

Usporedba frakcije zrna gline i morfogeneze čestica kao karakteristike izvornog područja i okoliša taloženja (kredna formacija Lokoja, bazen Nigera, Nigerija)

C. Basseyy and O. Eminue

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Lokoja formacija gornje krede južnog dijela bazena Nigera u Nigeriji je dominantno pješčani facijes koji uključuje dva karakteristična člana, Lokoja i Patti siltit. Fluvijalni pješčenjak Lokoja pješčenjaka, petrološki je određen kao pretežno loše sortirani uglati do polu uglati, malo asimetričan do gotovo simetričan (raspored podataka prema osi simetrije), nezrela litična arkoza do sub litičnog artenita s više od 15% glinovitog detritičnog matriksa. Dominantno siltni, marinski do fluvijalni sedimenti Patti siltita određeni su kao masivni, srednje sortirani, polu uglati do polu zaobljeni, prosječno fino zakošeni i mineraloški zreli ali teksturno nezreli kvarcni areniti. Kvantitativne analize lakih, teških i glinenih frakcija uzoraka pješčenjaka Lokoja formacije također su pokazale razlike i omogućile svrstavanje tih sedimenata u donje i gornje mineraloške jedinice. Jugozapadno područje (podinske stijene) s gotovo ravninskom topografijom, koje je imalo relativno toplu i vlažnu tropsku paleoklimu, služilo je kao izvor detritskih materijala za Lokoja pješčenjak, čije je taloženje bilo brzo i slijedilo je tektonska kretanja (boranja i rasjedanja) na kontinentu. Patti siltitski sedimenti nastali su brzom erozijom karakterističnom za područje visokog reljefa (kristalaste podinske stijene Zapadne Afrike) s toplim i alkalijskim okolišem stvarajući uniformnu opskrbu stijenskim kršem kod sporije ali kontinuirane brzine taloženja.

Ključne riječi: Lokoja formacija, bazen Nigera, period krede, frakcija zrna gline

1. UVOD

Bazen Nigera općenito obuhvaća sjeverozapadni dio (često se naziva Bida ili Nupe subbazen) i njegove južne ekstreme gdje je nađena Lokoja formacija.^{4,19,26,27} To je glavni kredni sedimentacijski bazen u Nigeriji koji pokriva površinu od gotovo 3 000 km² (slika 1).

Bazen Nigera je plitki bazen ispunjen marinskim i fluvijalnim slojevima različitih debljina od 3 do 4 km.^{24,5} Zanimanje za bazen nastalo je prvenstveno zbog pojave željezne rudače, posebno u južnom dijelu koji predstavlja područje ovog istraživanja (slika 1). Adeleye² je radio na sedimentologiji i stratigrafiji bazena. Braide⁹ je izvijestio o mogućem nalazištu plina i kondenzata u južnom dijelu što je potaknulo daljnja ispitivanja naftnih potencijala.

Ukupno 38 in situ uzoraka facijesa krede dobiveno je iz 19 lokaliteta istraživanog područja, od toga je za analize izabrano 23 uzoraka. Kao i svaki drugi sedimentni materijal, sedimenti Lokoja formacije nose obilježja svog transporta i taloženja, koja su korisna kod analiza litofacijesa, okoliša i materijala izvornog područja. Cilj je bio usporediti zrna i frakcije gline (mineralogija) pješčenjaka koji se javljaju na području Lokoja, zaključiti o načinu i povijesti transporta i na kraju odrediti podrijetlo sedimenata, paleoklimu i paleookoliš sedimenata.

2. GEOLOŠKA GRAĐA

Unutar istraživanog područja nađene su dvije različite vrste stijena. To su pretkambrijske podinske stijene i pješčenjački facijes kampana do mastrihta (70 – 65,5 Ma). Podinske stijene se sastoje od gnajsa i migmatita s izoklinalno naboranim linearnim pojasom metasedimentata gornjeg proterozoika do kambrija (500 Ma).²⁷ U njihov su intruzijom prodrli granit i kasnije mnogobrojne žile dolerita.

