Morska i jezerska sedimentacija u potopljenom u potopljenom kršnom bazenu

Brunović, Dea

Doctoral thesis / Disertacija

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:836080

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Dea Brunović

MORSKA I JEZERSKA SEDIMENTACIJA U POTOPLJENOM KRŠKOM BAZENU: TALOŽNI SUSTAV LOŠINJSKOGA KANALA TIJEKOM KASNOG KVARTARA

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2019.

University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE

Dea Brunović

MARINE AND LACUSTRINE SEDIMENTATION IN A SUBMERGED KARST BASIN: THE LATE QUATERNARY LOŠINJ CHANNEL DEPOSITIONAL SYSTEM

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2019

Sveučilište u Zagrebu

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Dea Brunović

MORSKA I JEZERSKA SEDIMENTACIJA U POTOPLJENOM KRŠKOM BAZENU: TALOŽNI SUSTAV LOŠINJSKOGA KANALA TIJEKOM KASNOG KVARTARA

DOKTORSKI RAD

Mentor: dr.sc. Slobodan Miko

Zagreb, 2019.

University of Zagreb

FACULTY OF SCIENCE

Dea Brunović

MARINE AND LACUSTRINE SEDIMENTATION IN A SUBMERGED KARST BASIN: THE LATE QUATERNARY LOŠINJ CHANNEL DEPOSITIONAL SYSTEM

DOCTORAL THESIS

Supervisor: dr.sc. Slobodan Miko

Zagreb, 2019

Ovaj doktorski rad izrađen je u Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu, pod vodstvom dr.sc. Slobodana Mike, u sklopu Interdisciplinarnog doktorskog studija iz oceanologije Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Izrada doktorskog rada omogućena je stipendijom Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) kroz program „Projekt razvoja karijera mladih istraživača-izobrazba novih doktora znanosti“ (DOK-06-2014), pod mentorstvom dr.sc. Slobodana Mike. Materijalni troškovi istraživanja i izrade rada financirani su od strane HRZZ-a kroz projekt „LoLADRIA“ (Lost Lake Landscapes of the Eastern Adriatic Shelf/Nestali jezerski krajobrazi istočnog dijela Jadranskog mora; HRZZ-IP-2013-11-9419), te EU projekt EMODNET Geology II.

Zahvale

Najveće hvala dugujem ravnatelju i mentoru dr. sc. Slobodanu Miki na iznimnoj pomoći i podršci od samog početka izrade disertacije i terenskih istraživanja, pa sve do finalnih faza pisanja. Kad god je trebalo mentor je bio „tu" sa svojim savjetima, idejama, razmišljanjima i diskusijama bez kojih ovog doktorata nikad ne bi bilo! Vrijeme i trud koji ulaže u posao kojim se bavi uvijek su bili dodatna motivacija. Zahvaljujem mu i na radnom i uvijek pristupačnom okruženju koja vlada unutar naše „LoLADRIA" istraživačke grupe!

Hvala i ocjenjivačima disertacije prof. dr. sc. Mladenu Juračiću, prof. dr. sc. Vlasti Ćosović i prof. dr. sc. Ivanu Sondiju na svim korisnim komentarima koji su značajno poboljšali disertaciju.

Veliko hvala dr.sc. Nikolini Ilijanić, predstojnici Zavoda za mineralne sirovine, na kojem je ova disertacija izrađena. Zahvaljujem joj na nesebičnoj pomoći u terenskom radu i pripremi jezgara za analize, te također na brojnim mineraloškim analizama koje je napravila.

Iskreno se zahvaljujem dr.sc. Ozrenu Hasanu na napornom terenskom radu, kao i kartama koje je napravio za disertaciju. Iako sam često imala zahtjeve vezane uz boje, tonove i slične stvari uvijek je imao strpljenja. Veliko mu hvala i na „cimerstvu" i prijateljskoj atmosferi od mog prvog radnog dana!

Zahvaljujem se mr.sc. Martini Šparici Miko na velikom broju analiza organskog i anorganskog ugljika i dušika i svim ostalim laboratorijskim savjetima i pomoći. Također se zahvaljujem Ana-Mariji Heski, mag.ing.cheming. i Heleni Ćućuzović, mag.ing.cheming. na brojnim granulometrijskim analizama. Veliko hvala i dr.sc. Valentini Hajek-Tadesse na analizama ostrakodne zajednice i učenju „šlemanju", te dr.sc. Koraljki Bakrač na analizama palinomorfa. Od srca zahvaljujem i dr.sc. Zoranu Pehu na statističkim analizama i učenju o istima. Hvala i kolegi dr.sc. Ivanu Razumu s Hrvatskog prirodoslovnog muzeja na terenskom radu, rezanju prvih jezgara, brojnim diskusijama, te savjetima o geokemiji i statistici. Zahvaljujem se Petri Šparici, dipl.ing.geol. i Dragani Šolaji, mag.geol. na pomoći u pripremi jezgara. Svima im zahvaljujem i na vedrom radnom okruženju i produktivnim zajedničkim trenucima u labosu.

Veliko hvala zaslužuju Hrvoje Burić i Edin Badnjević, koji su uz Slobodana Miku, Ozrena Hasana, Ivana Razuma i Nikolinu Ilijanić uložili veliki napor u terenskom radu i bušenju jezgara bez kojih ova disertacija ne bi bila moguća.

Hvala i kolegama sa Sveučilišta u Patrasu. George Papatheodorou, Maria Geraga, Nikos Georgiou, Spiros Sergiou, Xenophon Dimas, Dimitris Christodoulou, George Ferentinos i Margarita Iatrou pomogli su ne samo na geofizičkom snimanju Lošinjskoga kanala, već i u periodu kojeg sam provela u njihovom laboratoriju. Annamaria Correggiari i Stefano Miserocchi omogućili su snimanje jezgara na μXRF skeneru na Institutu za znanost o moru (CNR-ISMAR) u Bologni. Zahvaljujem i Tatjani Durn iz Hrvatske agencije za ugljikovodike koja je ustupila i interpretirala profile duboke seizmike.

Hvala i svim drugim djelatnicima Zavoda za mineralne sirovine i Hrvatskog geološkog instituta koji su posljednje 4 godine svakodnevicu na Institutu učinili ugodnom. Posebice bih se zahvalila Dragani Šolaji, Jasminki Martinjak i Mireli Žic na prijateljstvu i podršci kad god je bilo potrebno!

Mojim najdražima, mojoj obitelji, hvala što su bili uz mene sve ove godine studiranja i u svim trenucima moj najveći oslonac!

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. LITERATURNI PREGLED 3
2.1 Podjela kvartara 3
2.2. Eustatske i relativne promjene razine mora 4
2.3 Pregled istraživanja relativnih promjena razine mora i paleookolišnog razvoja Jadrana 5
2.3.1 MIS 12- MIS 8 (478-245 000 godina prije sadašnjosti) 5
2.3.2 MIS 7 (245-186 000 godina prije sadašnjosti), MIS 6 (186-128 000 godina prije sadašnjosti) 8
2.3.3 MIS 5 (128 -71 000 godina prije sadašnjosti) 9
2.3.4 MIS 4 (71 - 59 000 godina prije sadašnjosti), MIS 3 (59-24 000 godina prije sadašnjosti) 11
2.3.5 Posljednji glacijalni maksimum (LGM)-holocen (30 000 godina prije sadašnjosti-danas) 12
2.4 Depresije u kršu 23
2.4.1 Ponikve 24
2.4.2 Uvale 26
2.4.3 Krška polja 27
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA 29
4. MATERIJALI I METODE 34
4.1 Terenske metode 34
4.1.1 Geofizičke metode istraživanja podmorja 34
4.1.2 Jezgre sedimenata 37
4.2 Laboratorijske metode 39
4.2.1 Priprema jezgara sedimenata za analize 39
4.2.2 Korelacija jezgara sedimenata 40
4.2.3 Fizička svojstva jezgara 40
4.2.4 Određivanje starosti metodom radioaktivnog ugljika (^{14}C) 43
4.2.5 Analiza mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD) ... 47
4.2.6 Geokemijske analize 48
4.2.7 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR), dušika (N AR) i netopivog ostatka (NO AR) 52
4.2.8 Paleontološke analize 54
4.2.9 Skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i energetsko-disperzijska spektroskopija rtg-zraka (EDS) 59
4.2.10 Statističke metode 60
5.REZULTATI 62
5.1 Rezultati geofizičkih istraživanja i podjela na seizmičke jedinice 62

5.2 Rezultati analiza jezgara sedimenata i podjela na sedimentološke jedinice 77
5.2.1 Rezultati datiranja metodom radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C) 78
5.2.2 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-2 83
5.2.3 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-3 102
5.2.4 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-12 124
5.2.5 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-13 155
5.2.6 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-15 178
5.2.7 Rezultati analiza jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 193
6. RASPRAVA 211
6.1 Potopljeni bazeni u kršu na prostoru Kvarnera i Lošinjskoga kanala 211
6.2 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena u kršu 215
6.2.1 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom srednjeg pleistocena (MIS 7 i MIS 6) 215
6.2.2 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 5) 223
6.2.3 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 4) 240
6.2.4 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 3) 240
6.2.5 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (LGM) 248
6.2.6 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (Allerød) i holocena 254
6.3 Paleookolišni razvoj potopljenih ponikvi na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala tijekom holocena i korelacija s marinskim jezercima razvijenim u ponikvama na otoku Cresu 262
6.3.1 Obilježja sedimenata iz marinskih jezeraca na otoku Cresu 262
6.3.2 Paleookolišni razvoj danas potopljenih ponikvi na prostoru Lošinjskoga kanala tijekom holocena 268
6.4 Relativne promjene morske razine tijekom kasnog pleistocena i holocena na prostoru Lošinjskoga kanala 280
6.4.1 Lošinjski bazen 281
6.4.2 Ponikva na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala 282
6.4.3 Ponikva u uvali Sonte 282
6.4.4 Ponikva u uvali Jaz 282
6.4.5 Usporedba s drugim pokazateljima relativnih promjena razine mora na prostoru Jadrana i eustatskim promjenama razine mora 283
7. ZAKLJUČCI 285
8. PROŠIRENI SAŽETAK 288
9. SUMMARY 290
10. LITERATURA 292
12. ŽIVOTOPIS 350

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Interdisciplinarni doktorski studij iz oceanologije

Doktorski rad

Morska i jezerska sedimentacija u potopljenom krškom bazenu: Taložni sustav Lošinjskoga kanala tijekom kasnog kvartara

Dea Brunović

Rad je izrađen u Hrvatskom geološkom institutu, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Sažetak: Paleookoliši na prostoru današnjeg Lošinjskoga kanala i otoka Cresa mijenjali su se s promjenama morske razine i klime tijekom kasnog kvartara. Depresije u kršu, prisutne na istraživanom području, omogućile su očuvanje sedimentološkog zapisa paleookolišnih promjena. Stoga se paleookolišna rekonstrukcija temeljila na jezgrama sedimenata. Analizirano je ukupno 8 jezgara sedimenata izbušenih u depresijama u kršu. Geokemijske analize, granulometrijske i mineraloške analize, mjerenje magnetskog susceptibiliteta, te izračun fluksa organskog ugljika omogućili su odredbu okoliša koji su postojali na istraživanom prostoru tijekom kasnog kvartara. Mikropaleontološka analiza zajednice foraminifera, ostrakoda, mekušaca i palinomorfa olakšala je interpretaciju prikupljenih podataka. Kronologija jezgara zasnivala se na datiranju metodom AMS ^{14}C. Rezultati analize jezgara sedimenata upotpunjeni su podacima seizmičke refleksije visoke rezolucije. Dobiveni rezultati su ukazali na izmjenu morskih i jezerskih, odnosno kopnenih faza na istraživanom prostoru od MIS 7 do danas, sukladno s varijacijama morske razine. Osnovni čimbenik koji je utjecao na paleookolišni razvoj istraživanog prostora, uz morsku razinu, je dubina praga istraživanih depresija. Interpretacija paleookoliša zasnivala se na korelaciji s modernim analozima kasno-pleistocenskih i holocenskih paleookoliša, odnosno marinskim jezercima danas razvijenim u ponikvama na otoku Cresu.

Ključne riječi: paleookoliši, promjene morske razine, kvartar, sedimenti, seizmičke metode visoke rezolucije, geokemija, foraminifere

Rad sadrži: 355 stranica, 153 slike, 46 tablica, 7 priloga, 5 tabli, 465 literaturnih navoda
Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: knjižnici Hrvatskog geološkog instituta, Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, te Središnjoj knjižnici Geološkog odsjeka PMF-a.

Mentor: Dr.sc. Slobodan Miko, znanstveni savjetnik, Hrvatski geološki institut

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Mladen Juračić, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Prof. dr. sc. Vlasta Ćosović, Prirodoslovno-matematički fakultet
Prof. dr. sc. Ivan Sondi, Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Rad prihvaćen: 11. siječnja 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Interdisciplinary doctoral study in Oceanology

Doctoral Thesis

Marine and lacustrine sedimentation in a submerged karst basin: The Late Quaternary Lošinj Channel depositional system

Dea Brunović

Thesis completed in Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Abstract: Sea level and climate changes enabled development of different paleoenvironments during the Late Quaternary in the present-day Lošinj Channel and coastal zone of Cres Island. Karst depressions in the investigated area are exceptional geomorphological features for preservation of thick sediment sequences. Therefore, paleoenvironmental reconstruction was based on the sediment cores. Analysis of 8 sediment cores was conducted using the multi-proxy approach and included determination of geochemical and mineralogical composition, grain-size, magnetic susceptibility measurements and organic carbon flux. Paleontological analysis (foraminifera, ostracods, mollusks, palynomorphs) facilitated the interpretation of obtained sediment core data. Core chronologies were based on ^{14}C dating method. The high-resolution seismic data gave an additional insight into the thick sediment sequences preserved in the investigated depressions. The results indicated the exchange of marine and lacustrine or terrestrial environments since MIS 7, in accordance with the Quaternary sea level changes. The main factor that influenced the paleoenvironmental development of the area, except sea level, was the sill depth. The interpretation of paleoenvironments was based on correlation with the modern analogs of the Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments, today present in the coastal zone of Cres Island.

Keywords: paleoenvironments, sea level changes, Quaternary, sediments, high-resolution seismic methods, geochemistry, foraminifera

Thesis contains: 355 pages, 153 figures, 46 tables, 7 appendices, 5 tables, 465 references
Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of the Croatian Geological Survey, National and University Library in Zagreb and Central Library of Department of Geology, Faculty of Science

Supervisor: Ph.D. Slobodan Miko, Croatian Geological Survey

Referees: Ph.D. Mladen Juračić, Croatian Academy of Sciences and Arts
Ph.D. Vlasta Ćosović, Faculty of Science
Ph.D. Ivan Sondi, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Thesis accepted: January 11, 2019

POPIS KRATICA

BP	*Before Present*	godina prije sadašnjosti
AD	*Anno Domini*	godina poslije Krista
cal BP	*calendar BP*	kalendarske godine prije sadašnjosti, s time da je sadašnjost 1950. godina
ka	*kiloanni*	x 10^3 godina
MIS	*Marine Isotope Stage*	morski izotopni stadiji
LGM	*Last Glacial Maximum*	posljednji glacijalni maksimum
MWP-1A	*Melt Water Pulse 1A*	„puls“ topljenja ledenjaka (14,2 cal ka BP)
MWP-1B	*Melt Water Pulse 1B*	„puls“ topljenja ledenjaka (11,3 cal ka BP)
XRF	X-*ray flourescence*	rendgenska fluorescencijska spektroskopija
XRD	X-*ray diffraction*	rendgenska difrakcija
MS	*Magnetic Susceptibility*	magnetski susceptibilitet
AMS	*Accelerated Mass Spectrometry*	akceleratorska masena spektrometrija
C/N	*Carbon to Nitrogen ratio*	omjer ugljika i dušika
TOC	*Total Organic Carbon*	ukupni organski ugljik
TIC	*Total Inorganic Carbon*	ukupni anorganski ugljik
SEM	*Scan Electron Microscope*	skenirajući elektronski mikroskop
EDS	*Energy Dispersive Spectroscopy*	energetska disperzivna spektroskopija
DFA	*Discriminant Function Analysis*	diskriminantna analiza
CoDa	*Compositional Data Analysis*	analiza kompozicijskih podataka
mbsl	*meters below sea level*	metara ispod današnje razine mora

1. UVOD

Potopljeni paleookoliši koji su postojali tijekom kasnog pleistocena i holocena predmet su mnogih geoloških i arheoloških istraživanja (npr., Bailey & Flemming, 2008; Micallef et al., 2013; Foglini et al., 2015; Geraga et al., 2017; Flemming et al., 2017; Hansson et al., 2018). Kvartar je obilježen značajnim promjenama morske razine koje su bile posljedica globalnih klimatskih promjena i izmjena glacijalnih i interglacijalnih perioda (Lambeck & Chappell, 2001). Paleookoliši razvijeni na šelfnim područjima širom svijeta mijenjali su se sukladno s ovim izmjenama (Flemming et al., 2017). Primjerice, smatra se da je tijekom zadnjeg interglacijala (MIS 5.5) morska razina bila oko 5,5±3,5 m viša od današnje (Lambeck et al., 2004; Ferranti et al., 2006; Antonioli et al., 2009; Dutton & Lambeck, 2012), dok je tijekom posljednjeg glacijalnog maksimuma (LGM) globalna razina mora bila oko 120 do 134 m niža od današnje (Fairbanks, 1989; Lambeck et al., 2014). Šelfna mora koja su postojala tijekom MIS 5.5 interglacijala, tijekom LGM-a su pretvorena u kopnene okoliše. Nakon završetka LGM-a otapanje ledenog pokrova uzrokovalo je ponovno potapanje obalnih područja što je dovelo do nastanka brojnih uvala, zaljeva i kanala (Flemming et al., 2017; Benjamin et al., 2017). Sveobuhvatan pregled promjena morske razine i paleookoliša na prostoru Mediterana napravili su Benjamin et al. (2017). Paleookolišna istraživanja nužna su za procjenu utjecaja budućih promjena morske razine i klime na obalna područja (Lambeck et al., 2011; Vacchi et al., 2016; Wahl et al., 2017; Antonioli et al., 2017).

S obzirom na činjenicu da je veliki dio Jadranskog mora veoma plitak, s dubinama <100 m, paleookolišni razvoj ovog prostora bio je pod izrazitim utjecajem promjena morske razine tijekom kvartara. U morskim okolišima često je očuvan debeli slijed sedimenata. Stoga je jedan od najčešćih načina istraživanja nekadašnjih okoliša, te promjena razine mora i klime, analiza jezgara sedimenata i seizmička stratigrafija. Alberico et al. (2017) su napravili bazu podataka koja se sastoji od prethodno objavljenih istraživanja koja se temelje na jezgrama sedimenata izbušenim na oko 6000 lokacija širom Mediterana, uključujući i prostor Jadranskog mora. Zapadni i sjeverni dio Jadrana detaljnije su istraženi, ali postoji očiti manjak istraživanja duž istočne obale Jadrana (Alberico et al., 2017).

