monoklinskih augit. Oba su minerala korodirana i na krajevima nazubljena što ukazuje na njihovu nestabilnost u postsedimentacionim uvjetima.

Brukrit. – Javlja se sporadično u uzorcima.

Andaluzit. – Opažen je samo u nekoliko uzoraka. Odlikuje se karakterističnim pleohroizmom: bezbojan do ružičast.

Biotit. – Obilno je zastupan u svim uzorcima. Boje je žute, žućkastosmeđe i zlatnožute s brončanim sjajem. Često su opaženi heksagonalni presjeci paralelni bazi. Na nekim je debljim listićima vidljiv pleohroizam od žutozelene do crvenkastosmeđe. Iz interferentne slike u konvergentnom svjetlu jasno se vidi da je dvoosan, optički negativan i da ima vrlo mali kut optičkih osi. Unutar nekih biotitnih listića dobro je

vidljiv pleohroitski ovoj oko kristalića cirkona. Zlatnožuti listići biotita s brončanim sjajem obično su posljedica trošenja biotita naročito u poroznim sedimentima.

Među opakim zrnima znatno su zastupani *magnetit* i *limonit*.

LAKI MINERALI

Sastav lake mineralne frakcije jednostavan je i jednolik.

Kvarc. – Glavni je sastojak svih uzoraka. Angularan je do subangularan, glatke i sjajne površine. Zaobljena se zrna vrlo rijetko susreću, a i to su uvijek ona najkrupnija. Zastupan je prozirni i mutni kvarc.

Feldspati. – Stalno su prisutni u svim uzorcima pijesaka. To su nepravilna, angularna do subangularna zrna, katkada su hipidiomorfni. Najčešće su bezbojni, no susreću se zrna bijele i slabo žućkaste boje. Pretežno se odlikuju svježim i staklastim izgledom. Pojave su trošenja opažene uzduž pukotinica kalavosti, a i to samo na malom broju zrna. Lamelarna i rešetkasta građa i dobrim dijelom indeks loma (niži od indeksa loma kanadskog balzama) bili su osnova za njihovo prepoznavanje.

Teodolitnokonoskopski je na jednom zrnu *mikroklina* uz direktno namještanje obadviju optičkih osi L j. Barić odredio veličinu kuta optički osi $V_1 V_2 = -84^\circ$. Na jednom sraslacu mikroklina, na čijem se jednom pojedincu lijepo vidjela rešetkasta građa, određene su za šav ove koordinate:

$$D_{1/2} \ 20^{1/3^\circ}; \ 80^{2/3^\circ}; \ 72^\circ \perp (010); \ \text{mikroklin}; \ \text{NW } 2^{1/3^\circ}$$

Na dva zrna plagioklasa odredio je L j. Barić pomoću pukotina kalavosti, da se radi o *albitu*, kako se to vidi iz ovih podataka:

$$\begin{aligned} \text{jedno zrno: } & S \ 18^\circ; \ 72^{1/2^\circ}; \ 86^{2/3^\circ} \perp (010); \ 0\% \text{ an}; \ \text{NNE } 1^{2/3^\circ} \\ \text{drugo zrno: } & S \ 17^{3/4^\circ}; \ 72^{1/4^\circ}; \ 88^{1/2^\circ} \perp (010); \ 1\% \text{ an}; \ \text{SW } 1^\circ \end{aligned}$$

Muskovit. – Obilno je zastupan u uzorcima. Listići su dobro i vrlo dobro zaobljeni i katkada sadrže fine igličaste mineralne inkluzije. Na jednom listiću određen je teodolitnokonoskopski $V_1 V_2 = -50^{1/3^\circ}$.

Čestice stijena (chert, kvarcit, škriljci, pelit) susreću se u uzorcima sporadično.

KARBONATNA KOMPONENTA PIJESKA

Premda bi se u uzorcima pijesaka očekivao približno jednolik sadržaj CaCO_3 -komponente, analize su pokazale prilično široke varijacije (tabela IV, 2. stupac). Srednji je procentualni iznos $13\% \text{ CaCO}_3$.