Uronjeni prekambrijski kompleks je direktno prekriven sedimentima krede (70 Ma) koji se sastoje od zaobljenih do poluzaobljenih krupnoznatih konglomerantnih pješčenjaka, mješavine gline, pijeska i šljunka, lokalno stratificiranih pješčenjaka s raspršenim šljunkom, oblucima i velikim nanesenim kamenjem.³ Bazalni sedimenti, koji izvorno mogu biti aluvijalna lepeza, nejednoliko su prekriveni uglavnom pješčenjacima i siltitima. Pješčenjaci su poznati pod raznim lokalnim nazivima, kao što su Bida pješčenjak oko Bida-e (srednji bazen Nigera) i Lokoja pješčenjak oko ušća rijeke Benue u Niger u južnom dijelu bazena Nigera. Jones¹⁹ je opisao bazalni ili donji dio serije Lokoja pješčenjaka (tj. formaciju Lokoja) kao Lokoja pješčenjak a gornji dio kao Patti siltit. Nakon bazalnih slojeva slijede pretežno getitske, oolitske i pizolitske željezne rude različitih debljina i nazivaju se Agbaja željezna ruda locirana oko područja Lokoja (slika 2a i b) i Batiti željezna ruda oko Bida-e.²

Tablica 1a. Orijentacija valutica (Lokoja pješčenjak)

LOKALITET	VRIJEDNOSTI (u stupnjevima)	ARITMETIČKA SREDINA
2	151, 151, 153, 200, 167, 169, 155, 204, 120, 145	162°
6	190, 209, 210, 181, 155, 170, 176, 176, 185, 183	184°
3	203, 205, 193, 160, 215, 196, 183, 150, 210, 181	193°
4	195, 199, 203, 205, 197, 188, 167, 154, 138, 195, 200, 196, 192	187°
7	208, 202, 175, 187, 174, 155, 169, 171, 215, 220, 212	190°

Tablica 1b. Mjerenje kosih slojeva (Patti silitit)

140	36	14	46	45	52	14	43	38	15	41	123	23
40	45	11	51	20	42	12	46	11	51	43	38	32
18	43	42	135	51	16	23	53	46	33	29	31	50
06	59	60	10	40	133	14	48	42	21	40	51	59
29	43	35	08	45	47	47	04	43	21	08	40	23
41	48	19	30	52	21	50	36	53	59	45	46	126
43	42	38	33	45	46							

Podrijetlo bazena Nigera pripisano je riftu i izostatskom slijeganju koje je bilo povezano s odvajanjem Afrike od Južne Amerike. Ojo i Ajakaiye²⁴ ukazali su da iako u tom bazenu nema riftne faze i odgovarajućih vulkanskih i intruzivnih osobina, gravitacijski model ne isključuje potpuno riftnu fazu kao moguće ishodište, čime se bazen uglavnom određuje kao područje lokalnog slijeganja. Adeleye³ je opisao strukturni položaj bazena kao trog blago povijen prema dolje čija je epirogeneza usko povezana s pomicanjem zemljine kore tijekom santonske orogeneze (80 Ma) jugoistočne Nigerije i obližnje doline Benue. Landsatove snimke sugeriraju da je bazen pod prevladavajućim utjecajem rasjeda sa smjerom SZ-JI.²⁰ Paleogeografska prošlost bazena Bida, kako ju je opisao Aguingi⁶, otkriva da je tijekom mastrihta bazen bio poveznica za epikontinentalno more, između Gvinejskog zaljeva na jugu i proto-Mediterrana (Tetis) na sjeveru.

3. Metodika terenskih i laboratorijskih postupaka

Na istraživanom području postoje dobro raskrivene stratigrafske sekcije formacije pješčenjaka. Terenski podaci uglavnom su uzeti iz zaszeka na cestama i riječnih/potočnih kanala. Proučene i dokumentirane su detaljne karakteristike svakog sloja poput debljine, veličine zrna, orijentacije, teksture, boje, sedimentne strukture i druge. Terenski rad uključuje obilazak 9 lokaliteta unutar Lokoja, Abaji, Agbaja i Kotonkarific područja (slika 2a). Odabrano je 23 reprezentativnih uzoraka od ukupno 38 in situ uzoraka prikupljenih za razne laboratorijske analize, uključujući analize veličine zrna, petrografske i komponentne analize lakih i teških mineralnih frakcija.