Sedimentološki i seizmički zapisi prikupljeni duž zapadne i sjeverne obale Jadrana ukazali su na vertikalno ponavljanje kvartarnih transgresivno-regresivnih ciklusa i nekoliko faza razvoja riječnih sustava (Correggiari et al., 1996; Galassi & Marocco, 1999; Correggiari et al., 2001; Kent et al., 2002; Amorosi et al., 2003; Amorosi et al., 2004; Amorosi et al., 2008; Moscon et al., 2015; Campo et al., 2017; Trobec et al., 2017; Pellegrini et al., 2018; Ronchi et al., 2018). Istraživanja provedena do sada duž istočne obale Jadranskog mora ukazuju na različit paleookolišni razvoj. Ove razlike su posljedica jedinstvenih geoloških i geomorfoloških obilježja istočne obale, gdje dominiraju karbonatne stijene

podložne okršavanju (Allaby, 2013; Pikelj & Juračić, 2013). Okršenost otoka i istočno-jadranske obale nije pogodovala razvoju riječnih sustava koji su važan izvor sedimenata (Surić, 2002). Postojanje potopljenih bočatih ili slatkovodnih jezerskih okoliša (paleojezera) tijekom perioda niske razine mora pretpostavili su Juračić et al. (1999). Wunsam et al. (1999) i Razum (2018), odnosno Schmidt et al. (2001) opisali su jezerske naslage koje su prethodile marinskoj sedimentaciji na prostoru otoka Mljeta, odnosno u Valunskom zaljevu. Novija istraživanja paleookoliša temeljena na jezgrama sedimenata uglavnom su ograničena na holocen i/ili kasni pleistocen (Wunsam et al., 1999; Schmidt et al., 2001; Faivre et al., 2011; Marriner et al., 2014; Felja et al., 2015; Shaw et al., 2016; Hasan, 2017; Razum, 2018), a podaci o promjenama morske razine i klime tijekom pleistocena uglavnom se zasnivaju na istraživanjima potopljenih siga (Surić et al., 2005; Surić, 2006; Surić et al., 2009; Surić & Juračić, 2010).

Detaljno istraživanje paleookoliša duž istočne obale Jadrana na temelju jezgara sedimenata i geofizičkih metoda, koje obuhvaća duži kvartarni zapis i uključuje više interglacijalno-glacijalnih prijelaza, još uvijek nedostaje. Stoga je osnovni cilj ove doktorske disertacije bio istražiti navedenim metodama kako su se paleookoliši na prostoru Lošinjskoga kanala mijenjali tijekom kasnog kvartara. Cilj disertacije bio je odrediti relativne promjene morske razine na istraživanom prostoru i usporediti dobivene podatke s drugim pokazateljima promjena morske razine na prostoru Jadranskog mora. Razmatrane su i klimatske varijacije tijekom kasnog kvartara. Jedan od ciljeva također je bio istražiti potopljeni krški paleoreljef i prostornu distribuciju slijeda sedimenata na temelju geofizičkih podataka, te utvrditi potencijal istočne obale Jadrana, odnosno postojećih potopljenih depresija u kršu, kao okoliša pogodnih za akumulaciju sedimenata. Korelacija podataka dobivenih analizom jezgara sedimenata iz marinskih jezeraca na otoku Cresu s podacima iz jezgara s prostora Lošinjskoga kanala imala je za cilj unaprijediti paleookolišnu rekonstrukciju.

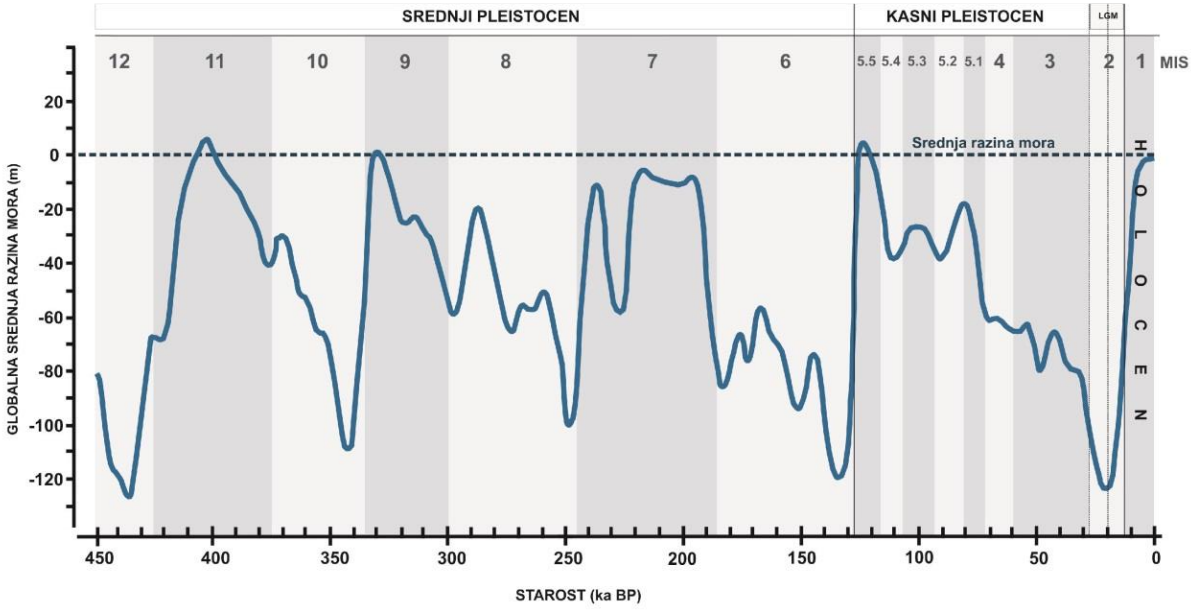
Početna hipoteza istraživanja je da su jezerski okoliši postojali u izoliranom Lošinjskom bazenu u kršu tijekom glacijalnih perioda niske razine mora. Istraživani prostor poplavljivan je morem tijekom interglacijalnih perioda visoke razine mora. Jezerske i morske sukcesije ponavljale su se više puta tijekom kasnog kvartara sukladno s oscilacijama morske razine. Pretpostavka je da su marinska jezerca na otoku Cresu moderni analozi okoliša koji su postojali na prostoru Lošinjskoga kanala tijekom kasnog kvartara.

2. LITERATURNI PREGLED

Kratka teorijska osnovica važna za razmatranje daljnjeg teksta dana je u potpoglavljima 2.1 i 2.2. Detaljan pregled literature i do sada provedenih istraživanja paleookoliša i promjena morske razine tijekom kasnog kvartara na prostoru Jadrana dan je u potpoglavlju 2.3. U potpoglavlju 2.4 opisane su različite depresije koje nastaju u okršenim terenima i omogućuju akumulaciju sedimenata koji se mogu koristiti u cilju rekonstrukcije paleookoliša i promjena morske razine.

2.1 Podjela kvartara

Postoje različite podjele kvartara, no u istraživanjima promjena razine mora i paleookoliša često se koristi podjela koja se zasniva na stabilnim izotopima kisika (Slika 1). Naime, do promjene u omjeru kisikovih izotopa ($\delta^{18}O$) u kućicama foraminifera koje grade sedimente istaložene na oceanskom dnu došlo je kao posljedica izmjene glacijala i interglacijala tijekom kvartara (Emiliani, 1955). Stoga je napravljena podjela na tzv. „morske izotopne stadije“ (MIS-*Marine Isotope Stage*) (Slika 1). Svakom stadiju pridodane su brojčane vrijednosti. Glacijali su označeni parnim brojevima, dok su interglacijali označeni neparnim brojevima. Podjela započinje s holocenom koji ima oznaku MIS 1, MIS 2 obuhvaća vremenski interval od oko 11 700-24 000 godina prije sadašnjosti, MIS 3 od 24 000-59 000 godina prije sadašnjosti, MIS 4 od 59 000-71 000 godina prije sadašnjosti, MIS 5 od 71 000-128 000 godina prije sadašnjosti, MIS 6 od 128 000-186 000 godina prije sadašnjosti, MIS 7 od 186 000-245 000 godina prije sadašnjosti itd. (Imbrie et al., 1984). Unutar svakog stadija toplije i hladnije faze, odnosno podstadiji označeni su slovnim oznakama ili brojevima. Ova podjela kvartara će se koristiti u nastavku rada.

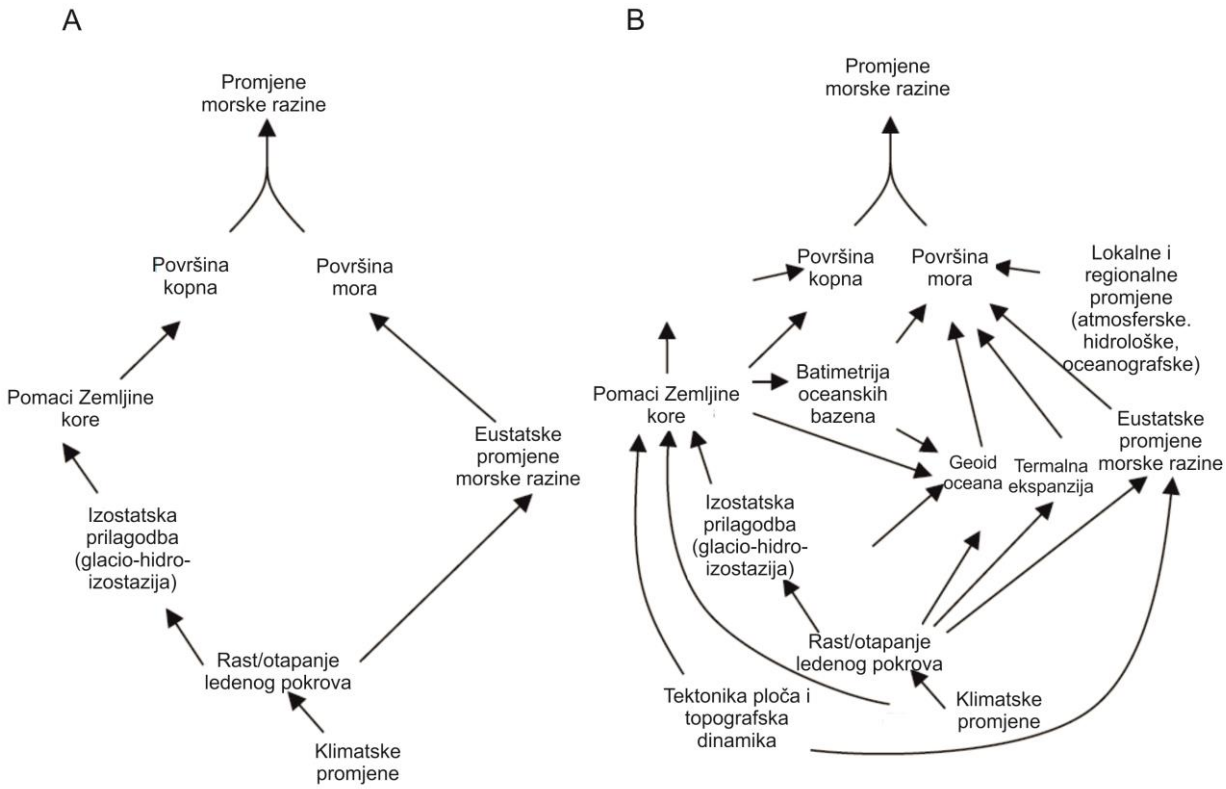


Slika 1: Krivulja promjene razine mora (plavo) tijekom kasnog pleistocena i holocena, koja se temelji na stabilnim izotopima kisika (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002 i Benjamin et al., 2017).

2.2. Eustatske i relativne promjene razine mora

Moguće je razlikovati eustatske (globalne) i relativne (lokalne) promjene razine mora (Van de Plassche, 1986). Eustatske promjene razine mora tijekom kvartara prvenstveno su posljedica akumulacije i otapanja ledenog pokrova (Lambeck & Chappell, 2001), što je povezano s cikličkim promjenama orbitalnih parametara i varijacija u solarnoj radijaciji koja doseže površinu Zemlje (Fairbanks, 1989). Eustatske promjene su promjene morske razine koje obuhvaćaju cijelu Zemlju.

Kod relativnih promjena razine mora dolazi do promjene položaja obale, odnosno promjene položaja razine mora u odnosu na kopno (Shennan, 2015). Relativna morska razina je zbroj eustatskih promjena morske razine, tektonskih pomaka i glacio-hidro-izostatske prilagodbe određenog područja (Van de Plassche, 1986; Lambeck & Chappell, 2001; Antonioli, 2003; Lambeck et al., 2004). Utjecaj također mogu imati težina i kompakcija sedimentnog pokrivača (Rovere et al., 2016), ali i brojni drugi čimbenici prikazani na Slici 2 (Shennan, 2015). Jadran se smatra tektonski aktivnim područjem, te je moguće rekonstruirati jedino relativne promjene razine mora (Ferranti et al., 2006; Antonioli et al., 2009; Surić et al., 2014).



Slika 2: Prikaz globalnih i lokalnih procesa koji utječu na relativne promjene morske razine: A) jednostavan model glacio-hidro-izostazije i eustazije; B) kompleksniji model utjecaja različitih procesa na relativne promjene morske razine (modificirano prema Shennan, 2015).

2.3 Pregled istraživanja relativnih promjena razine mora i paleookolišnog razvoja Jadrana

Istraživanja paleookoliša i relativnih promjena razine mora na prostoru Jadrana provode se dugi niz godina (Tablica 1). Ova istraživanja zasnivaju se na različitim pokazateljima promjene razine mora. Pokazatelji relativnih promjena morske razine mogu se definirati kao bilo koje obilježje nastalo tijekom geološke prošlosti koje se može povezati s nekadašnjom razinom mora (Shennan, 2015; Rovere et al., 2016). Mogu biti prisutni na različitim visinama, odnosno dubinama, ovisno o promjenama morske razine, te također tektonici prostora, glacio-hidro–izostatskoj prilagodbi i drugim čimbenicima (Antonioli et al., 2009). Uobičajena je podjela na sedimentološke, geomorfološke, biološke i arheološke pokazatelje promjene razine mora. Iznimno je važno odrediti njihovu starost, što omogućuje odredbu razine mora u vrijeme nastanka pokazatelja. Razvoj mareografa i satelitskog visinomjera je također važan za razmatranja promjena morske razine.

2.3.1 MIS 12- MIS 8 (478 000-245 000 godina prije sadašnjosti)

U dostupnoj literaturi može se pronaći malo podataka o promjenama razine mora tijekom ranog i srednjeg pleistocena. Ovo je posljedica malog broja očuvanih dokaza ovih promjena. Naime, često su zapisi ranijih promjena razine mora loše očuvani kao posljedica akumulacije ili pak otapanja ledenog pokrova i porasta razine mora tijekom mlađih stadija (Lambeck & Chappell, 2001).

2.3.1.1 Sedimentološki pokazatelji

Naslage koje su taložene tijekom srednjeg pleistocena danas nalazimo duboko ispod dna Jadranskog mora i obalnog područja i moguće ih je istraživati jedino analizom dubokih jezgara. Kent et al. (2002) su proveli istraživanje jezgre dužine 950 m koja je izbušena na području oko Venecije (Tablica 1). Autori su istaknuli da je na istraživanom prostoru vjerojatno došlo do taloženja kopnenih naslaga tijekom MIS 12 glacijala, nakon čega dolazi do transgresije i taloženja vjerojatno MIS 11 interglacijalnih naslaga morskih obilježja (Kent et al., 2002).

Na prostoru Srednjo-jadranske depresije na dubini od 185,5 m izbušena je jezgra PRAD1.2, dužine 71,2 m, koja obuhvaća vremenski interval od MIS 11 do MIS 1 (Tablica 1). Ova jezgra je prvi kontinuirani kvartarni morski zapis u Jadranskom bazenu. Dno jezgre grade naslage MIS 11 starosti (Piva et al., 2008a,b; Maselli, 2011). Zajednica foraminifera ukazala je na toplije uvjete i nešto dublji taložni okoliš tijekom ovog stadija (Piva et al., 2008a). U jezgri PRAD1.2 na dubini od 60 m ispod morskog dna određene su i naslage taložene tijekom MIS 10 glacijala. Smatra se da je tada došlo do povećanog donosa sedimenata i stvaranja delte ili progradirajuće obalne linije, te oplićavanja istraživanog prostora (Piva et al., 2008a,b).

Tablica 1: Prikaz odabranih istraživanja paleookoliša i relativnih promjena morske razine na prostoru Jadranskog mora upotrebom različitih pokazatelja promjena morske razine.

AUTORI	GODINA	EPOHA/MIS	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA
SEDIMENTOLOŠKI POKAZATELJI			
JEZGRE SEDIMENATA I SEIZMIČKE METODE			
Correggiari et al.	1996	LGM-HOLOCEN	Sjeverno-jadranski šelf (Po-Pesaro)
Cattaneo et al.	1997	LGM-HOLOCEN	Srednji Jadran
Wunsam et al.	1999	HOLOCEN	Malo i Veliko jezero-Mljet
Galassi & Marocco	1999	HOLOCEN	Laguna Caorle- sjeverni Jadran
Trincardi & Correggiari	2000	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Srednji Jadran
Trincardi et al.	2000	KASNI HOLOCEN	Srednji Jadran
Schmidt et al.	2001	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Valunski zaljev
Govorčin et al.	2001	HOLOCEN	Kanal Soline-Mljet
Kent et al.	2002	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Venecija
Amorosi et al.	2003	LGM-HOLOCEN	delta rijeke Po
Amorosi et al.	2004	MIS 6-HOLOCEN	delta rijeke Po
Serandrei Barbero et al.	2004	HOLOCEN	Venecija
Correggiari et al.	2005	HOLOCEN	delta rijeke Po
Amorosi et al.	2008	LGM-HOLOCEN	delta rijeke Po
Piva et al.	2008a	MIS 11-HOLOCEN	Srednjo-jadranska depresija
Piva et al.	2008b	MIS 11-HOLOCEN	Srednjo-jadranska depresija
Ridente et al.	2008	MIS 11-HOLOCEN	Srednjo-jadranska depresija
Faivre et al.	2011	HOLOCEN	zapadna obala Istre
Maselli	2011	MIS 10-HOLOCEN	Srednji Jadran
Maselli & Trincardi	2013	KASNI PLEISTOCEN-HOLOCEN	Srednji Jadran
Siani et al.	2013	HOLOCEN	Južni Jadran
Marriner et al.	2014	HOLOCEN	Uvala Caska-Pag
Moscon et al.	2015	LGM-HOLOCEN	Sjeverno-jadranski šelf (Po-Ravenna)
Felja et al.	2015	HOLOCEN	estuarij rijeke Mirne
Pellegrini et al.	2016	KASNI PLEISTOCEN-HOLOCEN	Srednji Jadran
Campo et al.	2017	MIS 3-HOLOCEN	delta rijeke Po
Hasan	2017	HOLOCEN	Novigradsko i Karinsko more, Velebitski kanal
Benjamin et al.	2017	MIS 5-HOLOCEN	Sredozemno more
Razum	2018	KASNI PLEISTOCEN-HOLOCEN	Veliko jezero i uvala Stupa na Mljetu
Ronchi et al.	2018	LGM-HOLOCENE	Sjeverno-jadranski šelf
FORAMINIFERE SLANIH MOČVARA			
Serandrei Barbero et al.	2004	HOLOCEN	Venecija
Shaw	2013	18. stoljeće-danas	Jadrtovac i Blace
Shaw et al.	2016	18. stoljeće-danas	Jadrtovac i Blace
DIGITALNI MODEL RELJEFA			
Sikora et al.	2014	LGM-HOLOCEN	Cetina i Neretva

Tablica 1-nastavak: Prikaz odabranih istraživanja paleookoliša i relativnih promjena morske razine na prostoru Jadranskog mora upotrebom različitih pokazatelja promjena morske razine.