U sastavu je pijeska znatno zastupana i dolomitna komponenta, koja je došla do izražaja kao razlika između iznosa ukupnog karbonata (3. stupac) i iznosa kalcijevog karbonata. Odredba ukupnog karbonata (kalcit i dolomit) izvršena je samo kod 14 uzoraka. U uzorcima pijesaka karbonat se pojavljuje kao:

1. autigeni karbonat, vrlo svježe i prozirne romboedarske forme (kalotine) kalcita i dolomita,
2. detritične karbonatne čestice biogenog i litogenog porijekla,
3. agregacioni materijal u vidu nepravilnih nakupina finoizrnog kalcita, valjkastih tvorevina i cjevčica.

U uzorcima uzetim iz podloge pješćane naslage o. Suska (uzorci 136 i 136a) i praporne lutke iz uzorka 5041 određen je samo kalcijev karbonat. Uzorak 136 sadrži 36,39%, uzorak 136a 46,14%, a praporna lutka 41,90% CaCO_3 .

Od vapnenačkih mikrofosila ustanovljene su foraminifere koje su u nekim uzorcima obilnije zastupane. Pripadaju vrstama roda *Globigerina*, *Nonion* i *Globorotalia*. (Njihov izgled upućuje na porijeklo iz starijih formacija). U svim su uzorcima prisutni fragmenti biljnog porijekla, vrlo često inkrustirani karbonatnom supstancom.

IZVORNO PODRUČJE I UVJETI SEDIMENTACIJE

Mineralni sastav analiziranih uzoraka pijesaka jednolik je. Razlike se opažaju jedino u procentualnoj zastupljenosti pojedinih mineralnih vrsta. Budući da su prisutne i nestabilne vrste, kako se razabire iz tabele IV, pretpostavlja se da je mineralni sklop baštinjen iz izvornog područja uglavnom sačuvan.

Na osnovi promatranja i studija u mikroskopskim preparatima može se zaključiti da su u prinosu materijala sudjelovale:

1. stijene niskog stupnja metamorfizma, i to kloritski, epidotski i amfibolski škrljci iz kojih potječu epidot, coisit, aktinolit, glaukofan, klorit, kloritoid, albit, mikroklin, smeđi turmalin;

2. stijene visokog stupnja metamorfizma zastupane granatom, modrozelenim amfibolom, staurolitom, distenom, andaluzitom, rutilom, biotitom i muskovitom;

3. kisele eruptivne stijene su znatno slabije zastupane. Iz njih dolaze apatit, cirkon, ružičasti i modri turmalin, titanit;

4. prinos iz bazičnih stijena bio je minimalan. Njihovi su predstavnici u pijesku: augit, hipersten, magnetit i hornblenda.

Kvarc je zastupan u svim spomenutim stijenama.

Očevidno je dakle da su stijene niskog i visokog stupnja metamorfizma zbog širokog varijeteta minerala metamorfizma i njihove učestalosti imale važnu ulogu u nastajanju ovog pješčanog sedimenta.

Zastupanost feldspata, često svježeg izgleda, (općenito smatran indeksom tektonske aktivnosti) upućuje na izražen reljef distributivne provincije i prilično brzu eroziju.

Iz mineralne asocijacije pijeska proizlazi da bi petrografski sastav stijena alpske oblasti odgovarao tipu izvornog područja ovog pješčanog materijala. Pretpostavlja se da minerali potječu iz kompleksa »sjajnih škrljaca« (schistes lustrés), kloritskog i amfibolskog gnajsa i zelenih stijena temeljnog gorja izmijenjenih alpskim metamorfizmom.