Orijentacija valutica i smjer kose slojevitosti izmjereni su metrom. Analiza veličine zrna napravljena je na mokrim slabo konsolidiranim uzorcima pješčenjaka

nakon njihovog sušenja i segregacije. Težinski postotak zrna zadržanih na svakom od sita, uključujući pan (metalna zdjela na dnu kolone sita), kao i njihov kumulativni težinski postotak su određeni i zabilježeni i kasnije korišteni kod isertavanja krivulja vjerojatnosti i histograma, pokazujući tako postotke grubih ili finih zrna. Srednji promjer, medijan, standardna devijacija, asimetričnost i kurtosis (mjera zaobljenosti krivulje raspodjele frekvencija) izračunati su korištenjem linearne interpolacije kumulativnih težinskih postotaka od Φ_5 , Φ_{16} , Φ_{25} , Φ_{50} , Φ_{75} , Φ_{84} , i Φ_{95} . Matematičko rješenje predložili su Folk, Wards¹⁵ i Friedman.¹⁷

Komponentnom analizom pješčenjaka ispitanih petrografskim mikroskopom (x7,5) procijenjeno je da su te komponente: kvarc, feldspat, tinjci, fragmenti stijena i vezivo matriksa, registrirani su kao postotni sastav. Analize teških minerala provedene su na pješčanima zrnima sitom dimenzija 0,064 mm do 0,125 mm (3 do 4 mikrona) korištenjem metode specifične težine, nakon što su zrna obrađena kiselinom, kako bi se uklonio karbonat, glina i/ili zrnca/obloga željeznog oksida. Preostali dio od tri odabrana uzorka sita dobivenih s različitih točaka stratigrafskog stupca, dodatno je prosijan kako bi se sačuvala frakcija gline (frakcija od 2 mikrona) za analize rendgenskim difraktometrom.¹¹ Polukvantitativna analiza vrsta minerala gline provedena je za svaki pojedini uzorak identifikacijom vrhova prvog, drugog i trećeg reda.

4. Analitički rezultati

Rezultati svih analitičkih metoda korištenih u studiji prikazani su u nastavku. Kritička procjena svakog skupa rezultata pomogla je pravilnoj interpretaciji i korisnoj raspravi u ovom radu.

4.1 Rezultati

Zabilježeni podaci o orijentaciji šljunka i kosoj slojevitosti prikazani su u tablicama 1a i 1b. Ti su podaci

Tablica 2. Sumarni rezultati analiza veličine zrna (klasifikacija prema ref.15)

UZORAK BR.	TEKSTURNA NOMENKLATURA	SREDNJA VELIČINA ZRNA (f)	MEDIJAN VELIČINA ZRNA (f)	SORTIRANJE (f)	ASIMETRIČNOST	KURTOSIS (Koefficient zaobljenosti krivulje raspodjele frekvencija)
3c	V krupno zrnati do fino zrnati pijesak	0,55	0,35	1,20 slabo sortirani	-0.05 gotovo simetrična raspodjela	1.30 Leptokurtic (šiljatija od normalne krivulje)
4a	V krupno zrnati do srednje zrnati pijesak	0,47	0,40	1,27 slabo sortirani	0.07	1,05 Leptokurtic
4c	Krupno zrnati do srednje zrnati pijesak	0,48	0,40	1,25 slabo sortirani	0.03 gotovo simetrična raspodjela	1,06 Leptokurtic
5b	V krupno zrnati do srednje zrnati pijesak	0,35	0,31	1,15 slabo sortirani	-0.02 gotovo simetrična raspodjela	1,00 Mesokurtic (zaobljenost normalne krivulje)
6a	Srednje zrnati do fino zrnati pijesak	2,00	1,91	0,77 srednje sortirani	0,06 gotovo simetrična raspodjela	1,35 Leptokurtic
6b	Srednje zrnati do fino zrnati pijesak	2,10	2,00	0,78 srednje sortirani	0,05 gotovo simetričan raspored	1,35 Leptokurtic
6d	Srednje zrnati do krupno zrnati	2,11	0,90	1,21 slabo sortirani	0,15 malo asimetrična raspodjela	1,42 Mesokurtic
10	Srednje zrnati pijesak	2,10	1,98	1,30 slabo sortirani	0,16 malo asimetrična raspodjela	1,00 Leptokurtic

korišteni za pripremu dijagrama prostornog rasporeda (slike 3a i 3b) na osnovu čega je donesen zaključak o smjeru paleostruje i ishodišta sedimenata.