AUTORI	GODINA	EPOHA/MIS	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA
GEOMORFOLOŠKI POKAZATELJI			
SIGE			
Malez et al.	1979	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Medvjeđa spilja- Lošinj
Surić et al.	2004	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
Surić et al.	2005	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
Surić	2006	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
Surić et al.	2009	MIS 5.1	Istočna obala Jadrana
Surić & Juračić	2010	PLEISTOCEN-HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
PLIMSKE POTKAPINE I MARINSKE TERASE			
Benac & Juračić	1998	MIS 5-HOLOCEN	Kvarner
Fouache et al.	2000	HOLOCEN	Poreč-Zadar
Antonioli et al.	2004	HOLOCEN	Sjeverni Jadran
Benac et al.	2004	HOLOCEN	Riječki zaljev i SI dio Jadranskog mora
Benac et al.	2008	HOLOCEN	Vinodolski kanal i Bakarski zaljev
Furlani et al.	2011a	HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
Furlani et al.	2011b	HOLOCEN	Tršćanski zaljev
Furlani et al.	2014	HOLOCEN	Sjeverni Jadran
Antonioli et al.	2015	HOLOCEN	Sredozemno more
BIOLOŠKI POKAZATELJI			
Faivre et al.	2013	1500 BP-danas	Vis, Ravnik, Biševo
ARHEOLOŠKI POKAZATELJI			
Andrijašević	1909	HOLOCEN	Istočna obala Jadrana
Antonioli et al.	2007	KASNI HOLOCEN	SI Jadran i Sardinija
Faivre et al.	2010	KASNI HOLOCEN	Vis
Boetto & Radić Rossi	2012	KASNI HOLOCEN	Caska-Pag
Bekić et al.	2016	KASNI HOLOCEN	Pakoštane
Benjamin et al.	2017	MIS 5-HOLOCEN	Sredozemno more
INSTRUMENTALNA MJERENJA			
Tsimplis & Baker	2000	20. stoljeće-danas	Sredozemno i Jadransko more
Cazenave et al.	2001	1993. godina-danas	Sredozemno i Jadransko more
Tsimplis et al.	2012	20. stoljeće-danas	Jadransko more

Ridente et al. (2008) su istaknuli da je dubina taložnog okoliša na mjestu gdje je izbušena jezgra PRAD1.2 tijekom MIS 10 bila oko 20 m. Također je utvrđeno taloženje naslaga tijekom MIS 9 interglacijala (Maselli, 2011). Smatra se da su sedimenti MIS 8.2 starosti taloženi na dubini mora od oko 40 m (Maselli et al., 2010).

2.3.2 MIS 7 (245 000-186 000 godina prije sadašnjosti), MIS 6 (186 000-128 000 godina prije sadašnjosti)

Smatra se da je globalna razina mora tijekom MIS 7 bila za oko 20 m niža u odnosu na današnju (Masson-Delmotte et al., 2010; Shackleton, 1987), dok je istraživanjima koralja s prostora Barbadosa pretpostavljeno da je morska razina tijekom MIS 7 bila u rasponu od -10 do +4 m u odnosu na današnju razinu mora (Schellmann & Radtke, 2004; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). Većina autora navodi da su tijekom ovog stadija bila 3 perioda visoke razine mora mora između kojih su bili periodi značajno niže razine mora. Prvi je bio prije oko 238 000 godina (MIS 7.5), drugi prije oko 216 000 godina (MIS 7.3), te posljednji prije oko 195 000 (MIS 7.1) (Bard et al., 2002). Tijekom MIS 7.3 razina mora bila veoma slična današnjoj, dok je tijekom MIS 7.1 razina mora bila za oko 9-18 m niža od današnje (Bard et al., 2002). Vjerojatno je da je tijekom MIS 6 razina mora bila za oko 120-130 m niža od današnje (Waelbroeck et al., 2002). Istraživanja siga na području Sardinije su ukazala da je tijekom MIS 6.5 morska razina bila 52 m niža u odnosu na današnju (Antonioli, 2003).

2.3.2.1 Sedimentološki pokazatelji

Piva et al. (2008b) utvrdili su postojanje MIS 7 naslaga u jezgri PRAD1.2, kao i MIS 6.2 naslaga na dubini jezgre od 33 m koje obilježava zajednica planktonskih foraminifera i bentičke vrste tipične za srednji do unutrašnji šelf (Maselli et al., 2010). Amorosi et al. (2004) istražili su prostor obalne ravnice rijeke Po u blizini Ravenne analizom jezgre ukupne dužine do 140 m (Tablica 1). Jezgru grade kopnene i morske naslage koje ukazuju na transgresivno-regresivne sekvencije s izmjenom interglacijalno-glacijalnih ciklusa (MIS 6 do MIS 1).

2.3.2.2 Geomorfološki pokazatelji

U istraživanjima speleoloških objekata i siga duž istočne obale Jadrana, MIS 7 je najstariji određeni interglacijalni period (Tablica 1). Istraživanja koje su proveli Surić (2006) i Surić & Juračić (2010) pokazala su da je taloženje sige iz Medvjeđe spilje na otoku Lošinju, na dubini od 10 m ispod srednje razine mora, započelo nakon MIS 7.3. Međutim, autori su također istaknuli da tijekom MIS 7.3 nije moglo doći do taloženja sige jer je tada razina mora vjerojatno bila viša od današnje (Surić, 2006). Stoga se dobiveni rezultati trebaju razmatrati s oprezom. Prikupljen je i uzorak stalagmita iz spilje kod Iškog Mrtovnjaka s dubine od 23 m, čijim je datiranjem utvrđeno da je rast ove sige završio tijekom MIS 7.1 kao posljedica porasta razine mora (Surić, 2006). Pretpostavka je da je razina mora

bila niža od 23 m tijekom MIS 7.2 (Surić & Juračić, 2010). Datiranje ne ukazuje na postojanje siga MIS 6 starosti na istraživanim lokalitetima duž istočne obale Jadrana. Iznenađujuće je da nisu pronađene sige ove starosti s obzirom da je tijekom MIS 6 razina mora bila niska, što omogućuje taloženje siga.

2.3.3 MIS 5 (128 000 -71 000 godina prije sadašnjosti)

Posljednji interglacijal, MIS 5.5, je jedan od bolje istraženih kvartarnih stadija. Smatra se da je tijekom MIS 5.5 globalna razina mora bila oko 5,5±3,5 m viša od današnje (Lambeck et al., 2004; Ferranti et al., 2006; Antonioli et al., 2009; Dutton & Lambeck, 2012). Tijekom MIS 5.4 i MIS 5.2 razina mora nikad vjerojatno nije bila niža od -22 m. MIS 5.3 obilježen je razinom mora za oko 10-28 m nižom od današnje, a MIS 5.1 razina mora je bila vjerojatno više od 20 m niža u odnosu na današnju razinu (Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). Međutim, istraživanje koje su proveli Dorale et al. (2010) ukazalo je da je tijekom MIS 5.1 razina mora bila 1 m viša od današnje. Zabilježen je raspon razine mora tijekom MIS 5.1 od -30 do +10 m u odnosu na današnju razinu mora (Coyne et al., 2007).

2.3.3.1 Sedimentološki pokazatelji

Ferranti et al. (2006) su napravili iscrpan pregled MIS 5.5 naslaga duž talijanske obale. Utvrđeno je postojanje paraličkih naslaga na dubini od 79 m, istaloženih tijekom MIS 5.5, u jezgri izbušenoj u blizini Venecije (Kent et al., 2002). Antonioli et al. (2009) su istaknuli postojanje MIS 5.5 naslaga u kopnenim jezgarama na prostoru ravnice oko Venecije gdje su lagunarne naslage pronađene na dubinama između 37-86 m (Antonioli et al., 2009). Detaljno je istražen i prostor oko Ravenne, odnosno južnog ruba ravnice rijeke Po, gdje su utvrđene MIS 5.5 naslage (Amorosi et al., 2004). Na ovom području okoliši aluvijalne ravnice obilježavaju glacijalne intervale, dok obalni okoliši bilježe interglacijalne intervale kao što je MIS 5.5. Provedeno istraživanje je ukazalo da su naslage istaložene na dubini jezgre između 100-125 m vjerojatno MIS 5.5 starosti. Tijekom MIS 5.3 i MIS 5.1 talože se naslage tipične za lagunarne i močvarne okoliše (Amorosi et al., 2004). Pretpostavljeno je da je MIS 5.3 razina mora na prostoru ravnice rijeke Po bila 12 m niža od današnje (Ferranti et al., 2006). Međutim, zanimljivo je da naslage taložene tijekom MIS 5.3 i MIS 5.1 nisu pronađene na prostoru regija Veneto i Friuli (Antonioli et al., 2009), te je vjerojatno da je razina mora na ovom prostoru tijekom navedenih podstadija bila niža za oko 15 m u odnosu na današnju razinu mora. Antonioli et al. (2009) također su istaknuli da na prostoru sjevernog Jadrana paleookolišni razvoj nakon MIS 5.5 i prije holocenske transgresije nije dobro zabilježen, zbog geometrije šelfa i niske razine mora (<-20 m) koja je onemogućila taloženje obalnih i morskih naslaga.

Tijekom MIS 5.5 nastavljeno je taloženje naslaga u jezgri PRAD1.2 izbušenoj u Srednjo-jadranskoj depresiji, te se smatra da je ovo najtopliji interval cijelog zapisa (Piva et al., 2008b). Na

ovom prostoru utvrđena su i dva značajnija pada razine mora od nekoliko desetaka metara tijekom MIS 5.4 i MIS 5.2 (Ridente et al., 2008).

Važno je naglasiti da duž hrvatske obale, MIS 5.5 naslage još uvijek nisu sa sigurnošću utvrđene. Međutim, Babić et al. (2012) su istaknuli postojanje morskih sedimenata na otoku Brusniku na nadmorskoj visini od 9 m čija starost odgovara MIS 5.5. Korbar et al. (2009) su također ukazali na potencijalno postojanje paleoplažnih naslaga MIS 5.5 starosti na otoku Velika Palagruža.

2.3.3.2 Geomorfološki pokazatelji

Ispred riječke luke na dubini od 50-60 m postoji marinska abrazijska terasa. Pretpostavljeno je da je ova terasa nastala tijekom posljednjeg interglacijala (Benac & Šegota, 1990), iako je moguće da je terasa oblikovana tijekom starijih interglacijala ili posljednjeg glacijala (Benac & Juračić, 1998) ili tijekom MIS 3.1 (Surić et al., 2014). Benac & Juračić (1998) su istaknuli da iako je globalna razina mora tijekom MIS 5.5 bila malo iznad današnje, vjerojatno ipak nije dosegnula današnju razinu na prostoru Kvarnera.

Istraživanja su provedena u jami U vode na otoku Krku, gdje su prikupljene sige (2 stalagmita) na dubinama od 14,5 i 18,8 m (Surić, 2006; Surić et al., 2009; Surić & Juračić, 2010) (Tablica 1). Analizirane sige su MIS 5.5 starosti (Surić, 2006; Surić & Juračić, 2010). Nadalje, siga prikupljena na dubini od svega 1,5 m na području Medvjeđe spilje na otoku Lošinju pokazala je starost unutrašnjeg dijela sige od 120 400 godina prije sadašnjosti (Surić, 2006). Međutim, vjeojatno je da su određene MIS 5.5 starosti vjerojatno pogrešne i posljedica kontaminacije površine uzorka torijem iz morske vode ili pak curenjem urana (Surić & Juračić, 2010), s obzirom da se smatra da je tijekom MIS 5.5 razina mora bila znatno viša od dubina s kojih su prikupljene sige.

Međutim, potvrđena je MIS 5.1 starost siga iz spilje U vode (Surić, 2006; Surić et al., 2009; Surić & Juračić, 2010) (Slika 3). Utvrđena su dva perioda visoke razine mora tijekom MIS 5.1. Rezultati su ukazali da je u periodu prije 87 000-82 000 godina relativna razina mora bila viša od -14,5 m, dok se u intervalu od >90 000-87 000 godina prije sadašnjosti i prije 82 000 godina odvijalo taloženje sige u kopnenim uvjetima. Smatra se da je razina mora bila viša od -18,8 m prije 90 000-82 000 godina i 77 000-64 000 godina, odnosno da je razina mora bila niža od -18,8 m prije >93 000-90 000 godina, 82 000-77 000 godina i 64 000-54 000 godina, kada su na istraživanom prostoru bili uspostavljeni kopneni uvjeti i kada se odvijalo taloženje sige (Surić, 2006; Surić et al., 2009). Autori su dobivene rezultate i današnje dubine s kojih su sige prikupljene usporedili s modeliranom globalnom krivuljom promjene razine mora (Lambeck & Chapell, 2001), koja prikazuje nižu razinu mora tijekom perioda visoke razine mora tijekom MIS 5.1. Vjerojatno je došlo do tektonske aktivnosti, odnosno izdizanja istraživanog područja za oko 13-17 m, jer je rast siga mogao biti prekinut u određenim intervalima

visoke razine mora tijekom MIS 5.1 samo ukoliko su se sige nalazile na dubini znatno većoj od današnje (Surić et al., 2009). Procjenjeno je da se prostor izdizao brzinom od oko 0,15-0,25 mm/god (Surić et al., 2014).

Slika 3: Potopljena siga iz jame U vode na otoku Krku. Odredba starosti sige napravljena je metodom U-Th (pravokutnici), a dobiveni rezultati su dani u tisućama godina prije sadšnjosti (preuzeto iz Surić, 2006).

2.3.4 MIS 4 (71 000 - 59 000 godina prije sadašnjosti), MIS 3 (59 000-24 000 godina prije sadašnjosti)

Tijekom MIS 4 i MIS 3 globalna razina mora je bila niska, posebice u odnosu na MIS 5. MIS 4 obilježen je hladnijim, glacijalnim uvjetima. Generalno, parni MIS trebali bi predstavljati glacijale, a neparni interglacijale. Međutim, MIS 3 je iznimka jer je to stadij kada je razina mora bila oko 60 do 90 m niža u odnosu na današnju (Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Siddall et al., 2008 i reference tamo). Upravo iz tog razloga MIS 3 se ne smatra interglacijalom. Siddall et al. (2008) su napravili sveobuhvatan pregled istraživanja eustatskih promjena razine mora tijekom MIS 3 i utvrdili da su postojale najmanje 4 fluktuacije morske razine u rasponu od 20-30 m. Pregled dosadašnjih istraživanja varijacija morske razine tijekom MIS 3 također su napravili Murray-Wallace & Woodroffe (2014). Autori su pri tome istaknuli da su prije 33 000, 38 000, 44 500, 52 000 i 58-60 000 godina bili periodi više razine mora. Rasmussen et al. (2014) su predstavili rezultate istraživanja jezgre leda s Grenlanda, te dali detaljan uvid u trajanje niza stadijala i interstadijala tijekom MIS 3.

2.3.4.1 Sedimentološki pokazatelji

U ravnici rijeke Po, južno od današnje delte rijeke, na dubini jezgre između 25 i 75 m, određene su naslage MIS 4 i MIS 3 starosti nastale u aluvijalnom okolišu (Amorosi et al., 2004). Morska sedimentacija je tijekom ovih stadija nastavljena na prostoru srednjeg Jadrana. Piva et al. (2008b) su ukazali da su tijekom MIS 4 vladali najdublji bazenski uvjeti tijekom glacijalnih perioda, a MIS 3 naslage također su istaložene na ovom prostoru. Na srednjo-jadranskom šelfu slabo su rasprostranjene MIS 3 naslage, što upućuje na sporu sedimentaciju tijekom ovog intervala obilježenog veoma niskom razinom mora (Ridente et al., 2008).

2.3.4.2 Geomorfološki pokazatelji

U jami U vode na otoku Krku, tijekom MIS 4 nastavljeno je taloženje sige prikupljene na dubini od 18,8 m (Surić, 2006). Tijekom MIS 3 došlo je do prekida u taloženju ove sige. Smatra se da je razlog ovog prekida promjena u toku podzemne vode. Naime, nije vjerojatno da je more potopilo sigu i uzrokovalo prekid taloženja, s obzirom da je razina mora tada bila mnogo niža od današnje. Nadalje, tijekom MIS 4 i MIS 3 odvijalo se taloženje sige u jami kod Iškog Mrtovnjaka (Surić, 2006; Surić & Juračić, 2010). Stalaktit prikupljen na dubini od 14 m u ovoj jami, taložen je do prije 39 900 godina (Surić, 2006). Potom je došlo do prekida u taloženju, moguće kao posljedica uspostave vadoznih uvjeta (Surić, 2006). Datiranjem najmlađeg dijela stalagmita u Medvjeđoj spilji na otoku Lošinju dobivene su starosti od 33 700 i 33 200 godina prije sadašnjosti (Surić, 2006). Datiranjem sloja ispod najmlađeg dobivena je starost od 20 200 godina prije sadašnjosti, te se iz tog razloga smatra da su podaci dobiveni datiranjem stalagmita u ovoj spilji nepouzdani (Surić & Juračić, 2010). Istraživanje koje su proveli Surić et al. (2005) i Surić (2006) također uključuje datiranje siga prikupljenih u spilji u zaljevu Tihovac na Pagu, jami Zmajevo Uho u blizini Rogoznice i jami u zaljevu Lučice na Braču, koje su MIS 3 starosti.

2.3.5 Posljednji glacijalni maksimum (LGM)-holocen (30 000 godina prije sadašnjosti-danas)

Većina istraživanja promjena razine mora odnosi se na period nakon LGM-a (30 000-19 000 godina prije sadašnjosti). Fairbanks (1989) je utvrdio da je tijekom LGM-a globalna razina mora bila 121±5 m niža u odnosu na današnju, dok je istraživanje koje su proveli Lambeck et al. (2014) ukazalo na 134 m nižu razinu od današnje. Otapanje leda nakon završetka LGM-a prouzročilo je naglo podizanje morske razine. Značajniji porast razine mora započinje tijekom toplog Bølling-Allerød perioda prije oko 14 500 godina i traje do prije oko 14 000 godina („*meltwater pulse*“ MWP-1A) (Burch et al., 2001; Lambeck et al., 2014). Tijekom mlađeg drijasa (12 500-11 500 godina prije sadašnjosti) porast razine mora se usporio. Lambeck et al. (2014) su istaknuli da nema dokaza za postojanje MWP-1B prije 11 300 godina. Morska razina se brzo i ujednačeno podizala do prije oko 8

500 godina (Lambeck et al., 2002). U periodu od 8 200-2 500 godina prije sadašnjosti brzina porasta razine mora se smanjila, a volumen oceana ostao je konstantan do ponovnog porasta razine mora prije oko 100-150 godina (Lambeck et al., 2014).

2.3.5.1 Sedimentološki pokazatelji

Brojni podaci dobiveni analizom jezgara sedimenata izbušenih u obalnom području i različitim dijelovima Jadranskog mora i primjenom geofizičkih metoda ukazali su na promjene razine mora i paleookoliša u Jadranu tijekom LGM-a i holocena. Istraživanja su provedena na zapadnoj i sjevernoj (Correggiari et al., 1996; Cattaneo et al., 1997; Galassi & Marocco, 1999; Trincardi & Correggiari, 2000; Kent et al., 2002; Amorosi et al., 2003; Correggiari et al., 2005; Amorosi et al., 2008; Piva et al., 2008a; Piva et al., 2008b; Ridente et al., 2008; Maselli, 2011; Moscon et al., 2015; Pellegrini et al., 2016; Campo et al., 2017; Trobec et al., 2017; Ronchi et al., 2018), odnosno istočnoj strani Jadrana (Wunsam et al., 1999; Govorčin et al., 2001; Faivre et al., 2011; Shaw, 2013; Marriner et al., 2014; Felja et al., 2015; Shaw et al., 2016; Hasan, 2017; Razum, 2018) (Tablica 1).