Nastajanje pijeska, odnosno rastrožba stijena alpskog masiva, zbi-vala se u pleistocenskim glacijalima i interglacijalima, tj. u uvjetima intenzivne mehaničke akcije i velikih klimatskih promjena i kolebanja. Snažna atmosferska gibanja, kao zračne struje i vjetrovi, raznašala su na široka područja Evrope znatne količine pijeska i prašine iz koje je nastao les ili prapor. Rastrošeni materijal, kad je jednom zračnim strujama podignut sa podloge, može kao u suspenziji dugo ostati u izvjesnim zračnim visinama i biti daleko nošen. Dobro i vrlo dobro zaobljeni listićavi minerali u analiziranim uzorcima – donekle i disten – mogu poslužiti kao ilustracija finog gibanja.

Pijesak otoka Suska također je nastao posredovanjem vjetra. U uvjetima semiaridne klime spuštale su se na vapnenačku podlogu goleme količine finoznog materijala. Tu je dakle bilo isključeno miješanje s organskim materijalom (rastvaranje i rastapanje) a niti je vodenim putem donošan materijal izvana. Pijesak je ne samo u mineralnom, nego i u granulometrijskom sastavu gotovo homogen. Jedino odstupanje u tome pogledu opaženo je u uzorcima uzetim iz donjih dijelova pješčanog sedimenta (uzorci 5031, 5032, 5033 i 5034) koji su predstavljeni kumulativnom krivuljom br. 1 (sl. 2). Na krivulji br. 2 (uzorak 5035) opaža se opadanje iznosa pješčane frakcije na račun zrna siltnih dimenzija. U svim je ostalim uzorcima siltna frakcija u predominaciji, kako se to razabire iz tabele III i kumulativnih krivulja 3, 4, 5, 6, 7. Zbog vrlo malih varijacija u granulometrijskom sastavu mnoge bi se krivulje poklapale, stoga je bilo tehnički nemoguće sve njih grafički prikazati. Pijesak je dobro sortirani, a to i jest karakteristika eolskog sedimenta.

Pojava nešto krupnijih zrna (veličine dijametra pijeska) u sastavu spomenutih uzoraka mogla bi se pripisati nešto jačoj aktivnosti vjetra u prvom stadiju atmosferske depozicije materijala. Iz sastava se svih ostalih uzoraka zaključuje na vjetar slabije jačine i kontinuiranu sedimentaciju za razliku od vukovarskog lesa, gdje izlužene tamnije zone i nađeni tragovi ondašnjih organizama (kosti glodavaca i sl.) upućuju na izvjesne prekide u nastajanju toga sedimenta.

Kako se općenito smatra da se bitne karakteristike lesa zasnivaju u prvom redu na teksturnim i strukturnim karakteristikama sedimenta (mineralni je sastav podređenog karaktera, može biti promjenljiv), zatim da je kalcijev karbonat važan sastojak lesa, to je pijesak otoka Suska – i susjednih otoka Unija i V. Srakana – sediment takvoga tipa. Jedine promjene u teksturi ovoga sedimenta svode se na epigenetsko formiranje vapnenačkih konkrecija i aktivnosti recentnih i živih organizama.

Najljepše zahvaljujem dru L. j. B a r i ć u što je izvršio optička mjerenja feldspata i kuteva optičkih osi 4 minerala. Isto tako zahvaljujem Biserki Šć a v n i ć a r, višem stručnom suradniku Instituta za geološka istraživanja, koja me je potakla na ovaj rad i pomogla mi savjetima.

Prihvaćeno 29. 10. 1966.

Institut za geološka istraživanja
Zagreb, Kupaska 2.