Smjer paleostruje ne mijenja se mnogo za svaki od članova. Uglavnom je to smjer SSZ za Patti siltit i JI za Lokoja pješčenjak (slika 2a, slika 3a i b). Pregled izračunatih rezultata iz analize veličine zrna prikazan je u tablici 2. Uzorci iz Lokoja pješčenjaka su pretežno krupno do srednje zrnati i uglavnom imaju bimodalnu distribuciju. Oni su osim toga slabo sortirani i s pozitivnim (krupno) koeficijentom asimetrije do gotovo simetrične raspodjele (podaci su podjednako raspoređeni s lijeve i desne strane osi simetrije). U Patti siltitu dominiraju podjedinice siltita od gotovo simetrične do malo asimetrične raspodjele i umjereno sortirane.

Odgovarajući dvomjerni graf asimetričnosti u odnosu na sortiranost i dijagrama sortiranosti nasuprot srednjoj

veličini zrna, prikazani su na slikama 4a i 4b. Na osnovu toga doneseni su zaključci o okolišu taloženja kao i o okolnostima transportiranja medija.^{14,16,17} Tablice 3a i 3b prikazuju rezultate izbrusaka (analize komponentnog sastava) lakih i teških minerala na 14 uzoraka.

Iz analiza komponentnog sastava izbrusaka, na Lokoja pješčenjacima registrirano je prosječno 0,8% frakcije teških minerala, dok na uzorcima Patti siltita teški minerali sačinjavaju 0,3%. U oba člana teški minerali su neprozirni (opaki), u rasponu od 65% do 90% i uključuju hematit, limonit, limonit i leukoksen (leucoxene) u svim veličinama zrna. Među prozirnim mineralima su cirkon (najobilniji u oba člana s prosječnom vrijednošću od 9,1% za Lokoja i 15,1% za Patti siltite), tinjci (6% za Lokoja pješčenjak i 2% za uzorke Patti) i turmalin (3% za Lokoja pješčenjak i 4% za Patti siltit). Od prozirnih minerala najmanje je stauroilita kojeg nema na lokaciji

Tablica 3a. Analize modalnog sastava (%) izbruska na 14 uzoraka Lokoja pješčenjaka

Članovi	Uzorak br.	Epidot	Granat	Cirkon	Rutil	Mica	Turmalin	Neprozirni	Z-T-R indeks
Lokoja	10	-	0,2	5,9	-	9,2	2,0	79	38
	6a	1,0	0,4	4,2	-	3,9	0,7	89	49
	6b	-	2,0	6,9	-	7,5	3,0	80	50
	4a	0,4	1,4	16,1	2,2	8,3	3,2	65	61
	3c	0,2	3,0	9,3	1,3	4,9	2,6	76	55
	11b	-	6,0	12,5	-	5,8	4,1	69	54
	12a	0,1	3,2	8,8	1,1	6,7	2,5	73	46
Patti	19a	0,1	0,1	5,4	2,3	1,2	2,1	88	80
	15c	-	-	10,7	1,7	1,1	2,9	82	85
	15a	-	1,0	19,5	1,5	5,2	3,0	68	75
	16b	-	0,2	19,4	1,3	2,5	8,6	66	86
	16c	0,5	-	12,9	0,8	3,8	6,2	75	80
	17a	0,1	0,7	20,1	1,0	0,3	3,0	74	92
	17b	-	-	18,0	0,4	3,0	2,4	77	83

Tablica 3b Sastav izbruska (%) prozirnih i neprozirnih teških minerala Lokoja pješčenjaka							
Članovi	Uzorak br.	Kvarc	Feldspar	Mica	Fragment stijene	Teški minerali	Vezivo i matriks
Lokoja	10	36,6	12,3	0,8	9,7	0,6	30,3
	6a	43,5	8,7	0,3	12,3	1,1	27,6
	6b	52,3	9,8	0,1	8,9	1,5	24,3
	4a	49,1	6,3	0,2	4,7	0,8	23,3
	3c	46,8	3,1	0,1	6,5	0,5	29,8
	11b	37,5	10,5	0,3	9,3	0,6	33,3
	12a	39,2	9,9	0,4	8,7	0,4	31,6
Patti	19a	50,1	2,2	0,3	2,5	0,6	35,2
	15c	58,3	0,1	0,1	0,6	0,4	19,4
	15a	52,9	-	0,1	0,8	0,3	22,1
	16b	60,2	0,6	0,2	1,9	0,2	20,8
	16c	67,0	-	0,2	1,8	0,4	11,6
	17a	55,3	0,1	0,1	1,9	0,5	26,0
	17b	65,7	-	0,2	2,1	Trace	21,1

Patti. Teški minerali Lokoja pješčenjaka mogu se podijeliti u dvije skupine: a. ultrabazična skupina koju čine cirkon, turmalin i rutil (zajednički u cijeloj formaciji) i b) metastabilna skupina koja u promjenljivom omjeru uključuje granat, epidot i staurolit. Na toj osnovi su Folk^{12,13} i Pettijohn²⁵ klasificirali te klastične sedimente na proučavanom prostoru kao nezrele i poluzrele za Lokoja i Patti članove.