Correggiari et al. (1996) napravili su krivulju relativne promjene razine mora od LGM-a koja se temelji na istraživanjima provedenim na prostoru sjeverno-jadranskog šelfa, na području između rijeke Po i Pesara. Seizmički profili, analiza facijesa na plitkim jezgrama (111 jezgri) i datiranje metodom ^{14}C omogućili su paleookolišnu rekonstrukciju područja. Maselli (2011) je u svojoj disertaciji također napravio rekonstrukciju promjena morske razine na području sjevernog Jadrana. Na temelju ovih istraživanja može se dobiti veoma detaljna slika razvoja sjeverno-jadranskog šelfa od LGM-a. Sjeverno-jadranski šelf je tijekom LGM-a, za vrijeme niže razine mora, bio velika aluvijalna ravnica kojom je tekla rijeka Po i njene pritoke (Amorosi et al., 2003; Moscon et al., 2015; Ronchi et al., 2018). Aluvijalna ravnica se protezala od današnje obale Italije prema jugu gdje je rijeka Po utjecala u Srednjo-jadransku depresiju (Correggiari et al., 1996). Nakon LGM-a i porasta razine mora, sjeverno-jadranski šelf je postepeno poplavljivan. Podizanje razine mora zabilježeno je paraličkim naslagama koje se „pomiču“ prema kopnu, te uključuju naslage barijernih otoka, laguna i usječenih dolina s kanalima i sprudovima (Correggiari et al., 1996; Maselli, 2011; Moscon et al., 2015). Ove naslage nalaze se na dnu sjevernog Jadrana kao izdužena tijela paralelna današnjoj obali (Moscon et al., 2015), te su mlađe na manjim dubinama i na taj način bilježe podizanje razine mora (Correggiari et al., 1996; Maselli, 2011).

Na području današnje doline rijeke Po također se odvijala sedimentacija koja ukazuje na promjenu taložnih uvjeta pod utjecajem fluktuacija morske razine tijekom LGM-a i holocena (Amorosi et al., 2003; Correggiari et al., 2005; Amorosi et al., 2008). Maksimalna morska ingresija (prije 5 000-6 000 godina) uzrokovala je poplavljivanje značajnog dijela ovog prostora (Amorosi et al.,

2003), te razvoja morskog okoliša. Granica bočatih okoliša, poput laguna, estuarija i močvara, nalazila se oko 35 km zapadno od današnje obale (Amorosi et al., 2008).

Nekoliko jezgara izbušeno je u obalnom i kopnenom području između Venecije i Trsta, te su njihovom analizom utvrđene lagunarne naslage koji naliježu na LGM naslage aluvijalne ravnice (Galassi & Marocco, 1999; Kent et al., 2002; Antonioli et al., 2009). Međutim, rekonstrukciju promjena razine mora na ovom prostoru otežava značajna subsidencija obale. Galassi & Marocco (1999) istaknuli su da je na prostoru lagune Caorle prije oko 5 000 godina razina mora bila veoma slična današnjoj. Na području Concordia-Sepolcreto i Concordia-Paludetto razvijena su i napuštena dva fluvijalna usjeka rijeke Tagliamento u periodu između LGM-a i ranog holocena. Porast razine mora uzrokovao je razvoj laguna. Baza lagunarnih naslaga na dubini od 6,85 m (Sepolcreto) datirana je na 5 700 godina prije sadašnjosti, dok je baza lagunarnih naslaga na dubini od 8,59 m (Paludetto) datirana na 5 900 godina prije sadašnjosti (Antonioli et al., 2009). Postoje također podaci da su na području današnje ravnice u regiji Friuli prije oko 6 000 godina nastali estuariji u nekadašnjim usječenim dolinama, što je dovelo do migracije obalne linije od oko 25 km u odnosu na današnji položaj (Amorosi et al., 2008). Smatra se da je i na području obalne ravnice oko Venecije prije 5 000-6 000 godina došlo do „pomaka“ bočatih naslaga prema kopnu.

Dok je na sjeverno-jadranskom šelfu transgresija prepoznata postojanjem obalnih naslaga koje se „pomiču“ prema kopnu (Correggiari et al., 1996; Maselli, 2011; Moscon et al., 2015), transgresija se na prostoru srednjo-jadranskog šelfa očituje kroz postojanje sedimentnog tijela debljine veće od 25 m istaloženog u manje od 14 000 godina nakon LGM-a (Maselli et al., 2010; Maselli, 2011). Rezultati istraživanja koje su proveli Cattaneo et al. (1997) ukazali su na postepen porast morske razine, isprekidan periodima ubrzanog rasta razine mora (MWP IA i MWP IB). Prepoznate su naslage povezane s ovim događajima, kao i manji, ali ipak značajan pad morske razine tijekom mlađeg drijasa (Maselli, 2011). Donji dio transgresivnih naslaga je istaložen pod snažnim utjecajem dotoka slatke vode. Prisutna je bentička fauna i nema planktonskih organizama što ukazuje na pliće okolišne uvjete. Smatra se da je ova jedinica starija od 14 000 godina prije sadašnjosti i istaložena prije MWP IA (Cattaneo et al., 1997). Središnji dio transgresivne jedinice grade naslage istaložene za vrijeme spuštanja morske razine tijekom mlađeg drijasa (Maselli et al., 2011). Ovo je potvrđeno pronalaskom sustava barijerni otoci-lagune na dubini od 75 m ispod današnje razine mora na području Gargano-Tremiti (Maselli et al., 2011). Gornja jedinica označava kraj mlađeg drijasa i početak maksimalnog potapanja prostora prije oko 5 000 godina, te uključuje i naslage istaložene tijekom MWP IB (Cattaneo et al., 1997). Trincardi & Correggiari (2000), Trincardi et al. (2000) i Maselli & Trincardi (2013) opisali su naslage istaložene nakon uspostave visoke razine mora na području srednjeg Jadrana.

Srednjo-jadranska depresija je tijekom LGM-a bila malen, plitak, poluzatvoren bazen koji je primao značajne količine sedimenta i vode (Correggiari et al., 1996; Maselli, 2011). Podaci dobiveni analizom jezgre PRAD 1.2, izbušene na prostoru Srednjo-jadranske depresije, upućuju na produbljavanje ovog prostora nakon LGM-a (Piva et al., 2008a,b; Ridente et al., 2008; Maselli, 2011; Maselli et al., 2010, 2011). Smatra se da je dubina mora tijekom MIS 2 na istraživanom prostoru iznosila oko 65 m (Maselli et al., 2010). Došlo je do akumulacije oko 10 m sedimenata na mjestu gdje je izbušena jezgra PRAD1.2 (Ridente et al., 2008; Maselli et al., 2010) i više od 200 m na sjevernom dijelu Srednjo-jadranske depresije (Trincardi & Correggiari, 2000; Ridente et al., 2008; Maselli et al., 2010). Naslage LGM starosti u ovoj jezgri prisutne su na dubini između 7,7 i 10,3 m ispod morskog dna (Piva et al., 2008a).

Paleookolišna istraživanja na prostoru Južno-jadranske kotline nisu brojna s obzirom da je to najdublji dio Jadrana gdje istraživanja zahtjevaju znatno veća financijska ulaganja i velike projekte. Može se pretpostaviti da se ovdje kontinuirano odvijala sedimentacija tijekom pleistocena i holocena. Provedena su paleooceanografska i paleoklimatska istraživanja, povezana s taloženjem sapropela (Giunta et al., 2003; Siani et al., 2013). Primjerice, Siani et al. (2013) su istraživali paleohidrologiju ovog područja tijekom holocena na temelju jezgre sedimenata ukupne dužine 21 m. Njihovo istraživanje je pokazalo da je u periodu prije 11 500-6 300 godina došlo do smanjenja saliniteta kao posljedica dotoka s kopna, nakon čega se salinitet povećao.

Duž istočne obale Jadrana također su istraživane relativne promjene razine mora i paleookoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena na temelju jezgara sedimenata. Wunsam et al. (1999) su istražili Malo i Veliko jezero na Mljetu. Autori su naveli da je dotok mora u Veliko jezero kroz kanal Soline, koji spaja Veliko jezero s otvorenim morem, započeo prije 5 000 godina. Međutim, morski utjecaj na istraživanom prostoru započeo je mnogo ranije, i to kroz okršenu karbonatnu podlogu (Wunsam et al., 1999). Govorčin et al. (2001) izbušili su jezgru sedimenata u kanalu Soline i utvrdli da se izmjenjuju morske, bočate i moguće slatkovodne naslaga s dubinom jezgre (Govorčin et al., 2001). Ovim istraživanjem je pretpostavljeno da je morska razina bila za oko 0,5-1 m niža od današnje prije 4 000 godina, te je dokazano da je površinska veza između Mljetskih jezera i otvorenog mora uspostavljena kasnije nego što je utvrđeno u istraživanju Wunsam et al. (1999). Autori su također istaknuli da je vjerojatno postojala veza između Velikog jezera i mora kroz okršenu podlogu (Govorčin et al., 2001). Razum (2018) je napravio rekonstrukciju paleookoliša koji su postojali na prostoru Velikog jezera i uvale Stupa na Mljetu tijekom kasnog pleistocena i holocena. Ovim istraživanjem je utvrđeno morsko poplavljivanje jezerskog okoliša u Velikom jezeru prije 2 400 godina, odnosno uvale Stupa prije 9 700 godina.

Faivre et al. (2011) su istraživali relativne promjene morske razine duž zapadne obale Istre, u zaljevima Sv. Marina i Soline, na temelju jezgara sedimenata. Na ovom plitkomorskom prostoru postoji kontinuirana sedimentacija tijekom zadnjih 4 300 godina. Međutim, ono što je tipično za izbušene jezgre je prijelaz iz morskih (lagunarnih) u kopnene naslage, kao posljedica povećane erozije zemlje crvenice. Na temelju rezultata zaključeno je da je relativna razina mora prije 2 000 godina bila oko 1,7-1,9 m niža od današnje razine mora. Ovo ukazuje na tektonsko spuštanje područja, s obzirom da se rezultati ne podudaraju s modeliranom krivuljom promjene razine mora (Antonioli et al., 2007; Faivre et al., 2011).

Riječna ušća također omogućuju istraživanje transgresije mora. Stoga su Felja et al. (2015) proveli istraživanje paleookolišne evolucije donjeg dijela doline rijeke Mirne na temelju 3 jezgre sedimenata analizom zajednice foraminifera. Smatra se da je tijekom holocena obalna linija bila oko 7 km prema unutrašnjosti Istre u odnosu na današnju obalnu liniju. U posljednjih 7 000 godina došlo je do značajnog donosa materijala na istraživani prostor, te progradacije unutarestuarijske delte i zapunjavanja doline sa sedimentima. Naslage donesene riječnim djelovanjem naliježu na bočate i hiposaline močvare, te naslage taložene u okolišima unutrašnjeg estuarija/lagune i vanjske lagune/estuarija (Felja et al., 2015).

Hasan (2017) je utvrdio paleookolišni razvoj područja Novigradskoga mora, Karinskoga mora i Velebitskoga kanala koji se temeljio na primjeni geofizičkih metoda i jezgrama sedimenata. Dobiveni rezultati ukazali su na porast razine mora tijekom holocena, u periodu od prije 10 750-9 870 godina, te izmjenu paleookoliša od kopnenih, bočatih do morskih.

Istraživanja promjena razine mora upotrebom zajednice foraminifera i „transfer funkcija“ još uvijek nisu učestala na prostoru Jadranskog mora. Većina istraživanja recentnih foraminifera duž istočne obale Jadrana zasniva se na njihovoj distribuciji (Vidović, 2010; Vaniček et al., 2000; Ćosović et al., 2011; Ćosović et al., 2016) i upotrebi kao indikatora antropogenog onečišćenja (Vidović et al., 2009; Popadić et al., 2013; Vidović et al., 2014; Vidović et al., 2016). Međutim, Shaw (2013) je u svojoj doktorskoj disertaciji pokušao rekonstruirati relativne promjene morske razine za Hrvatsku obalu Jadrana koristeći transfer funkciju baziranu na zajednici foraminifera iz mikrotajdalnih okoliša slanih močvara. Detaljnije su istražene slane močvare Jadrtovac i Blace koje se nalaze na području srednjeg Jadrana. Prikupljene su jezgre sedimenata i površinski uzorci na obje lokacije. Dobiveni su podaci o fluktuacijama morske razine tijekom prošlog stoljeća. Nagli porast srednje razine mora na lokalitetu Jadrtovac započinje 1940. godine. Razina mora dizala se do 1968. godine, a potom se snižavala do 1987. godine. Fluktuacije razine mora se nastavljaju do danas. Analiza druge jezgre na istom području ukazala je na porast razine mora do 1971. godine, nakon čega je uslijedio period

stabilizacije razine mora. Dobiveni rezultati za slanu močvaru Blace ukazali su da je došlo do porasta morske razine do 1911. godine, nakon čega dolazi do njene stabilizacije. Nakon 1962. godine srednja razina mora raste (Shaw, 2013; Shaw et al., 2016). Dobiveni podaci podudaraju se s mareografskim mjerenjima što ukazuje na pouzdanost primjene foraminifera i transfer funkcije u cilju rekonstrukcije promjena morske razine duž istočne obale Jadrana (Shaw, 2013; Shaw et al., 2016). Međutim, nedostatak ovog istraživanja je da nisu dobivene promjene morske razine tijekom dužeg vremenskog perioda. Marriner et al. (2014) su proveli istraživanje slane močvare u uvali Caska na otoku Pagu, iako svoje istraživanje ne zasnivaju na upotrebi foraminifera. Dobivene rezultate povezali su s potopljenom plimskom potkapinom koja je prisutna na strmoj obali okolnog zaljeva. Jezgre sedimenata (dužine 1,4-4,3 m) izgrađene su od muljevitih naslaga slanih močvara prekinute slojem morskih naslaga koje vjerojatno ukazuju na brzu transgresiju. Datiranjem je utvrđena starost ovog događaja od 1 000-1 200 AD. Autori su istaknuli da je porast razine mora bio epizodan i skokovit (Marriner et al., 2014). Nedostatak istraživanja slanih močvara i zajednice foraminifera kao indikatora promjene morske razine ostavlja mogućnost za buduća istraživanja. Primjerice, Pandža et al. (2007) daju popis područja u središnjem i jugoistočnom Jadranu koja se mogu klasificirati kao slane močvare. Buduća istraživanja ovih lokacija mogla bi dati nove, kvalitetne podatke koji bi značajno unaprijedili znanje o promjenama morske razine na području Jadrana.

2.3.5.2 Geomorfološki pokazatelji

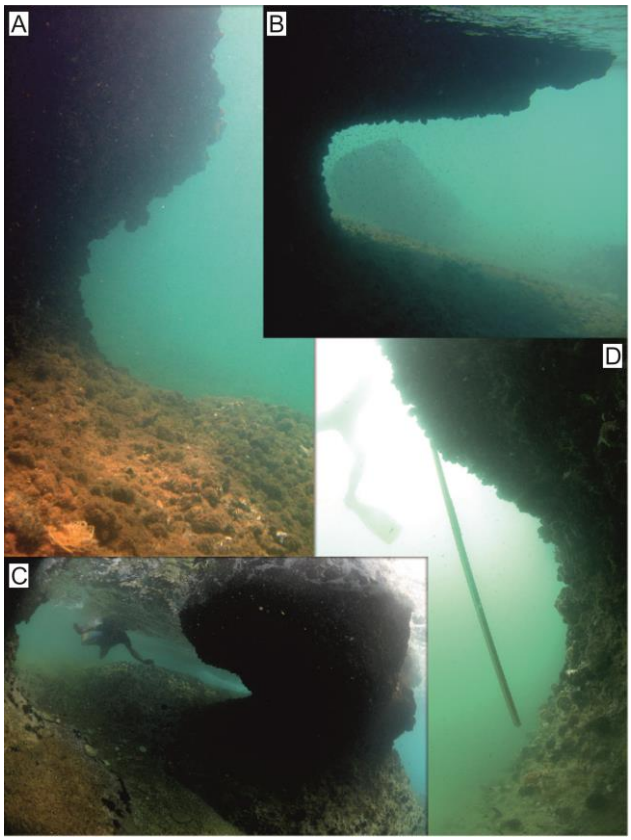
Taloženje siga na prostoru današnje istočne obale Jadrana odvijalo se i u periodu od >37-22 000 godina prije sadašnjosti (Surić et al., 2005). Surić (2006) je istaknula da je od 11 uzoraka siga, ukupno njih 5 istaloženo tijekom LGM-a. Međutim, tijekom holocena došlo je do porasta razine mora što je uvjetovalo prekid u taloženju siga na brojnim lokalitetima duž istočne obale Jadrana. Istraživanje je ukazalo na holocensku starost najmlađih dijelova siga prikupljenih na području vrulje Zečice i Medvjeđe spilje, kao i holocensku starost morskih obraštaja na 6 uzoraka (Surić, 2006). Rezultati istraživanja na području vrulje Zečice potvrdili su da je razina mora bila niža od 41,5 m prije 9 200 godina (Surić & Juračić, 2010). Istraživanjima spilje u zaljevu Tihovac na Pagu, jame Zmajevo Uho u blizini Rogoznice i jame u zaljevu Lučice na Braču (Surić et al., 2004; Surić et al., 2005; Surić, 2006; Surić & Juračić, 2010) ustanovljeno je da je rast morskog obraštaja započeo prije oko 10 200 godina na dubini od oko 36 m (Lučice), prije oko 9 200 godina na dubini od 34 m (Lučice), 6 100 godina na dubini od 28 m (Lučice), te prije oko 7 900 godina na dubini od 23 m (Tihovac). Rezultati su također ukazali na duge periode između vremena završetka rasta sige i stvaranja morskog obraštaja, moguće kao posljedica izdizanja podzemne vode. Nadalje, zanimljivo je da su analizom sige na dubini od 38,5 m u jami u zaljevu Lučice dobiveni podaci ukazali na uspostavu morskih uvjeta prije oko 14 000 godina. Pretpostavka je da je tada globalna razina mora bila mnogo niža (Waelbroeck et al.,

2002), te ova razlika ukazuje na mogućnost da je siga tektonski izdignuta (Surić et al., 2005). Detaljnije je istražena Medvjeđa spilja na otoku Lošinju, koja je danas djelomično potopljena (Malez et al., 1979; Surić & Juračić, 2010). Analiziran je uzorak sige prikupljen na dubini od 45 cm ispod današnje razine mora. Dobivena je starost najmlađeg dijela sige od 620±30 godina prije sadašnjosti. U tom vremenskom periodu morska razina bila niža od razine sige, odnosno od 1330. godine došlo do podizanja razine mora za oko 45 cm (Malez et al., 1979). Podaci koje su dobili Surić & Juračić (2010) analizom sige prikupljene u Medvjeđoj spilji na dubini od 10 m ukazali su da je do prestanka rasta sige došlo prije oko 7 800 godina. Analiza sige prikupljene na istoj lokaciji ali na dubini od svega 1,5 m upućuje na uspostavu vadoznih uvjeta prije 3 300 godina.