LITERATURA

- Aleksandrović, D. (1956): Pokušaj klasifikacije lesa i lesoidnih sedimenata u Podunavlju i Pomoravlju prema granulometrijskom sastavu i sadržaju CaCO_3 . Zemljište i biljke, 5, br. 1–3, Beograd.
- Ambrosi, C. d' (1955): Note illustrative della carta geologica delle tre Venezie: foglio Trieste, Padova.
- Fortis, A. (1771): Saggio d'osservazioni sopra l'isola di Cherso ed Osero. Venezia.
- Gorjanović-Kramberger, K. (1922): Morfologijske i hidrografijske prilike prapornih predjela Srijema te pograničnih česti županije virovitičke. Glasn. hrv. prir. dr. 34. Zagreb.
- Kišpatić, M. (1910): Der Sand von der Insel Sansego (Susak) bei Lussin und dessen Herkunft. Verhandl. geol. Reichsanst., No 13, Wien.
- Klähn, H. (1935): Sedimentation subaerischer Sedimente (Sand und Löss). Zeitschr. deutsch. geol. Gesellsch., 87. Berlin.
- Lorenz, J. R. (1859): Skizzen aus der Bodulei und der benachbarten Küsten. Mitteil. aus Justus Perthes' geogr. Anstalt. Gotha.
- Mamžić, P. & Mutić, R. (1965): The Sand of the Island of Susak. Bull. Sci. Cons. Acad. RPF Yougosl. 10, 7–8. Zagreb.
- Marchesetti, C. (1882): Cenni geologici sull'isola di Sansego. Boll. Soc. adriatica sc. nat. Trieste, 7. (non vidi)
- Moldvay, L. (1961): On the Laws Governing Sedimentation from Eolian Suspensions. Acta miner.-petrogr. 14. Szeged, Hungaria.
- Mutić, R. (1965): Sedimentno-petrografske analize uzoraka pijesaka: otoci Susak, Unije i V. Srakane. Arhiv Inst. geol. istraž. br. 4007/8. Zagreb.
- Pettijohn, F. J. (1949): Sedimentary Rocks. New York.
- Sacco, F. (1924): L'Istria. Mondovi.

- Salmojraghi, F. (1907): Sull'origine padana della sabbia di Sansego nel Quarnero. Rend. R. Ist. Lomb., 40, Milano. (non vidi)
- Schubert, R. (1909): Geologija Dalmacije. Zadar.
- Stache, G. (1872): Geologische Reisenotizen aus Istrien (Triest, Pisino, Sansego, Pomer, Albona). Verh. geol. Reichsanst. Wien.
- Stache, G. (1888): Neue Beobachtungen im Südabschnitt der Istrischen Halbinsel. Verh. geol. Reichsanst. Wien.
- Swineford, A. & Frye, J. C. (1955): Petrographic comparison of some loess samples from Western Europe with Kansas loess. Sed. Petrology. V. 25, No 1. Urbana, Ill. U. S. A.
- Sandor, F. (1914): Praporasti nanos otoka Suska. Vijesti geol. povj. Hrv. Slav., 3-4. Zagreb.
- Teruggi, E. M. (1957): The nature and origin of Argentine loess. J. Sed. Petrology. V. 27. No 3. Urbana, Ill. U. S. A.