Statistička obrada kompozicijskih podataka napravljena je uvađanjem četiri mineraloška indeksa omjera izračunatih iz srednjih vrijednosti u svakom članu. Ona je pokazala da je Lokoja pješčenjak bogat polikristalnim kvarcom i fragmentima metamorfnih stijena s epidotom, biotitom i granatom kao zajedničkim teškim mineralima. Glavni minerali gline su kaolinit i montmorilonit. Više je zastupljen kaolinit (filosilikat tipa 1:1) određen na temelju karakteristika 7Å razmaka 001 bazalne refleksije. Montmorilonit (naziv za sve raširene minerale gline, osim vermiculita), određen je prema karakterističnoj bazalnoj refleksiji. Manje je raširen ali pokazuje značajan postotak rasta u stratigrafskom stupcu, dok postotak kaolinita raste s dubinom. Vrsta i raširenost minerala gline u sedimentima odražava područje napajanja sedimentnim materijalom, paleoklimu, kemiju sedimentacijske sredine i diagenetsku prošlost sedimenata.¹⁸

5. Interpretacija i rasprava

Integrirani pristup koristio je rezultate različitih analitičkih metoda i doveo je do interpretacije analitičkih ciljeva. Ovime je povećano prijašnje znanje o izvornim područjima i paleoklimi za tvari, danas poznate kao Lokoja formacija.

5.1. Mineralogija i dijageneza pješčenjaka

Mineralogija pješčenjaka pokazuje i lake i teške (neprozirne i prozirne) komponente (tablica 3). Lokoja pješčenjak je bogat zrnima polikristalnog kvarca i fragmentima metamorfnih stijena s epidotom, biotitom i granatom kao zajedničkim teškim mineralima. Patti siltit

je bogat zrnima monokristalnog kvarca i fragmentima granitne stijene s muskovitom i granatom kao zajedničkim teškim mineralima. Lokoja pješčenjak sadrži natrijski plagioklas i veći postotak vezivne tvari, uglavnom vrsta gline, dok Patti siltit sadrži kalijski feldspat s željezovitom vezivnom tvari (slika 6). Kaolinit je zajednički mineral gline u Lokoja pješčenjaku, dok je u Patti sedimentima rašireniji montmorilonit.

Dijageneza se obično proučava u oba člana. Međutim zbog visokog sadržaja vezivne tvari i slabog do umjerenog sortiranja, zbijenost je jača u Lokoja pješčenjaku s primjetno deformiranim ljuskama tinjca. Zrna kvarca u Patti siltitu su uglavnom u kontaktu u slučaju litifikacije i ferrugination (proces u kojem u alteraciji stijena sa sadržajem željeza, rezidualni sediment postaje prožet i obojen smjesom željeza) povezanih s visokim sadržajem željeza. Učinci zbijanja i visokog sadržaja gline i minerala željeza jednako pridonose smanjenju početne poroznosti i propusnosti.

5.2. Teksturna zrelost pješčenjaka

Teksturna zrelost je jedna od najvažnijih varijabli pri određivanju okoliša taloženja, tj. za opis vijanja, sortiranja i abrazije detritusa. Oba člana su teksturno nezrela (tablica 2) jer imaju relativno visok postotak gline (<5%) i visoku vrijednost sortiranja (općenito veću od 0,50).¹⁴ Uspoređujući kristaličnost, Patti siltit pokazuje veću zrelost od Lokoja pješčenjaka. Mineraloška zrelost određena je na temelju indeksa cirkon-turmalin-rutil (ZTR), čiji je statistički izraz:

$$\text{ZTR indeks} = Z + T + R (100)/\text{Prozirni} \quad (1)$$

Srednji postotak ZTR indeksa za Lokoja pješčenjak je 50% a za Patti siltit 83%, što pokazuje da je siltit mineraloški zreliji. Patti siltit ima manji srednji sadržaj feldspata (<5%) u usporedbi s Lokoja pješčenjakom (8,7%), prikazano u tablici 3a.