Kao geomorfološki indikatori promjena morske razine mogu se koristiti i potopljena korita i kanjoni rijeka. Surić (2002) je istaknula da su za vrijeme niže morske razine tijekom hladnih pleistocenskih perioda krške rijeke koje teku istočno-jadranskom obalom, kao što su Raša, Zrmanja, Krka, Cetina i Neretva usjekle svoje kanjone do tadašnje erozijske baze. Erozijska baza vjerojatno je bila na dubini od oko 125 m, što znači da se nekadašnji kanjoni ovih rijeka nalaze ispod morske razine (Surić, 2002; Sikora et al., 2014). Ukoliko su dostupni batimetrijski podaci visoke rezolucije moguće je odrediti pomake obalne linije u vremenskim intervalima za koje postoji dovoljno podataka (Lambeck & Chappell, 2001). Primjerice, Sikora et al. (2014) su koristili digitalni model reljefa (DEM-*Digital Elevation Model*) i batimetrijske podatke kako bi rekonstruirali paleoobalu i paleokanale tijekom LGM-a duž istočne obale Jadrana. Autori su napravili rekonstrukciju nekadašnjih korita rijeka Neretve i Cetine. Tok navedenih rijeka bio je znatno duži. Rijeka Cetina se ulijevala u Jabučku kotlinu, dok Neretva u Južno-jadransku kotlinu. Dobiveni vertikalni profili ukazali su da je tijekom LGM-a razina mora bila za oko 115 m niža od današnje (Sikora et al., 2014). Međutim, ova metoda procjene nekadašnje razine mora nije dovoljno precizna, te je stoga rezultate potrebno uzeti s oprezom. Juračić & Prohić (1991) naglasili su postojanje kanjona rijeke Krke između otoka Zlarina i kopna. Također, smatra se da se slični reljefni oblici mogu uočiti i kod Zrmanje. Naime, Surić (2002) je istaknula da se kanjon ove rijeke može pratiti u Novskom ždrilu i Velebitskom kanalu, dok je Hasan (2018) dokazao postojanje niza potopljenih riječnih kanala u Novigradskom i Karinskom moru upotrebom geofizičkih metoda. Korita i kanjone rijeka nije moguće datirati, što umanjuje njihovu važnost kao pokazatelja promjene razine mora. Međutim, moguće je datirati sedru (Horvatinčić et al., 2003), te bi stoga sedra pronađena u nekadašnjim riječnim tokovima bila pogodan materijal za odredbu starosti.

Na istočnoj strani Jadranskog mora velik broj istraživanja temelji se na plimskim potkapinama kao pokazateljima relativnih promjena morske razine (npr., Benac & Juračić, 1998; Fouache et al., 2000; Benac et al., 2004; Antonioli et al., 2004; Benac et al., 2008; Furlani et al., 2011a; Furlani et al.,

2011b; Faivre et al., 2011; Marriner et al., 2014, Furlani et al., 2014) (Slika 4). Na mnogim lokacijama potkapine su prisutne na različitim dubinama, a raspon dubine iznosi od 0,45 do 1,15 m ispod današnje srednje razine mora (Slika 5). Na prostoru talijanskog dijela istočne obale Jadrana potkapine su prisutne na nešto većoj dubini. Benac et al. (2008) i Furlani et al. (2011b) su istaknuli da je ključan utjecaj tektonike na ovu prostornu varijabilnost.

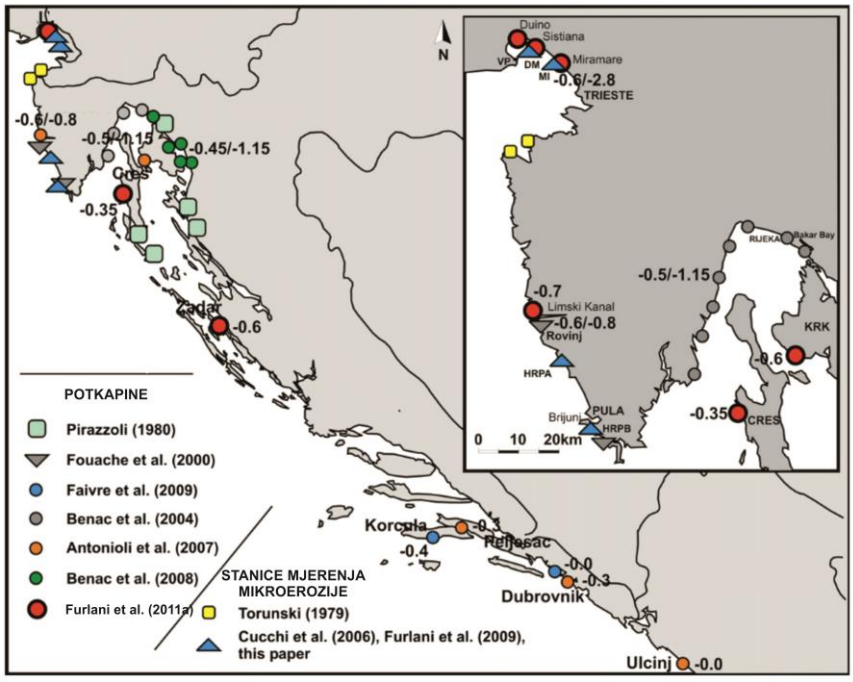


Slika 4: Primjeri plimskih potkapina s prostora SI dijela Jadrana: A) Duino, B) Duino, C) Marina di Aurisina, D) Marina di Aurisina (preuzeto iz Furlani et al., 2011a).

Još uvijek nije sa sigurnošću utvrđen mehanizam nastanka potkapina, kao ni vrijeme njihovog nastanka. Smatra se da je relativno stabilna razina mora omogućila nastanak potkapina, praćena brzom subsidencijom koja je vjerojatno posljedica tektonske aktivnosti (Benac et al., 2008). S obzirom da je na većini lokacija potkapina prisutna na dubini od oko 0,5 m smatra se da su ovi geomorfološki oblici formirani istovremeno (Fouache et al., 2000), na što ukazuje i amplituda potkapina kao i nedostatak današnjih potkapina (Furlani et al., 2011a, 2014). Osnovni problem je određivanje starosti potkapina jer se one ne mogu izravno datirati. Međutim, regionalnoj potkapini prisutnoj duž istočne obale Jadrana pripisuje se holocenska starost (Lambeck et al., 2004).

Furlani et al. (2011a) su pretpostavili da je potkapina nastala u periodu stabilnosti morske razine koji je trajao od 800-1 300. godine (srednjovjekovni topli period), nakon čega je došlo do brze subsidencije prostora. Faivre et al (2011) su svojim istraživanjem i korelacijom s jezgrama sedimenata

potvrdili ovu pretpostavku. Međutim, arheološki dokazi (Boetto & Radić Rossi, 2012) ukazali su da je moguće da je nastanak potkapine započeo mnogo ranije, tijekom rimskog perioda, odnosno da je potkapina nastala prije oko 2 000 godina tijekom relativne stabilnosti morske razine. Na isto su ukazali i Fouache et al. (2000) svojim istraživanjem. Naime, potopljeni arheološki ostaci kao što su rimski kamenolomi, uzgajališta riba, te cisterne daju dokaze da potkapina odgovara razini mora uspostavljenoj tijekom rimskog perioda. Marriner et al. (2014) su također došli do istog zaključka. Pretpostavljenno je da su potkapine na dubini od 18-19 m na prostoru Kvarnera vjerojatno nastale prije oko 8 400-8 000 godina, kada je morska razina stagnirala ili sporo rasla na istraživanom prostoru (Benac & Juračić, 1998). Surić et al. (2014) su naveli mogućnost da je do nastanka ovih potkapina došlo tijekom MIS 5.1. Benac & Juračić (1998) istaknuli su postojanje marinske abrazijske terase u Plominskom zaljevu i Vinodolskom kanalu na dubini od 45 m, koja je mogla nastati tijekom mlađeg drijasa.

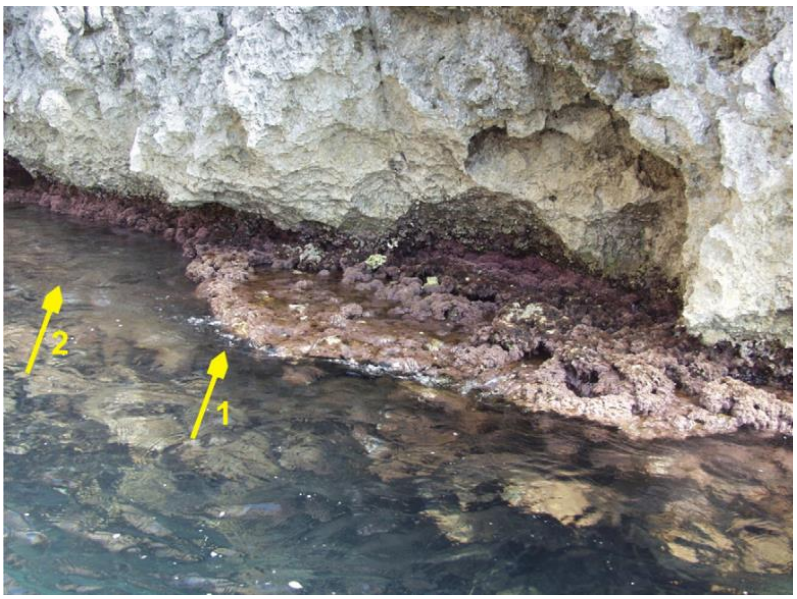


Slika 5: Prikaz područja gdje su pronađene i istražene plimske potkapine i njihovih dubina (modificirano prema Furlani et al., 2011a).

2.3.5.3 Biološki pokazatelji

Istraživanja fiksnih bioloških, *in situ* pokazatelja relativnih promjena morske razine duž istočne obale Jadrana započela su tek nedavno (Faivre et al., 2013). Faivre et al. (2013) su napravili rekonstrukciju relativnih promjena razine mora tijekom zadnjih 1 500 godina na temelju algnih vijenaca (trotoara) koje gradi alga *Lithophyllum byssoides* (Slika 6). Istraženo je područje otoka Biševa, Visa i Ravnika. Razvoj algnih vijenaca na navedenim otocima odvijao se više-manje istovremeno. Istraživanje je pokazalo da je došlo do 4 faze promjene morske razine. Morska razina

bila je stabilna od oko 550.-770. godine, a potom je u periodu između 770.-1330. godine došlo do njenog izdizanja brzinom od oko 0,71 mm/god. Između 1330.-1640. godine razina mora se ponovno stabilizirala (tzv. „Malo ledeno doba“), a potom je došlo do njenog naglog izdizanja. Smatra se da su algni vijenci nastali tijekom 2 relativno hladnija perioda tijekom zadnjih 1 500 godina kada je morska razina bila stabilna (Faivre et al., 2013).

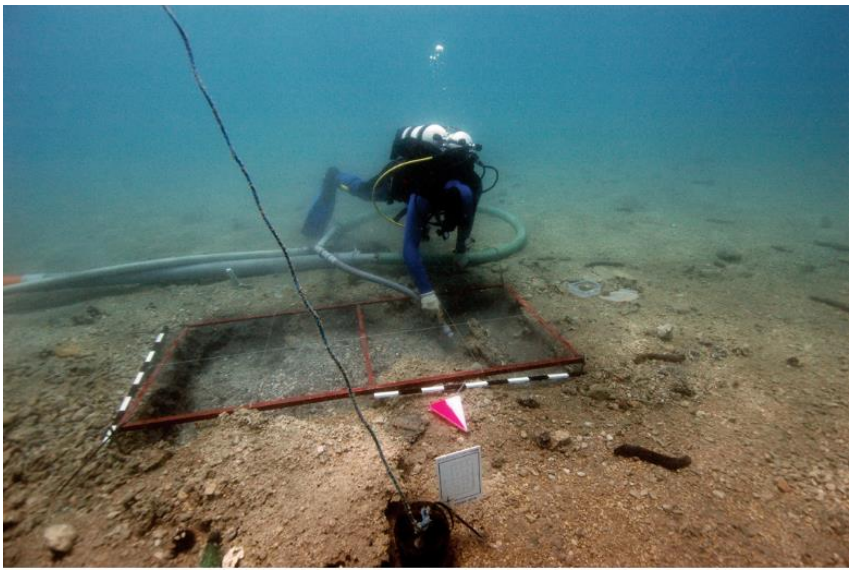


Slika 6: Prikaz morfologije algnog vijenca (trotoara) na otoku Biševu. Strelicama su označene dvije razine razvoja vijenaca: 1) gornja, 2) donja (preuzeto iz Faivre et al., 2013).

2.3.5.4 Arheološki pokazatelji

Duž istočne obale Jadrana brojni su arheološki nalazi iz rimskog doba, koji se nalaze uz obalnu liniju ili su potopljeni morem, te omogućuju istraživanje relativnih promjena morske razine tijekom zadnjih 2 000 godina. Međutim, iako su istraživanja arheoloških nalaza duž istočnog dijela Jadrana brojna, mali dio tih istraživanja je imao za cilj rekonstruirati promjene razine mora. Iz tog razloga, u budućnosti se otvaraju mogućnosti za prikupljanje novih podataka na temelju ovih pokazatelja. Andrijašević (1909) i Šegota & Filipčić (1991) napravili su pregled geoloških i arheoloških pokazatelja promjene morske razine duž istočne obale Jadrana. Šegota & Filipčić (1991) utvrdili su da je prije 2 000 godina morska razina bila oko 2 m niža u odnosu na današnju. Međutim, Surić (2009) je istaknula da je potrebna revizija tog istraživanja s obzirom da su u razmatranje uzeti i nalazi koji nisu isključivo vezani uz obalu (potopljeni brodovi, gradska vrata i slično). Fouache et al. (2000) su usporedili položaj plimskih potkapina i arheoloških pokazatelja (pristaništa, kamenoloma i uzgajališta riba). Ova istraživanja uglavnom su se odnosila na prostor Istre i Kvarnera, a nalazi su prisutni na dubinama od 0,5-0,6 m. Antonioli et al. (2007) također su istražili geomorfološke i arheološke pokazatelje duž sjevernog dijela hrvatske obale, te duž slovenske i talijanske obale. Utvrdili su da je prije oko 2 000 godina razina mora na tom području bila oko 2,08±0,60 m niža od današnje. Boetto & Radić Rossi

(2012) proveli su istraživanje broda izrađenog tehnikom šivanja u uvali Caska na otoku Pagu, koji je bio uklopljen u operativnu obalu ili pristanište od drvenih kolaca i pilona. Nalaz datira iz 1. ili 2. stoljeća AD. Rezultati koje su dobili Faivre et al. (2010) istraživanjem potopljenih arheoloških nalazišta na otoku Visu ukazali su na promjenu razine mora od oko 1,99±0,25 m tijekom zadnjih 2 400 godina. Nadalje, započeto je istraživanje nalazišta u zaljevu Zambratija u Istri. Smatra se da je ovo danas potopljeno naselje prapovijesne ili protopovijesne starosti. Do potapanja naselja došlo je porastom razine mora tijekom holocena (Benjamin et al., 2017). Istražuje se još jedno prapovijesno nalazište kod Pakoštana, za koje se smatra da je također sojeničarsko naselje koje se nalazilo nad plitkim morem (Slika 7) (Bekić et al., 2016).



Slika 7: Iskapanje arheološke sonde na prapovijesnom nakazištu Pakoštane (preuzeto iz Bekić et al., 2016).

2.3.5.5 Mareografski podaci i podaci dobiveni satelitskim visinomjerima

Mareografska mjerenja i mjerenja satelitskim visinomjerom omogućila su dobivanje vrijednih podataka o promjenama razine mora. Naime, utvrđeno je da je nakon 1960. godine došlo do spuštanja morske razine na području Sredozemnog mora i Jadrana, dok je ranije zabilježeno izdizanje morske razine (Tsimplis & Baker, 2000; Tsimplis et al., 2012). To ukazuje na trend koji je suprotan s globalnim izdizanjem morske razine. Istraživanja Cazenave et al. (2001) i Tsimplis & Rixen (2002) su pak pokazala da je od 1993. godine razina mora porasla na prostoru Sredozemlja. Autori su naveli da se to može povezati s porastom površinske temperature mora, a isti trend uočen je i u Jadranu. Smatra se da će se porast razine mora dodatno ubrzati tijekom 21. stoljeća (Church & White, 2006; Nicholls & Cazenave, 2010; IPCC, 2014).

2.4 Depresije u kršu

Mnoge obale širom svijeta izgrađene su od karbonatnih stijena podložnih okršavanju. Ford & Williams (1989) definirali su kršem područja s jedinstvenom hidrologijom i reljefnim oblicima koji nastaju kao posljedica visoke topivosti stijena i dobro razvijenog sustava sekundarnog poroziteta. Karbonatne stijene podložne okršavanju su vapnenci i dolomiti (Frumkin, 2013; Mylroie & Mylroie, 2013).

U okršenim područjima kemijsko otapanje nadvladava mehaničke procese (Lauritzen & Skoglund, 2013; Wray, 2013; White & White, 2013). Za proces okršavanja stijena izuzetno je važna ugljična kiselina (H_2CO_3) koja nastaje interakcijom ugljičnog dioksida (CO_2) iz zemljine atmosfere ili tla s podzemnom vodom, te vodom iz rijeka, jezera ili mora. Prilikom kontakta topivih stijena s agresivnom vodom s otopljenom H_2CO_3 dolazi do nastanka krša (Dreybrodt, 1988). Okršavanje, odnosno otapanje karbonatnih stijena, se javlja kao posljedica sljedeće kemijske reakcije:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \leftrightarrow Ca^{2+} + 2\ HCO_3^-$$

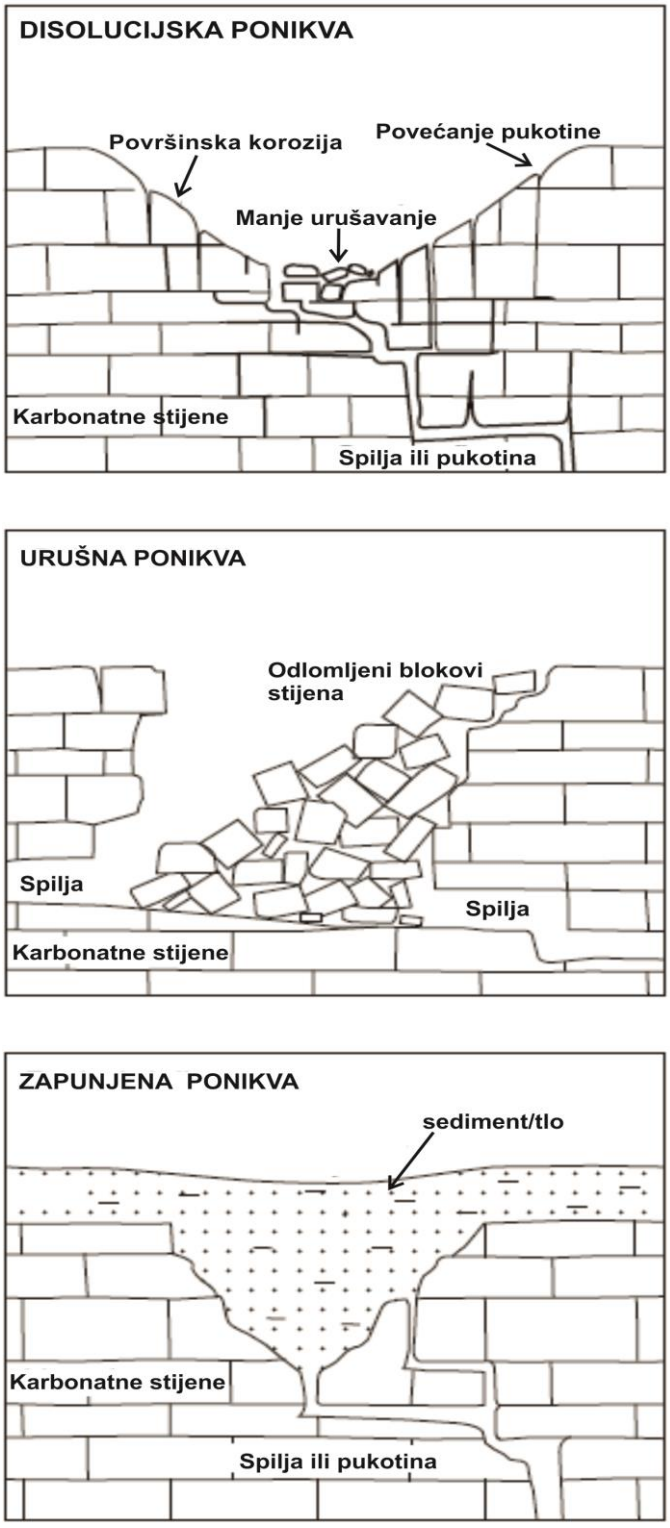
Agresivna voda koja uzrokuje otapanje stijena može također sadržavati sumporovodik (H_2S), a njenu agresivnost mogu pospješiti i različiti temperaturni efekti, miješanje otopina različitog zasićenja i mikrobiološki čimbenici (Frumkin, 2013).