R. MUTIĆ

THE SAND OF THE ISLAND OF SUSAK

Structure, composition, and conditions of deposition

In the literature covering a period of nearly 200 years, various interpretations of the origin of the sand of the island of Susak can be found. According to J. E. Lorenz (1859), for instance, the sands of the islands of Susak and Unije should have resulted from the sandy material brought from the mainland during the Pleistocene by under-sea springs. In G. Stache's (1872) opinion, the origin of the sands of both the island of Susak and the Istrian Peninsula should have a connection with the remains of the deltas of larger rivers separated from the mainland in the «anthropozoic» time. The same author (1888) supports A. Fortis (1771) and C. Marchesetti (1882), according to whom the sands of Istria and a broader Adriatic area might have resulted from the depositional activity of large rivers; during dry seasons, such sands would have been blown away by westerly winds to cover considerable areas. In F. Salmojraghi's (1907) opinion, the sands of the island of Susak represent a material deposited by the Po River, and distributed during the Quarternary by sea currents over a wide area. According to R. Schubert (1909), large amounts of sands and clayey material were deposited in the area of the North Adriatic during the Pleistocene period, corresponding to the loess deposits of Central Europe, their origin being ascribed to the activity of winds. M. Kišpatić (1910) believes these sands are the product of the weathering of carbonate rocks brought from the mainland by underground streams (underground springs). F. Sandor (1914) made a comparison between the Vukovar and Susak loess deposits, based on examinations of mechanical properties (grain size and water permeability), but no essential difference was found between these two types of loess. F. Sacco (1924) considers the sands of Istria and the surrounding small islands to be the result of the transportation of the sandy material that might have originated from the weathering of elasic deposits (Paleocene flysch), with water streams, sea water, or wind as the transporting agents. According to C. d'Ambrosi (1955), the equivalent sandy deposits of Northern Istria to a great extent of Aeolian origin. The sandy material was blown by winds during the Pleistocene glacial epochs from an extensive depression of the North Adriatic not covered by sea at that time. In this way, thick bodies of fluvio-glacial sediments were deposited, consisting of materials derived from Alpine regions.

The mineralogical composition of the sand of the island of Susak was examined by Salmojraghi and Kišpatić. In 1914 on the basis of a mechanical analysis, F. Šandor made a comparison of the sand of Susak with the sand from Vukovar and came to the conclusion that there were no essential differences between these sand sediments distant from each other.

On the occasion of the geological mapping (1964) of the islands in the Bay of Kvarner, a rather large number of samples of the Quarternary sands from the islands of Susak, Unije, and V. Srakane were collected, for the purpose of determining their structural characteristics, mineralogical composition, and depositional conditions.

The following are the conclusions obtained from the results of the sedimentary - petrographic analyses of the sand samples from the island of Susak:

1. By examining the roundness, sphericity, and surfaces of the sand grains, in the fraction of 0.12-0.20 mm., no characteristic features of geological significance could be observed. The grains are too minute to allow the possibility of mutual wear by impact. The effects of transportation (grains with rounded edges, mat surfaces, and traces of impact) occur only rarely. The grains are predominantly subangular, their surfaces have a glossy and smooth appearance.

2. The grain size of the analysed sands is in the range of very fine sand, silt, and clay (< 0.00162-0.25 mm.). On the ground of sieve analyses, combined with areometric methods, the sand was defined as a well sorted sandy silt.

3. Judging from the mineralogical composition of the sand, it appears that the petrographical composition of the rocks of the Alpine region corresponds to the source rocks of these sandy materials. It may be assumed that these minerals have their origin from the complex of »schistes lustrés«, the chlorite and amphibolite gneisses, and the green rocks of the basis mountain changed by action of Alpine metamorphism.

Taking further into account the features observed in the field, such as: the thickness of the sandy sediment (about 98 metres), the lack of stratification, the presence of perpendicular wall-like cliffs resulting from weathering, the colour of the sediment (greysh-yellow), calcareous silty aggregates and concretions (loess dolls) in the sand, the formation of the sandy deposits of the island of Susak may be attributed to aeolic activity. The sand of the island of Susak is loess.

The sand was apparently brought during one single period of time, in contrast to the Vukovar loess in whose weathering zones the organisms (bones of rodents and the like) pertaining to the period have been found. The sands of the island of Susak and the adjacent small islands of Unije and V. Srakane were formed in the Pleistocene, at the time when such material was being formed particularly intensively in the broader Alpine area.

Received 29th October, 1966

Institute of Geology,
Zagreb, Kupska 2.

TABLA - PLATE I

Teški mineral u pijesku (66 X)

Heavy minerals from the sand (66 X)

1-11 = amfibol (8 i 9 glaukofan)	22-23 = titanit
12-14 = epidot	24-26 = granat
15 = coisit	27-29 = turmalin
16-17 = apatit	30 = brukit
18 = staurolit	31-32 = hipersten
19 = disten	33-34 = muskovit
20-21 = kloritoid	35-36 = augit

Foto: V. Matz