5.3. Povijest transporta

Opće je poznato da veličina zrna ovisi uglavnom o jačini struje (brzini) lokalnog okoliša i veličine čestica na izvoru. Stupanj sortiranja zrna je isto tako funkcija postojanosti i stabilnosti energetske uvjeta. Slabo sortiranje i uglatost klastičnih zrna Lokoja pješčenjaka u kombinaciji s visokim postotkom polikristalnog kvarca, fragmenata stijena i svježeg feldspata, jasno pokazuje da su sedimenti imali kratki transport. Ovime je otklonjena mogućnost da sedimenti potječu iz drugog ciklusa erozije i taloženja. Niski sadržaj feldspata u Lokoja pješčenjaku može ukazivati na dugački transport. Međutim, to može ukazivati na intenzivno raspadanje i veličinu izvornog područja. Ostale teksturne i mineraloške karakteristike, kao što su poluzaobljena zrna kvarca, viša vrijednost sortiranja, rijetki labilni fragmenti stijene, niski sadržaj metastabilnih teških minerala i viši omjer monokristalni/polikristalni kvarc na kraju ukazuju na dugački transport tijekom prvog ciklusa erozije i sedimentacije. Osim toga, uzorci Patti pješčenjaka iz područja Ozi (slika 2) ukazuju na bimodalnu distribuciju što se smatra mješovitim sedimentima iz različitih izvornih područja.

5.4. Podrijetlo pješčenjaka

Prisutnost fragmenata granitnih i metamornih stijena u uzorcima Lokoja pješčenjaka i česta pojava mikrokлина, ortoklasa i visoki postotak polikristalnih zrna kvarca ukazuje na granitski gnajs ili još bolje na migmatitski (podina) materijal matične stijene. Ovo je dodatno potkrijepljeno raširenim pojavom cirkona kao teškog minerala. Prema Milneru²³, detritski cirkoni obično potječu iz kiselih i neutralnih eruptivnih stijena a rjeđe iz škriljavca i mramora. Granat i turmalin (poznati akcesorni minerali metamornih stijena), obilno su zastupljeni u Lokoja pješčenjaku, kao i visoki postotak kaolinita (obično nastaje zbog intenzivnog trošenja i gubljenja kationa zbog izluživanja Al-silikatnih stijena).⁸ Valutice Lokoja pješčenjaka često su nagnute manje ili više u smjeru sjevera (Slike 3a i 3b) što je reakcija na glavnu struju transporta. To je značajan pokazatelj da sedimenti Lokoja pješčenjaka potječu iz podinskih stijena na jugozapadu Nigerije (slika 1).

Patti siltit klasificiran je kao kvarcni arenit. Slike 5 i 6 pokazuju prikazuju pojave glinjaka, masivnih siltita i fino do krupno zrnastih podjedinica pješčenjaka s dominantno poluzaobljenim monokristalnim zrnima kvarca. Pojava većeg postotka montmorilonitske gline (izvedenih iz alkalnih i vapnenih eruptivnih stijena) ukazuju na moguće drugačije podrijetlo nego u starijim članovima. Takve matične stijene mogu biti metasedimenti ili eruptivne stijene. Debeli laminirani, smeđi ili crni šejlovi morskog podrijetla, kao i pertit i ortoklas feldspat koji su povezani sa sedimentima člana, podržavaju gornju tvrdnju. Serija slojeva teških minerala sastoji se od granata, cirkona i turmalina i ukazuje na metamorfno porijeklo. Rezultat analiza paleo struje (slika 3b) ukazao je na longitudinalni transpot duž osi bazena prema sjeverozapadu. To ujedno otkriva manji prinos sedimenta sa suprotne strane bazena. Ovu tvrdnju podržava Baraide¹⁰ koji je pokazao da se osim longitudinalnog pritjecanja sedimenta duž osi bazena,

bazen puni i iz rubova bazena s južnih i sjevernih sekcija Lokoja formacije.