Depresije u kršu, poput ponikvi, uvala i krških polja, mogu u obalnoj zoni činiti bazene u kojima dolazi do akumulacije sedimenata koji sadrže zapis kvartarnih paleookolišnih promjena (npr., Shinn et al., 1996; van Hengstum et al., 2010; van Hengstum & Scott, 2011; Gabriel et al., 2013; Kovacs et al., 2013). Migracija obalne linije s promjenama morske razine tijekom kvartara utjecati će na potapanje ili izolaciju bazena u kršu koji se nalaze u obalnoj zoni. Fluktuacije vodnog lica u okršenim obalnim područjima također su posljedica glacio-eustatskih promjena morske razine tijekom kvartara (Ford & Williams, 1989).

2.4.1 Ponikve

Ponikve su prirodne depresije kružnog ili polukružnog oblika, promjera od svega nekoliko metara do stotinjak ili tisuću metara (Bonacci, 1987; Ford & Williams, 1989; Kranjc, 2013). Dosežu dubinu od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara. Rubovi ponikvi mogu biti blago nagnuti ili vertikalni, a ponikve također mogu biti i cilindričnog, tanjurastog ili ljevkastog oblika (Kranjc, 2013). Uobičajeno su prisutne duž tektonskih granica (Bonacci, 1987), te se pojavljuju u skupinama. Smatra se da su ovi reljefni oblici razvijeni u gotovo svim okršenim područjima i iz tog razloga su izvrstan pokazatelj okršavanja (Ford & Williams, 1989).

Većina ponikvi je poligenetskog porijekla, te nastaju djelovanjem više procesa poput korozijskog djelovanja vode ili pak urušavanjem stropa spilja i kaverni. S obzirom na postanak razlikujemo dva osnovna tipa ponikvi: disolucijske (tzv. „prave“ ponikve u kršu) i urušne (kolapsne) ponikve (Slika 8) (Kranjc, 2013).



Slika 8: Dva osnovna tipa ponikvi (disolucijske i urušne), te primjer ponikve zapunjene sedimentom i/ili tlom (modificirano prema Frumkin, 2013).

Disolucijske ponikve nastaju otapanjem ili korozijom stijenske podloge. Često su zdjelastog oblika, s obzirom na dominantno otapanje središnjeg dijela ponikve (Slika 8). Ovaj tip ponikvi učestalo se razvija u područjima s vlažnom klimom (Ford & Williams, 1989). Urušne ponikve obično nastaju urušavanjem stropa spilja ili kaverni (Slika 8). Utjecaj procesa otapanja karbonatnih stijena u ovom slučaju je indirektan. Naime, otapanje može povećavati spilju ili kavernu ispod površine do trenutka kada strop spilje ili kaverne postaje preslab te se urušava (Kranjc, 2013; Williams, 2004). Urušne ponikve su obično polukružnog oblika, te promjera od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara. Padine urušnih ponikvi su veoma strme, vertikalne do subvertikalne, te im je širina obično veća od dubine (Kranjc, 2013). Tijekom vremena na padine urušnih ponikvi djeluje trošenje, te postaju manje strme i sve sličnije disolucijskim ponikvama (Slika 8) (Ford & Williams, 1989).

Ponikve mogu biti ispunjene sedimentom, netopivim detritusom otopljenog vapnenca ili drugim sitnozrnatim materijalom (Slika 8). Materijal može biti donesen iz sliva lokalnim ispiranjem tla ili slabo vezanog sedimenta, a također može biti donesen i eolskim putem. Često dna ponikvi zapunjava tlo, *terra rossa* u vlažnoj i toploj klimi te smeđe tlo u umjerenoj i hladnijoj klimi (Kranjc, 2013). Debeli sloj glinovitog tla na dnu ponikve omogućiti će akumulaciju vode u njoj. Mogu se razviti i privremena jezerca. Ukoliko nema sloja glinovitog tla, voda se također može ujezeriti kao posljedica visoke razine podzemne vode (Ford & Williams, 1989).

U kršu Hrvatske prepoznato je 350 000 ponikvi (Kranjc, 2009). Najdublje ponikve na prostoru Hrvatske su Modro i Crveno jezero kod Imotskog, dubine oko 200 i 500 m (Bonacci, 1987). Primjeri morem potopljenih ponikvi su Veliko i Malo jezero na otoku Mljetu (Juračić et al., 1995; Govorčin et al., 2001; Vaniček et al., 2000; Surić, 2002; Surić, 2005; Sondi & Juračić, 2010; Pikelj & Juračić, 2013), dok su Zmajevo oko kod Rogoznice i jezero Mir na Dugom otoku primjeri potopljenih ponikvi odvojenih okršenim grebenom od izravnog morskog utjecaja (Surić, 2002; Surić, 2005). Na području zapadne obale Jadrana također su istraživane ponikve potopljene holocenskim porastom razine mora (Taviani et al., 2012), kao i na prostoru Floride (Kindinger et al., 1999) i Havaja (Grigg et al., 2002).

2.4.2 Uvale

Uvale se mogu definirati kao depresije zdjelastog oblika koje se razvijaju na okršenoj površini. Uobičajeno su većih dimenzija od ponikvi, a manjih od krških polja. Oblikom su također između krških polja i ponikvi. Generalno se ipak smatra da su uvale obično sličnije ponikvama (Kranjc, 2013). Padine uvala su veoma nepravilne, te im je dno prekriveno tlom ili sedimentom. U literaturi postoji rasprava vezana uz postanak uvala, te je čak predloženo da se ovaj termin ukine. Naime, smatra se da su uvale nastale otapanjem, odnosno spajanjem ponikvi u veću depresiju, a ne izraženom korozijom karbonatnih stijena. Iz tog razloga, mnogo znanstvenika je mišljenja da se uvale mogu smatrati

ponikvama. Izuzetno je teško razlučiti između velike ponikve ili uvale, kao i između uvale i malog krškog polja što je dodatan razlog za ukidanje ovog termina (Kranjc, 2013).

2.4.3 Krška polja

Krška polja su dimenzijama najveće depresije u karbonatnim stijenama. Obično su eliptičnog oblika s blago nagnutim i zaravnjenim dnom (Ford & Williams, 1989; Bonacci, 2013; Kranjc, 2013). Krška polja mogu se opisati i kao izdužene i zaravnjene aluvijalne doline okružene strmim grebenima izgrađenim od karbonatnih stijena (Bonacci, 1987). Veličina krških polja varira od manjih površina od oko 0,5 km^2 do znatno većih površina veličine 500 km^2, dok im je širina u rasponu od 1 do nekoliko kilometara (Bonacci, 1987). Kranjc (2013) je naglasio da kraća os dna polja ne bi smjela biti manja od 400 m. U dinarskom kršu polja su obično površine manje od 50 km^2, a drugdje u svijetu površine manje od 10 km^2 (Ford & Williams, 1989).

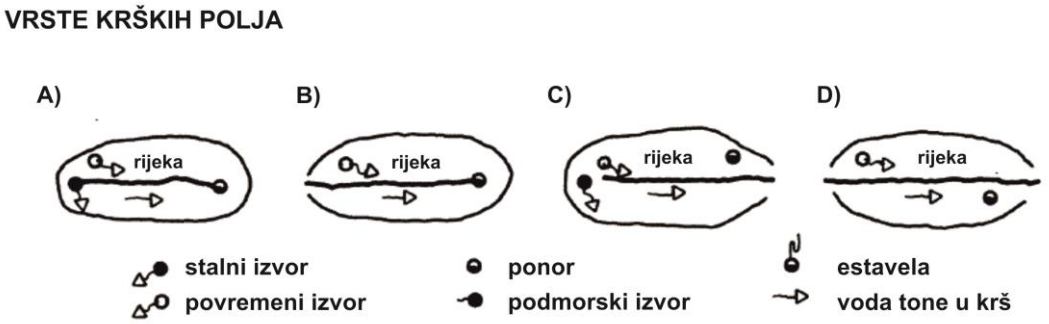
Smatra se da krška polja nastaju kombinacijom različitih procesa. Vjerojatno je da je nastanak glavne depresije posljedica tektonskih procesa i/ili erozijskog i korozijskog djelovanja vode (Kranjc, 2013). Moguće je da su različita krška polja nastala na različite načine. Većina krških polja duž istočne obale Jadrana ima dinarsku orijentaciju što znači da je njihova duža os orijentirana SZ-JI. To je također smjer osnovnih tektonskih struktura, te glavnih morfoloških jedinica (Bonacci, 2013; Kranjc, 2013). Zbog kompleksnog postanka krških polja i njihove evolucije postoji mnogo klasifikacija polja prema različitim kriterijima, poput geoloških, morfoloških i hidroloških (Kranjc, 2013).

Krška polja imaju kompleksna hidrološka i hidrogeološka obilježja poput stalnih i povremenih tokova rijeka i potoka koji uobičajeno teku dužom osi polja, tokove rijeka ponornica, te ponore i estavele (Bonacci, 1987; Bonacci, 2013). Često se događa da su krška polja plavljena tijekom hladnih i vlažnih perioda, dok u ljetnim mjesecima obično presušuju (Bonacci, 1987). U poljima u kršu također se mogu razviti jezera (Bonacci, 2013; Ilijanić et al., 2018). S obzirom na hidrološki režim, polja se mogu podijeliti na stalno poplavljena ili jezera, periodički i djelomično poplavljena polja, te suha polja. Vransko jezero na otoku Cresu i Skadarsko jezero su primjeri stalno potopljenih ili jezerskih polja (Bonacci, 2013). Krška polja duž istočne obale Jadrana poplavljena su u prosjeku 3-7 mjeseci godišnje, uglavnom u periodu od listopada do travnja, ali također postoje primjeri polja koja su poplavljena i 10 mjeseci godišnje (Bonacci, 2013). Krška polja mogu poplaviti kada razina podzemne vode naraste iznad njihovog dna ili kada dotok vode u polje nadmaši maksimalni kapacitet ponora. Obje situacije mogu se pojaviti i istovremeno. Primjerice, polje u kršu Zafarraya u Španjolskoj je tektonski stvorena depresija u kojoj je plavljenje posljedica porasta razine podzemne vode i povećanog površinskog dotoka. Međutim, Lopez Chicano et al. (2002) smatraju da je polje Zafarraya

dominantno poplavljeno kao posljedica porasta razine podzemne vode. U ovom polju u kršu također dolazi do razvoja privremenih jezera.

Odredba slivnog područja za krško polje je izuzetno zahtjevna zbog nepoznate morfologije podzemnih krških oblika, poput ponora. Smjerovi podzemne cirkulacije su uvjetovani položajem ponora i izvora u polju. Ponori su pukotine u okršenom masivu kroz koje voda prodire u podzemlje (Bonacci, 2013). Field (2002) je dao dvije definicije ponora: rupa ili otvor u dnu ili na padini depresije gdje površinski tok ili jezero prodire djelomično ili u potpunosti u okršeno podzemlje. Isti autor također definira ponor kao rupu u dnu ili na padini zatvorene depresije kroz koju voda otječe u podzemni kanal.

S obzirom na hidrološki režim, razlikujemo zatvorena i otvorena krška polja (Bonacci, 1987). Krško polje može biti otvoreno na jednoj ili obje strane, kao posljedica toka površinske rijeke (Slika 9) (Kranjc, 2013).



Slika 9: Shematski prikaz različitih vrsta krških polja: A) zatvoreno polje, B) i C) polje otvoreno na jednoj strani, D) polje otvoreno na obje strane (modificirano prema Bonacci, 1987).

Krška polja su često zapunjena tlom i sedimentima neogenske i kvartarne starosti (Bonacci, 1987; Bonacci, 2013; Ilijanić et al., 2018). Sedimentni pokrivač prekriva nepravilnu stijensku podlogu polja te omogućuje stvaranje zaravnjenog reljefa. Stijene mogu graditi njegove rubove ili dno (Kranjc, 2013).

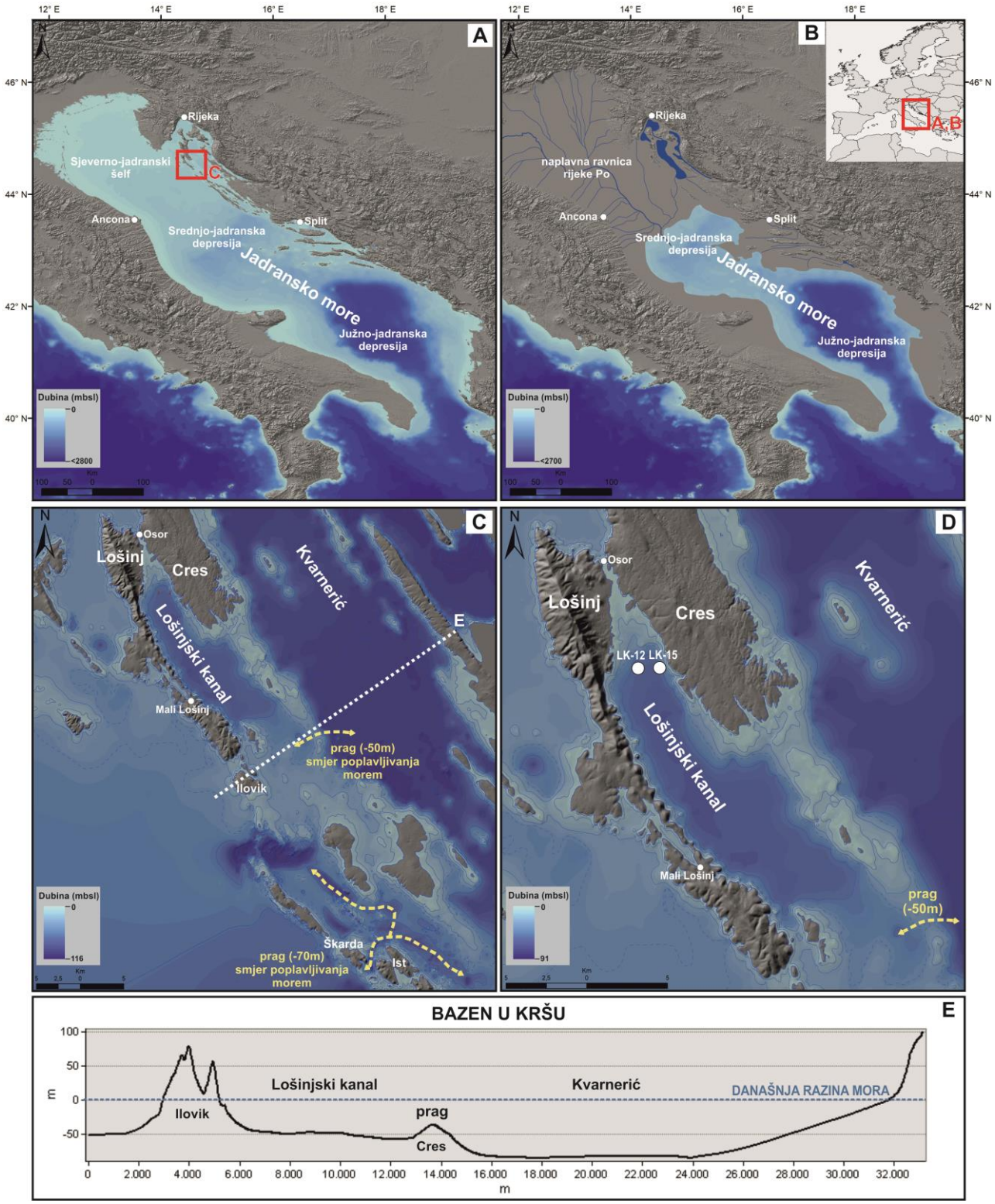
Ovi krški oblici prepoznati su na prostoru Azije, Kube, Kariba, Sjeverne Amerike i Jamajke, ali uglavnom su razvijeni na prostoru Mediterana (Hrvatska, Grčka, Italija, Francuska, Španjolska, Maroko, Tunis) (Bonacci, 1987; Bonacci, 2013). Smatra se da na prostoru cjelokupne istočne obale Jadrana postoji oko 130 polja, a od toga njih 50 su velikih dimenzija (Milanović, 2004). Međutim, važno je istaknuti da je točna odredba krških polja složen zadatak, te je stvaran broj krških polja nepoznat (Bonacci, 2013). Krška polja duž istočne obale Jadrana razvijena su na različitim nadmorskim visinama, od svega 20 m iznad razine mora do 1200 m (Ford & Williams, 1989; Bonacci, 2013).

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Jadransko more je najsjeverniji bazen Mediterana izdužen smjerom sjeverozapad-jugoistok. Zapadna strana ovog bazena pripada isključivo Italiji, dok ukupna dužina istočno-jadranske obale iznosi 6191 km i najveći dio pripada pripada Hrvatskoj (95%) (Riđanović, 2002). Zapadna i istočna obala Jadrana uvelike se razlikuju (Pikelj & Juračić, 2013). Osnovna razlika je u geomorfološkim obilježjima obale, kao i u osnovnim faktorima koji utječu na taloženje i donos materijala. Naime, zapadna obala Jadrana je niska i zaravnjena s razvijenom riječnom mrežom i donosom aluvijalnog materijala (Van Straaten, 1970; Boldrin et al., 1988; Correggiari et al., 2001; Frignani et al., 2005). Strma i stjenovita istočna obala Jadrana je u literaturi opisana kao tzv. „Dalmatinski tip" obale s otocima paralelnim obali i zaljevima i kanalima među njima (Kelletat, 2005). Dalmatinski tip obale formiran je tijekom kasnog pleistocena i holocena morskim poplavljivanjem postojećeg boranog, rasjednutog i okršenog reljefa (Benac & Juračić, 1998; Surić, 2002; Kelletat, 2005; Paskoff, 2005; Juračić et al., 2009).

Karbonatne stijene koje su nastale u periodu od karbona do eocena dominantno grade istočnu obalu Jadrana i otoke. Taloženje debelog slijeda vapnenaca i dolomita odvijalo se tijekom mezozoika na plitkomorskoj Jadranskoj karbonatnoj platformi (Vlahović et al., 2002, 2005). S obzirom da su karbonatne stijene podložne okršavanju nastali su različiti krški oblici, poput ponikvi, krških polja, krških riječnih kanjona, uvala i spilja. O okršenosti istočne obale Jadrana pisali su brojni autori (Alfirević, 1969; Roglić, 1969; Surić, 2002; Juračić et al., 2009; Pikelj & Juračić, 2013). Smatra se da je okršavanje na prostoru Mediterana započelo tijekom miocena u tektonski pogodnim područjima. Najbolje očuvani dokazi okršavanja nastali su tijekom najmlađih perioda niske razine mora (Surić, 2005; Mocochain et al., 2009; Pikelj & Juračić, 2013).