Iz prijašnje rasprave očito je da, dok su Lokoja pješčenjaci u cijelosti podrijetlom iz jugozapadnog dijela bazalnog kompleksa Nigerije (slika 1), Patti siltiti su možda prošli miješanje sedimenta naročito u ranoj fazi taloženja. To bi moglo odgovarati razdoblju visoke razine mora što se je možda dogodilo kada je Tetis more spojilo s rasprostranjenim Gvinejskim morem tijekom transgresije duž istraživanog područja. Posljedica toga je bilo taloženje donjeg pješčenjaka u Patti siltitu. To je potvrđeno bimodalnim prikazom distribucijske krivulje veličine zrna. Kasnije je taloženje u Tetis moru rezultiralo slojevima silta i glinovitih materijala (posebno laminiranih, smeđih i crnih šejlova) i eventualno najmlađih pješčenjaka. Adeleye i Dessauvage⁴ su izvijestili o prisutnosti morskih fosila, uključujući puževe i kamenice, kao i vrsti amonita karakterističnih za toplo more razdoblja mastrihta (62 Ma) na tom području. Oni su uočili da crni šejl nosi znakove manjeg utjecaja mora što podržava gornju postavku.

5.5 Taložni okoliš

Poznati autori^{13,15,16,17,21} raznih sedimentacijskih studija povezali su statističke parametre analize veličine zrna s okolišem. Ipak, integracija drugih mjerljivih parametara okoliša, kao što su sedimentne strukture i geološke građe zajedno s karakteristikama zrna, omogućila je djelotvornu interpretaciju okoliša. Freidman¹⁷ je istaknuo da su teksturni parametri osjetljivi na okoliš. Iz dijagrama rasipanja asimetričnosti u odnosu na sortiranje i sortiranja u odnosu na srednju veličine zrna, mogući je zaključak da su Lokoja pješčenjaci sedimenti transportirani rijekom i taloženi u fluvijalnom okolišu (slike 4a i 4b). Freidman¹⁶ ističe da je riječni transport jednosmjerni i kao takav karakterističan po prisutnosti i fine i grube frakcije za razliku od okoliša plaže zapljuskivanog valovima što stvara čiste klastite negativne asimetričnosti. Lokoja pješčenjak je vjerojatno doživio brzo taloženje, s mogućim nagibom blizu 90° i brzim prekrivanjem, što je dovelo do očuvanja neizmijenjenih slatkovodnih, uglastih i poluuglastih zrna feldspata i fragmenata stijena u fino zrnatim pješčenjacima sa složenim zrnima minerala i liskuna. Prisutnost fragmenata glinovitih stijena sa složenim zrnima minerala, ukazuje da je okoliš njihovog taloženja bio niske energije kao u slučaju sedimenta vodoplavne ravnice rubne anastomozne (prepletene) rijeke.⁷ Tijekom poplava promjena struje možda je ponovo promijenila sedimente vodoplavne ravnice koje lagano mogu biti erodirane kao granule i valutice pod prevladavajućim hidrodinamičkim uvjetima.⁷ Obilje autigenih i detritskih matriksa/veziva gline, dominantno kaolinita, ukazuje da je okoliš taloženja Lokoja pješčenjaka bio kiseo, iako omjer autigenih i detritskih kaolinita nije određen.

Karakteristike Patti siltita ukazuju na intenzivnije trošenje na području odnošenja ili na okoliš njihovog taloženja. Ovo može biti funkcija zrelosti geomorfologije područja odnošenja ili okoliša taloženja. Sadržaj feldspata i labilnih fragmenata stijena su eliminirani fizičkim i kemijskim trošenjem. Ispitivanje sedimenta ukazalo je na postupno ali polagano taloženje povezano

sa sezonskim promjenama, tako da su felšpat i biotit zajedno s metastabilnim teškim mineralima znatno izmijenjeni, što je dovelo do mineraloške zrelosti pješčenjaka. Međutim, slabo do umjereno sortiranje i visoki sadržaj matriksa/veziva označio je pješčenjak kao teksturno nezreo. Pješčenjak je vjerojatno potvrdio da se radi o kanalnom taloženju u polaganoj, usporavajućoj struji meandra koja je tipična za vodoplavne ravnice. Masivni siltit djelomično ukazuje na mirno taloženje fino transportiranog sedimentnog materijala u novom riječnom koritu i poplavljenom području, na kojem bi to moglo biti sezonski. Argilit ukazuje na mirno jezersko taloženje najfinijih terigenih klastita, ostavljenih u barama na južnom dijelu bazena Nigera, tijekom sedimentacije Patti siltita. Raširena pojava željezovitih proslojaka ukazuje na postupno nastajanje bazena južnog Nigera pod pretežno kontinentalnim subaeralnim uvjetima. Slični željezoviti proslojci javljaju se u Enagi siltitu Bida-e (srednji dio) bazena Nigera.¹ Crni laminirani šejl, tipičan za marinski utjecaj, vjerojatno potvrđuje utjecaj mora Tetis na taloženje Patti siltita. Povećana količina montmorilonita sa stratigrafskim amplitudama, ukazuje na kiseli okoliš taloženja Patti sedimentata zbog čega je montmorilonit postao vrlo stabilan.