Na prostoru Kvarnera (*sensu lato*) otoci (npr., Cres, Lošinj, Krk, Rab, Pag) imaju Dinarski smjer pružanja (SZ-JI). Zaljevi i kanali (Lošinjski kanal, Riječki zaljev, Kvarnerić, Kvarner (*sensu stricto*), Vinodolsko-Velebitski kanal) nalaze se u međuotočnom i obalnom području između Vinodolsko-Velebitske obale i Istarskog poluotoka. U ovoj doktorskoj disertaciji istraživan je prostor Lošinjskoga kanala, koji je smješten između otoka Cresa i Lošinja. Lošinjski kanal dužine je oko 35 km i širine oko 6 km, a maksimalna dubina mora iznosi 73 m (Slika 10). Otok Lošinj razdvaja istraživani prostor od sjeverno-jadranskog šelfa, dok otok Cres razdvaja Lošinjski kanal i zaljev Kvarnerić. Podmorski nastavak otoka Cresa čini prag, s najvećom dubinom od 50 m, koji djeluje kao barijera koja je omogućila razvoj različitih kvartarnih paleookoliša (Slika 10). Poplavljivanje Kvarnera (*s.s.*) morem vjerojatno se dogodilo kroz uzak kanal/prag na dubini od 70 m koji se nalazi između otoka Ista i Škarde (Slika 10).

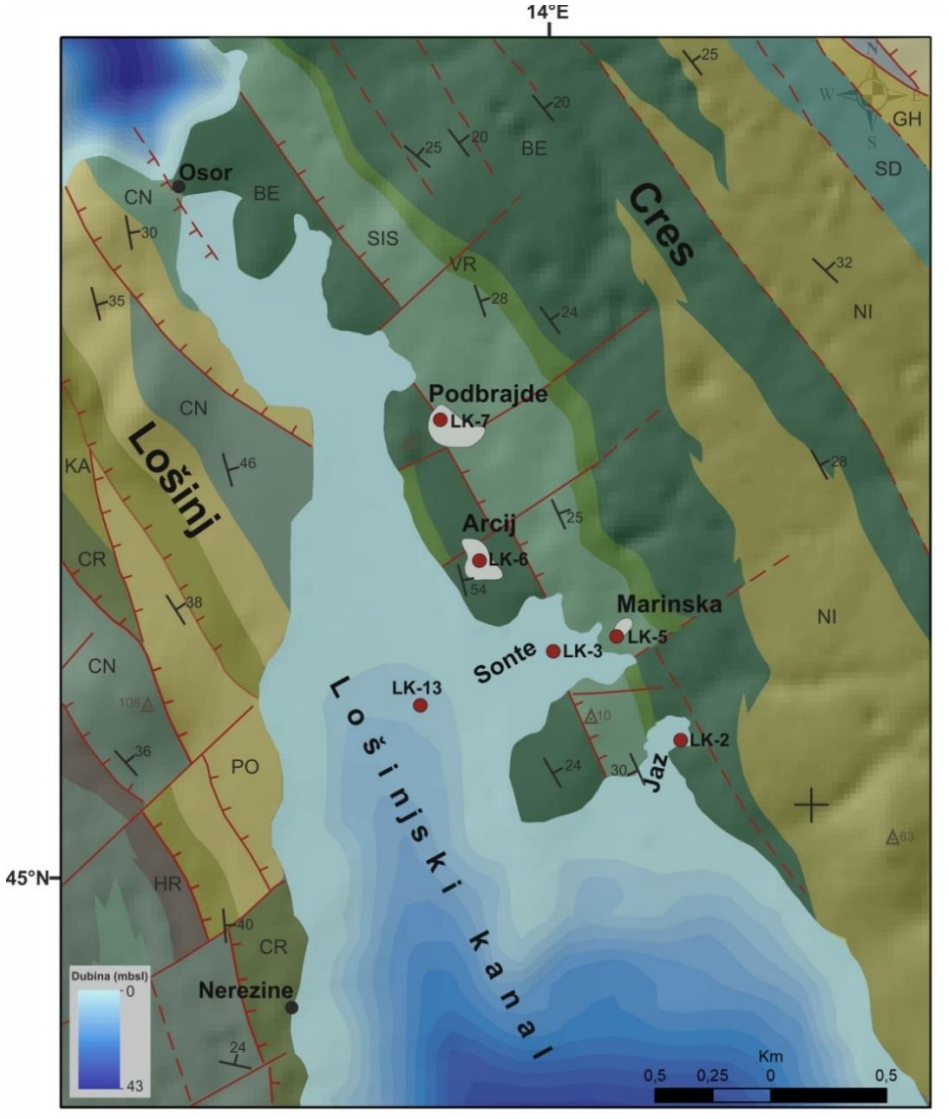


Slika 10: Batimetrijske karte i poprečni presjek istraživanog prostora: A) batimetrijska karta Jadranskog mora, B) Jadransko more tijekom LGM-a (zapadna obala Jadrana modificirana je prema Maselli et al., 2011; Maselli & Trincardi, 2013; istočna obala Jadrana modificirana je koristeći batimetrijske podatke (Becker et al., 2009), te podatke iz Sikora et al., 2014 i Miko et al., 2016), C) batimetrijska karta Lošinjskoga kanala s naznačenom lokacijom praga i smjerom intruzije mora (žuta strelica), D) batimetrijska karta Lošinjskoga kanala i lokacije bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) poprečni presjek Lošinjskoga kanala. Lokacija poprečnog presjeka označena je na karti C.

Do sada su provedena istraživanja površinskih sedimenata istaloženih na morskom dnu na prostoru Kvarnera (*s.l.*) (Škrivanić & Magdalenić, 1979; Pikelj, et al., 2009; Pikelj, 2010), te je napravljena karta distribucije površinskih sedimenata (Juračić et al., 1999). Kao posljedica karbonatne građe obale i otoka donos terigenog materijala rijekama na ovom prostoru nije značajan. Međutim, Škrivanić i Magdalenić (1979) su utvrdili da postoji više izvora terigenog materijala. Izvor terigenog materijala su Dinaridi (karbonatno-klastični materijal) i Alpe od kuda je sediment donesen talijanskim rijekama (Po, Adige, Soča, Tagliamento, Piave, Reno, Brenta), te istaložen u otvorenim vodama Jadrana i čini zapadnu granicu područja Kvarnera. Smatra se da je područje današnjeg vanjskog ruba kvarnerskih otoka i Istre djelovalo kao barijera kojom je bilo spriječeno širenje i donos pjeskovitih terigenih sedimenata u međuotočno područje (Škrivanić & Magdalenić, 1979). Donos terigenog materijala talijanskim rijekama na prostoru zapadno od otoka Cresa i Lošinja, kao i na prostoru zapadno od istarske obale, bio je značajan za vrijeme niže morske razine tijekom pleistocena (Juračić et al., 1999; Pikelj, 2010). Važno je spomenuti da je oko otoka Raba, Krka i Suska prisutan nešto krupnozrnatiji materijal (pijesak i šljunkoviti pijesak), na prostoru gdje postoje lokalni izvori terigenog materijala, fliša i lesa (Juračić et al., 1999). Istraživanja lesnih naslaga provedena su na otoku Susku. Utvrđeno je da su eolske naslage napuhivane tijekom pleistocena s prostora naplavne ravnice rijeke Po (Mikulčić Pavlaković et al., 2011; Wacha, 2011, 2017a, 2017b; Profe et al., 2018; Durn et al., 2017). Prema karti morskog dna i površinskih sedimenata Kvarnera, Lošinjski kanal uglavnom grade muljevito-pjeskoviti i pjeskovito-muljeviti sedimenti (Juračić et al., 1999).

Napravljene su geološke karte otoka Cresa i Lošinja mjerila 1:100 000 (Mamužić, 1968; Magaš, 1968) i 1:50 000 (Fuček et al., 2012; Fuček et al., 2014), a ovo područje bilo je također tema mnogih znanstvenih istraživanja (Husinec et al., 2000; Korbar et al., 2001; Korbar & Husinec, 2003). Na geološkim kartama Cresa i Lošinja je vidljivo da na otocima dominiraju vapnenačke stijene kredne starosti. Ove stijene nastale su u plitkomorskom okolišu, iako su pelagički okolišni uvjeti bili periodički uspostavljeni tijekom gornje krede (Korbar et al., 2001; Korbar & Husinec, 2003). Najstarije stijene na otocima su nastale tijekom donje krede. Utvrđene su i mlađe paleogenske stijene (foraminiferski vapnenci i fliš) i kvartarne naslage (les, *terra rossa*, aluvijalne i koluvijalne naslage) (Mamužić, 1968; Magaš, 1968; Benac & Durn, 1997; Fuček et al., 2012; Fuček et al., 2014). Izlaganje karbonatnih stijena kopnenim uvjetima omogućilo je nastanak brojnih ponikvi na otoku Cresu, posebice u jugozapadnom dijelu otoka. Rasjedi istaknuti na geološkim kartama (Fuček et al., 2012; Fuček et al., 2014) vjerojatno su pogodovali razvoju krških oblika/depresija na području Cresa i Lošinja.

Osim istraživanja provedenog na prostoru Lošinjskoga kanala, u ovoj disertaciji istraživana su i marinska jezerca (blatine) razvijena u ponikvama na otoku Cresu (Slika 11). Marinska jezerca Marinska, Arcij i Podbrajde razlikuju se s obzirom na dubinu, nadmorsku visinu praga koji razdvaja jezerca od izravnog morskog utjecaja, udaljenost od mora i površinu (Tablica 2). Ponikve su nastale u plitkomorskim vapnencima i dolomitima kredne starosti koji pripadaju formaciji Sis, te u pelagičkim vapnencima formacije Belej (Slika 11) (Fuček et al., 2014). Okršenost otoka Cresa omogućuje intruziju morske vode kroz okršeni greben koji razdvaja jezerca od mora. Nagib slojeva prema sjeveroistoku (Fuček et al., 2014) moguće dodatno olakšava intruziju mora kroz razvijenu uslojenost i podzemne pukotinske sustave.



Slika 11: Geološka karta sjevernog dijela istraživanog područja (modificirano prema Fuček et al., 2014) s označenim jezgrama sedimenata LK-2, LK-3, LK-5, LK-6, LK-7, LK-13. Litostratigrafske jedinice prikazane na karti: CR-Formacija Cres (gornji otriv-barem), KA- Formacija Kanfanar (donji apt), PO- Formacija Porozina (gornji apt-donji alb), CN- Formacija Crna (alb), HR- Član Hrasta (gornji alb), SIS- Formacija Sis (gornji alb-donji cenoman), VR- Član Vrana (donji cenoman), BE- Formacija Belej (donji-srednji cenoman), NI- Član Niska (cenoman), SD- Formacija Sveti Duh (gornji cenoman-turon), GH- Formacija Gornji Humac (turon-konijak).

Tablica 2: Obilježja marinskih jezeraca na otoku Cresu.

Marinsko jezerce	Najniža dubina praga (m)	Udaljenost od mora (m)	Površina (km^2)
Marinska	1,1	50	0,005
Arcij	0,3	92	0,018
Podbrajde	0,7	136	0,03

Mareografska mjerenja na otoku Lošinju pokazala su da je istraživano područje mikrotajdalno (http://tides.mobilegeographics.com/locations/3554.html).

Današnja klima otoka Cresa i Lošinja je umjerena i vlažna s vrućim ljetima, dok su na najvišim nadmorskim visinama ljeta topla. Najjužniji dio otoka Lošinja ima mediteransku klimu s vrućim ljetima (Šegota & Filipčić, 2003). Srednja godišnja temperatura zraka na Kvarnerskim otocima je između 13-15^{o}C (Zaninović, 2008). Meteorološka mjerenja od 1971.-2000. godine na meteorološkoj postaji Mali Lošinj na otoku Lošinju ukazala su da je u navedenom periodu srednja ljetna temperatura zraka iznosila 23,1^{o}C. Maksimalna ljetna temperatura od 37,4^{o}C izmjerena je tijekom kolovoza. Zimi dolazi do značajnog pada temperature, te je srednja temperatura tijekom zime u periodu od 1971.-2000. godine iznosila 8,3^{o}C. Najniža izmjerena temperatura na meteorološkoj postaji Mali Lošinj je bila -4,4^{o}C (Zaninović, 2008). Relativno visoka količina oborina zabilježena je na istraživanom prostoru (930.5 mm). Najveća količina oborina izmjerena je između rujna i prosinca (Gajić-Čapka et al., 2008).

Na otoku Cresu brojna su arheološka nalazišta koja svjedoče o dugoj ljudskoj prisutnosti na ovom prostoru (Regan & Nadilo, 2010; Doneus et al., 2017). Kanal koji danas razdvaja otoke Cres i Lošinj u Osoru umjetno je prokopan i ima značajan utjecaj na cirkulaciju vode u Lošinjskom kanalu. Pridnene struje uzrokuju produbljavanje područja južno od Osora (Doneus et al., 2017).

4. MATERIJALI I METODE

4.1 Terenske metode

4.1.1 Geofizičke metode istraživanja podmorja

U sklopu izrade ove doktorske disertacije korišten je 3,5 kHz geološki dubinomjer (*sub-bottom profiler*) *ORE Pinger* na plovilu „Zlatica Dva“ (Slika 12), s ciljem dobivanja grafičkog prikaza potpovršine Lošinjskoga kanala i rekonstrukcije razvoja taložnog bazena.

Slika 12: A) plovilo „Zlatica Dva“, B) postavljanje 3,5 kHz geološkog dubinomjera ORE Pinger, C) geološki dubinomjer ORE Pinger.

Geofizički podaci visoke vertikalne razlučivosti (0,5 m) prikupljeni su tijekom travnja 2015. godine, pri brzini plovila od 4 čvora. Pozicioniranje je omogućeno upotrebom DGPS uređaja s točnošću od ±1-2 m. Snimljena su 43 seizmička profila, ukupne dužine 204 km. Interpretacija geofizičkih podataka napravljena je u računalnom programu *Triton SB-Logger* u Laboratoriju za marinsku geologiju i fizičku oceanografiju (*OCEANUS*) Sveučilišta u Patrasu u Grčkoj.

Geološki dubinomjer odašilje zvučne impulse i mjeri vrijeme koje je proteklo između upućivanja zvučnog impulsa i dolaska povratnog signala reflektiranog s raznih površina na ili ispod morskog dna (Morang et al., 1997). Bilježenjem reflektiranog zvuka prilikom kretanja istraživačkog plovila stvara se grafički prikaz, te se na taj način rekonstruira profil sedimentne sukcesije (Slika 13). Zvučni signal se reflektira kada dođe do granice slojeva između kojih postoji razlika u akustičkoj

impendanciji (Schock et al., 1989). Akustička impendancija ovisi o gustoći materijala i brzini kojom zvuk putuje kroz materijal (Lavergne, 1989). Na kontaktu sedimenta i vode postoji razlika u ovom parametru, te se dio odašiljanog zvuka reflektira. Međutim, dio energije zvuka prodire i dublje u sedimente. Razlika u impendanciji između slojeva određuje količinu energije koja se reflektira (MGDAPAI, 2013). Te razlike su male i obično se reflektira manje od 1 % energije (Morang et al., 1997). Međutim, važno je naglasiti da je impendancija prvenstveno funkcija gustoće, te može ali i ne mora biti povezana s litologijom. Granica između materijala različite litologije kao što su pijesak i glina ne mora nužno proizvesti refleks, dok kontakt između pijeska veće gustoće i tanjeg sloja pijeska manje gustoće može stvoriti snažan refleks (Saucier, 1970).

Slika 13: Snimanje seizmičkih profila visoke rezolucije na prostoru Lošinjskoga kanala.

Primjenom geološkog dubinomjera omogućena je podjela plitke potpovršine Zemlje u određeni broj slojeva jednake gustoće i akustičke brzine (Anderson & Akingbade, 2002). Može se dobiti uvid u debljinu sedimentnih paketa, te osnovna potpovršinska obilježja na dubini do nekoliko desetaka metara ispod površine morskog dna (Damuth, 1980). Horizontalno mjerilo na prikazima podataka određeno je brzinom plovila, dok je vertikalno mjerilo određeno vremenom putovanja zvučnih valova u vodi i sedimentu ili stijenama (Saucier, 1970).

Geološki dubinomjeri koriste niže frekvencije, te signal veće energije što omogućuje bolje prodiranje u potpovršinu (Morang et al., 1997). Međutim, učinkovitost geološkog dubinomjera ovisi i o obilježjima sedimenata. Krupnozrnati sedimenti daju oštriji kontrast gustoće i brzine s obzirom na vodu, u odnosu na sitnozrnatiji sediment. Stoga će se u područjima gdje prevladava krupnozrnatiji

materijal zvuk snažnije reflektirati, te će biti slabije prodiranje u potpovršinu. Sedimenti koji sadrže plin uzrokuju ozbiljnu degradaciju zvučnog signala (Morang et al., 1997; Stoker et al., 1997). Još jedan problem koji se javlja prilikom korištenja geološkog dubinomjera je pojava višestrukih refleksa. Višestruki refleks morskog dna nastaje kada se zvučna energija reflektira s morskog dna, putuje do granice vode i zraka te se potom opet reflektira prema morskom dnu, drugi put. Površina mora je izvrstan reflektor zbog velike razlike u impendanciji između zraka i vode. Kada postoji dovoljna količina energije i kada uvjeti u sedimentu pogoduju tome, može doći do ponavljanja ovog povratnog puta u 4-5 navrata. Interpretacija prikupljenih podataka je otežana kada se višestruki refleksi pomiješaju s refleksima potpovršinskih horizonata. Međutim, oni se mogu prepoznati tako što se prvi višestruki refleks pojavljuje na dubini dvostruko većoj od dubine dna, te imaju dvostruko veći nagib od nagiba morskog dna. Svaki sljedeći višestruki refleks nalazi se na udaljenosti koja odgovara dubini vodenog stupca (Saucier, 1970). Amplituda višestrukog refleksa morskog dna je često veća nego dubljih potpovršinskih reflektora, te postaje nemoguće interpretirati reflektore ispod prvog višestrukog refleksa morskog dna (Stoker et al., 1997). Nadalje, ukoliko postoji oštri diskontinuitet, kao što je primjerice rasjedna ravnina, kraj reflektora djeluje kao točkasti izvor te se akustička energija raspršuje u svim smjerovima i zabilježena je u formi traga u obliku hiperbole, s izvorom difrakcije u njenom vrhu (Pudsey et al., 1997; MacLean, 1997; Stoker et al., 1997).

Prilikom korištenja geofizičkih metoda u istraživanjima u geologiji treba voditi računa o tome da su ove metode zapravo oblik daljinskog istraživanja, te da je dobiveni prikaz različit u odnosu na stvarnost. Naime, istraživač koristi uređaj kako bi dobio prikaz morskog dna i potpovršine morskog dna. Interpretacija dobivenih podataka često se zasniva na nizu pretpostavki, s obzirom da se fizička svojstva zemljine unutrašnjosti mijenjaju vertikalno i lateralno (Morang et al., 1997). Geofizičke metode stoga pružaju osnovni „geološki okvir“ na kojem se potom mogu zasnivati daljnja detaljnija znanstvena istraživanja.