5.6 Interpretacija paleokoliša

Najkarakterističnije svojstvo Lokoja pješčenjaka je visoki postotak kaolinita (72% od svih minerala gline). To ukazuje na kiseli okoliš kod kojeg je kaolinit stabilniji. S druge strane, montmorilonit (38%) je stabilan u alkalnom okolišu. Montmorilonit pokazuje u postotcima značajan porast zastupljenosti prema vrhu člana (Lokoja pješčenjaka). To bi moglo značiti da kontinuirana proslojenost bazičnog montmorilonita pada s dubinom i da se potom nanovo pretvara u kaolinit. To ukazuje na prijelaz od slabe na vrlo jaku hidrolizu na kontinentu.

Dok je kaolinit klimatski najviše zastupljen na području napajanja sedimentnim materijalom s intenzivnim trošenjem, gdje je izluživanje kationa visoko što dovodi do koncentracije mobilnih aniona koji nastaju samo u toplim i vlažnim paleoklimama.²² Montmorilonit se više stvara u slabo hidroliziranom terestričkom okolišu s toplom ali kratkom vlažnom paleoklimom visokog reljefa. Budući da je relativni udio minerala gline određen njihovim porijeklom, točno je reći da sedimenti Lokoja pješčenjaka i Patti siltita moraju potjecati iz dva različita paleoklimatska izvora ili okoliša. Razlike u sastavu feldspata (alkalijski feldspat se javlja u Patti siltitu, dok se natrijski feldspat javlja u Lokoja pješčenjaku) u kombinaciji s prisutnošću amfibola u sedimentima Patti siltita daju dodatnu potvrdu postojanja dva različita izvorna područja za dva člana pješčenjaka.

6. Zaključak

Područje napajanja sedimentnim materijalom i paleoklimatski uvjeti, između ostalog, karakteristično je po su klastičnim sedimentima posebno pješčenjacima. Kvalitativne analize lakih, teških i frakcija gline tih stijena mogle bi otkriti njihove petrografske varijacije

koje bi dovele do otkrivanja režima područja, paleoklime i tektonike. Pravilno razumijevanje početne morfologije i evolucije morfologije skeletne rešetke zrna pješčenjaka, također pridonose donošenju pouzdanog zaključka o području njihovog napajanja sedimentnim materijalom, povijesti transporta i sedimentacijskoj sredini. Ti parametri su iskorišteni za procjenu raznih facijesa gornje krede (70 – 65,5 Ma) Lokoja formacije koja se javlja na površini u južnom bazenu Nigera (Nigerija).

Intenzivno raspadanje na području gdje je prevladalo izluživanje kationa u toploj i vlažnoj paleoklimi, karakteriziraju sedimente Lokoja pješčenjaka. Ovi sedimenti imaju visoki sadržaj kaolinita i bogati su natrijskim plagioklasom. Ovi sedimenti Patti siltita bogati montmorilonitom su produkt intenzivnog raspadanja u slabo hidroliziranom terestričkom okolišu s toplim ali kratkom vlažnom paleoklimom visokog reljefa a bogati su kalijevim feldspatom i povezani su s mineralizacijom željezne rude. Te razlike su dijelom povezane s plitkim okolišem taloženja u unutrašnjosti koje preferira pojavu kiselih uvjeta za Lokoja pješčenjak i alkalnih uvjeta za Patti siltit. Ova studija je pokazala da je usporedba frakcija zrna gline kao i morfogeneza skeletne rešetke zrna pouzdana karakteristika za određivanje izvornog područja i povijesti taloženja detritskih sedimentata.



Autori:

Clement Bassey, Department of Geosciences, Akwa Ibom State University, Mkpata Enin, Nigeria.

Oboho Eminue, Department of Geosciences, Akwa Ibom State University, Mkpata Enin, Nigeria

UDK : UDK : 550.8 : 553.28 : (669)

550.8	geološka istraživanja
553.28	vrsta ležišta, osobine ležišta
(669)	Nigerija