Jedna od najraširenijih i najuspješnijih primjena geološkog dubinomjera je u istraživanju kvartarne sukcesije sedimenata (Lin et al., 2009). Literatura je bogata primjerima gdje su geofizičke metode, potpomognute podacima iz jezgara sedimenata i uzorcima površinskih sedimenata, omogućile paleookolišne rekonstrukcije povezane s promjenama morske razine (Saito et al., 1998; Çağatay et al., 2003; Garcia-Garcia et al., 2004; Micallef et al., 2013; Foglini et al., 2015).

4.1.2 Jezgre sedimenata

S prostora sjevernog i središnjeg dijela Lošinjskoga kanala tijekom travnja 2014. i rujna 2015. godine izbušeno je ukupno 5 jezgara sedimenta (LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15) (Slika 10, 11) primjenom *Niederreiter* klipnog jezgrila (*Niederreiter piston corer*, *UWITEC*) i istraživačke platforme „Q2“ Hrvatskog geološkog instituta (HGI) (Slika 14, 15). Oprema za jezgrovanje sastoji se od plastičnih cijevi dužine 3 m i unutrašnjeg promjera 60 mm, smještenih unutar čelične komore.

Slika 14: Istraživačka platforma „Q2“ Hrvatskog geološkog instituta.

Lokacije bušenja jezgara određene su na temelju provedenog geofizičkog istraživanja potpovršine Lošinjskoga kanala. Jezgre sedimenta izbušene su u područjima gdje je seizmička stratigrafija ukazivala na isklinjavanje seizmičkih jedinica veće starosti. U okviru ovog istraživanja izbušeno je ukupno 19,87 m jezgara. Dužina jezgara sedimenata je u rasponu od 1,50 m do 5,54 m, a jezgre su izbušene na rasponu dubine od 0,5 do 64 m (Tablica 3).

Slika 15: Quicksilver čamac i Istraživačka platforma „Q2" Hrvatskog geološkog instituta.

Gravitacijskim jezgrilom i plastičnim cijevima promjera 60 mm uzorkovani su sedimenti plitkih priobalnih okoliša (marinska jezerca/blatine) koji su razvijeni u ponikvama na otoku Cresu (Slika 11). Izbušene su kratke jezgre sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 dužine do 45,5 cm (Tablica 3).

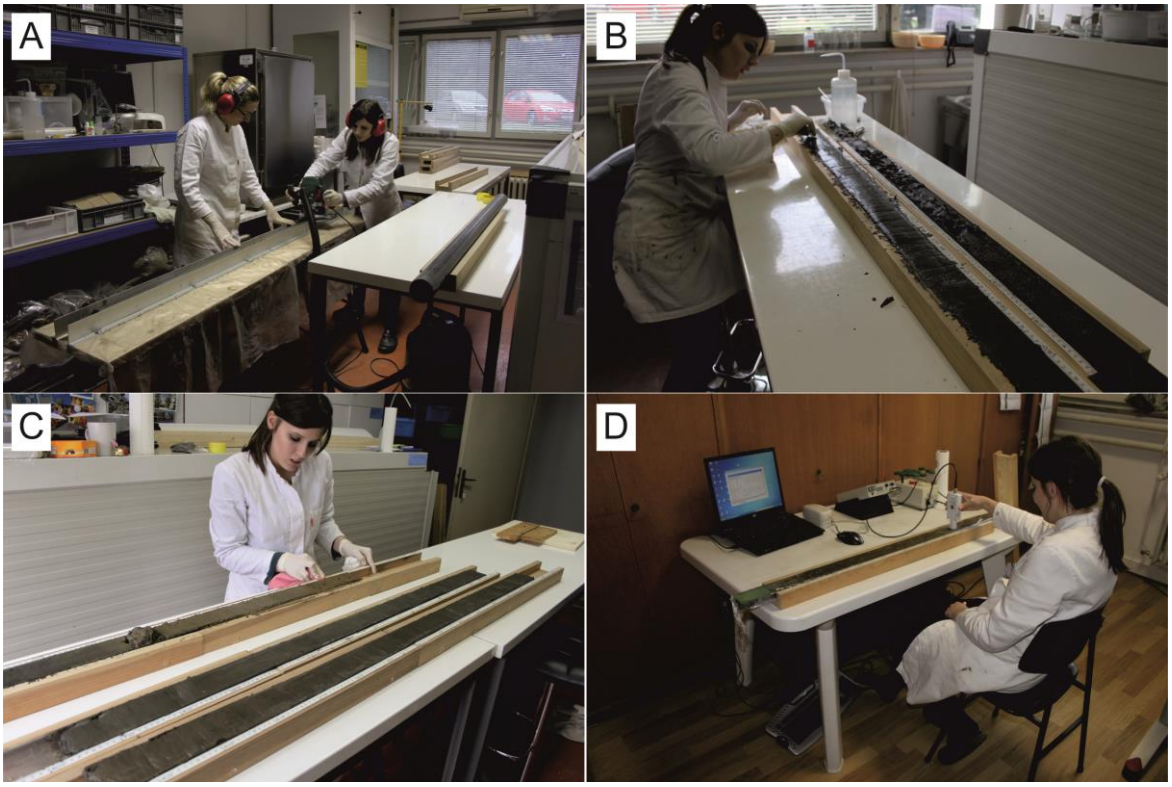
Tablica 3: Jezgre sedimenata izbušene na prostoru Lošinjskoga kanala i otoka Cresa.

Jezgra	Koordinate (DMS)		Područje uzorkovanja	Način uzorkovanja	Datum uzorkovanja	Dubina vode (m)	Dužina jezgre (cm)
	x	y					
LK-2	14° 25' 9,223" I	44° 40' 18,761" S	Lošinjski kanal	klipno jezgrilo	travanj 2014	0.29	150
LK-3	14° 24' 41,980" I	44° 40' 29,851" S	Lošinjski kanal	klipno jezgrilo	travanj 2014	5	371
LK-12	14° 25' 10,943" I	44° 38' 16,109" S	Lošinjski kanal	klipno jezgrilo	rujan 2015	62	422
LK-13	14° 24' 17,562" I	44° 40' 22,541" S	Lošinjski kanal	klipno jezgrilo	rujan 2015	12	554
LK-15	14° 26' 11,515" I	44° 38' 16,800" S	Lošinjski kanal	klipno jezgrilo	rujan 2015	64	480
LK-5	14° 24' 57,339" I	44° 40' 33,341" S	Otok Cres	gravitacijsko jezgrilo	rujan 2015	0.15	35.5
LK-6	14° 24' 29,215" I	44° 40' 43,685" S	Otok Cres	gravitacijsko jezgrilo	rujan 2015	0.30	46.5
LK-7	14° 24' 22,911" I	44° 41' 2,965" S	Otok Cres	gravitacijsko jezgrilo	rujan 2015	0.15	34

4.2 Laboratorijske metode

4.2.1 Priprema jezgara sedimenata za analize

U laboratoriju HGI-a jezgre sedimenata izbušene klipnim jezgrilom su podijeljene na oko 1,5 m dugačke segmente, prepiljene na 2 polovice (radna i arhivska), fotografirane, opisane i potom uskladištene u rashladnoj komori na +4^{o}C (Slika 16). Kratke jezgre uzorkovane gravitacijskim jezgrilom poduzorkovane su u centimetarskim intervalima na terenu. Većina analiza na jezgrama sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala napravljena je u laboratoriju Zavoda za mineralne sirovine HGI-a. Analize koje nisu napravljene na HGI-u biti će posebno naznačene.



Slika 16: Priprema jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala: A) piljenje jezgara, B) izravnavanje jezgara, C) čišćenje jezgara, D) mjerenje magnetskog susceptibiliteta.

Inicijalno su korištene nedestruktivne metode analize, poput magnetskog susceptibiliteta i u pojedinim jezgrama µXRF skenera jezgara. Na temelju tih metoda određeni su centimetarski intervali koji su potom korišteni za daljnje analize. Rezolucija uzorkovanja ovisila je o količini sedimenta dostupnog za određene analize. Analize na izoliranim uzorcima uključivale su odredbu starosti metodom radioaktivnog ugljika, veličine čestica, gustoće sedimenta, geokemijskog sastava, organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika, te mineraloške analize. Također je napravljena determinacija zajednice foraminifera i ostrakoda, kao i jedinki mekušaca i palinomorfa.

4.2.2 Korelacija jezgara sedimenata

Jezgra sedimenata LK-12 sastojala se od dva segmenta dužine 3 m koji su se preklapali. Stoga je prije daljnjeg poduzorkovanja jezgre bilo potrebno konstruirati kontinuirani slijed sedimenata stvarajući kompozitni profil. U cilju izrade kompozitnog profila odabrani su parametri koji se mogu korelirati u različitim dijelovima jezgara. Pri tome su korišteni rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta, geokemijski podaci i rezultati određivanja starosti. Dobivena je ukupna dužina kompozitne jezgre LK-12 od 422 cm.

4.2.3 Fizička svojstva jezgara

4.2.3.1 Mjerenje magnetskog susceptibiliteta

Ručno mjerenje magnetskog susceptibiliteta (MS) pomoću površinskog senzora *Bartington MS2E* u rezoluciji od 1 cm napravljeno je na radnim polovicama jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15, kao i na uzorcima kratkih jezgara LK-5, LK-6 i LK-7. Magnetski susceptibilitet je stupanj magnetizacije materijala kao posljedica njegovog izlaganja magnetskom polju (Evans & Heller, 2003). Mjerenja MS-a su obično prvi i osnovni korak u opisu magnetskih svojstava jezgara. Korišteni površinski senzor bilježi MS malog volumena sedimenta u sub-centimetarskoj rezoluciji u izravnom doticaju s površinom jezgre, te je stoga jezgre sedimenata prije analize potrebno izravnati i omotati zaštitnom folijom. Tijekom mjerenja korišten je *Multisus2* program. Magnetski susceptibilitet je bezdimenzionalna veličina. Međutim, rezultati se često označavaju SI jedinicama za volumni MS (10^{-5} SI).

Smatra se da je MS izravno proporcionalan sadržaju magnetičnih minerala u sedimentu, te se stoga može koristiti kao inicijalna metoda procjene udjela magnetičnih minerala. Svi prirodni i umjetni materijali su magnetični. Moguće je razlikovati dijamagnetične (kvarc, halit, kalcit i drugi minerali koji ne sadrže željezo, organska tvar i voda), paramagnetične (ilmenit, siderit, rodokrozit, biotit, pirit i minerali glina), feromagnetične (hematit), te ferimagnetične (magnetit) minerale (Maher, 2011). Navedene skupine značajno se razlikuju po snazi magnetičnosti, koja raste od dijamagnetičnih prema ferimagnetičnim mineralima. Potonji su pravi magnetični minerali koji bilježe magnetsko polje kojemu su bili izloženi. Varijacije u MS su posljedica promjena u donosu, trasformaciji ili proizvodnji magnetičnih minerala u morskom ili jezerskom okolišu, te mogu ukazivati na različite paleookolišne i paleoklimatske procese (Thompson & Oldfield, 1986; Evans & Heller, 2003; Maher, 2011). U mnogim istraživanjima kvartarnih jezerskih i morskih sukcesija sedimenata korištena su mjerenja MS-a (npr., Robinson et al., 1995; Turner, 1997; Lees et al., 1998; Pattan et al., 2008; Zhang et al., 2012; Rădan et al., 2013; Roeser, 2013).

4.2.3.2 Udio vode i gustoća suhog i mokrog uzorka

Udio vode, te gustoća suhog i mokrog uzorka određene su volumetrijskom metodom na 250 uzoraka. Iz odabranih intervala jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-12 i LK-13 izvađen je volumen sedimenta od 1 cm^3 špricom odrezanog vrha. Uzorci su potom izvagani na analitičkoj vagi i stavljeni u sušionik na temperaturu od 105^oC na jedan dan. Ponovnim vaganjem nakon sušenja dobivena je masa suhog uzorka. Navedena mjerenja omogućila su izračun ukupne gustoće suhog i mokrog uzorka i udjela vode prema formulama iz Fourqurean et al. (2014). Primjenjena metodologija izračuna gustoće sedimenta često se koristi za izračun gustoće tala (Fourqurean et al., 2014). Odredba gustoće sedimenata omogućuje izračun brzine akumulacije (fluksa) različitih kemijskih komponenata što daje važne paleookolišne podatke (Sampei et al., 1997; Brack et al., 2001; Winkelmann & Knies, 2005; Ishiwatari et al., 2009; Wu et al., 2010; Dong et al., 2012).

4.2.3.3 Određivanje veličine čestica metodom laserske difrakcije

Određivanje veličine čestica napravljeno je na ukupno 334 uzorka iz svih jezgara koristeći laserski difraktometar *Shimadzu SALD-2300*. Laserski difraktometri se zasnivaju na interakciji svjetla i čestica sedimenata. Prilikom izračuna raspodjele veličina čestica iz uzoraka s prostora Lošinjskoga kanala korištena je Fraunhoferova teorija. Čestice određene veličine raspršuju svjetlo pod određenim kutem. Kut difrakcije biti će veći što je čestica manja, dok će manji kut difrakcije ukazivati na krupnozrnatije čestice (McCave et al., 1986; Loizeau et al., 1994; Murray, 2002). Laserska difrakcija omogućuje odredbu čestica u veličinskom rasponu od 0,017-2500 μm, što je izuzetno važno u istraživanjima okoliša u kojima prevladava siltozni i glinoviti materijal. Osnovne prednosti laserskih difraktometra su brzina, preciznost i točnost analize, mala količina sedimenta potrebna za analizu, te ponovljivost mjerenja (Loizeau et al., 1994; Konert & Vandenberghe, 1997; Beuselinck et al., 1998; Murray, 2002; Sperazza et al., 2004). Navedene prednosti čine lasersku difrakciju osnovnom metodom u paleookolišnim istraživanjima koja se temelje na jezgama sedimenata izbušenim u jezerskim i morskim okolišima (npr., Stuut et al., 2002; Kopf et al., 2011; Dietze et al., 2014; Schillereff et al., 2014). Potencijalne pogreške prilikom odredbe veličine čestica na laserskom difraktometru mogu potjecati od loše pripreme uzoraka, ograničenja samog uređaja ili njegovih postavki, kao i grešaka prilikom mjerenja (Allen, 1997; Sperazza et al., 2004). Veličina zrna je jedno od najvažnijih svojstava sedimenata, s obzirom da utječe na njihov transport i taloženje (Blott & Pye, 2001). Velika je primjena granulometrijskih varijacija kao pokazatelja promjena u donosu materijala iz sliva, hidroloških procesa, za determinaciju dominantnog tipa sedimentacije, uvjeta taloženja, razvoja različitih taložnih okoliša, te identifikaciju turbidita (Sperazza et al., 2004).

Izdvojeno je oko 0,1 g sedimenta iz odabranih centimetarskih intervala svih analiziranih jezgara s prostora Lošinjskoga kanala u cilju odredbe veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti. Veličina čestica u izdvojenoj siliciklastičnoj komponenti određena je na uzorcima iz jezgara sedimenata LK-12, LK-13 i LK-15. Na svakom uzorku iz navedenih jezgara mjerenje je napravljeno dva puta u ovisnosti o različitim načinima pripreme uzoraka za dobivanje distribucije veličine zrna u siliciklastičnoj+karbonatnoj i izdvojenoj siliciklastičnoj komponenti. Prednosti i nedostaci ovakve metodologije detaljno su opisani u Murray (2002). Istraživanja su pokazala da priprema uzoraka ima značajan utjecaj na rezultate granulometrijskih analiza (Loizeau et al., 1994; Murray, 2002). S obzirom da na području istraživanja dominiraju karbonatne stijene, koje je teško analizirati kao indikatore promjena i erozije u slivnom području, bilo je iznimno važno pripremiti uzorke na odgovarajući način za dobivanje pouzdanih rezultata. Prilikom mjerenja veličine zrna u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti svaki uzorak je tretiran vodikovim peroksidom (H_2O_2) kako bi se uklonila organska tvar. Organska tvar uklanja se iz uzorka zato jer povezuje mineralne čestice, posebice čestice veličine glina, te time sprječava njihovu disperziju. Nadalje, podaci o distribuciji veličine čestica se temelje na mineralnoj frakciji što je dodatan razlog uklanjanja organske komponente (Rowell, 1994; Murray, 2002). Kako bi se analizirala distribucija čestica siliciklastične komponente u dominantno karbonatnom okolišu, potrebno je ukloniti organsku tvar (H_2O_2) iz prethodno navedenih razloga i karbonate upotrebom 2 ml 4,2M klorovodične kiseline (HCl) (Rowell, 1994; Murray, 2002). Karbonati se također uklanjaju jer mogu djelovati kao cement, vežući zajedno manje čestice. U uzorcima s većim sadržajem karbonata otopljeni Ca^{2+} ioni otežavaju uklanjanje organskog materijala (Murray, 2002). U oba načina pripreme uzoraka korišten je natrij heksametafosfat ($(NaPO_3)_6$) kako bi se uklonile glinovite prevlake na česticama, odnosno spriječila agregacija čestica i time osigurala bolja disperzija analiziranog materijala (Rowell, 1994; Sperazza et al., 2004). Količina otopine koja se dodaje uzorku ovisi o količini minerala glina u uzorku, njihovom mineralnom sastavu i vrstama adsorbiranih iona (Murray, 2002). Gline imaju veliki omjer površine i volumena koji povećava privlačne sile među česticama. Posljedica je predispozicija glina za flokulaciju, odnosno aglomeraciju čestica, što utječe na rezultate granulometrijskih analiza (Sperazza et al., 2004). Korištenje ultrazvuka također sprječava navedeni problem (Loizeau et al., 1994; Sperazza et al., 2004). Veće krhotine ljuštura školjkaša i kućica puževa uklonjene su pomoću pincete neposredno prije pripreme uzoraka. Suspendirani uzorak mjeren je na laserskom difraktometru prilikom čega je stalno mješan pumpom što osigurava nasumičnu orijentaciju većine čestica s obzirom na lasersku zraku.

Prilikom analize svakog uzorka na laserskom difraktometru napravljeno je 5 uzastopnih mjerenja bez i s upotrebom ugrađenog ultrazvuka. Za konačni rezultat odabrana su 3 mjerenja s

najmanjom razlikom u standardnoj devijaciji, te je izračunata njihova srednja vrijednost prilikom daljnje statističke obrade rezultata u programskom paketu GRADISTAT (Blott & Pye, 2001). Tijekom mjerenja korišten je program *WingSALD*. Opis dobivenih rezultata zasniva na Folk & Ward (1957) grafičkoj metodologiji. Konačni prikaz rezultata granulometrijskih analiza i varijacija u distribuciji čestica s dubinom napravljen je u C2 programu (Juggins, 2011).

Granulometrijske analize na uzorcima iz jezgara sedimenata LK-2 i LK-3 napravila je Helena Ćućuzović, mag.ing.cheming., dok je granulometrijske analize na uzorcima iz jezgara sedimenata LK-12, LK-13 i LK-15 napravila Ana-Maria Đumbir, mag.ing.cheming.

4.2.4 Određivanje starosti metodom radioaktivnog ugljika (^{14}C)

Metodom akceleratorske masene spektrometrije radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C metoda) određena je starost 20 uzorka iz jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15. Datiranje je napravljeno u laboratoriju *Beta Analytic* u Miamiju, SAD. Metodom linearne interpolacije izrađen je model dubina-starost za svaku od navedenih jezgara sedimenata u računalnom programu *Clam* (Blaauw, 2010). Korištena je korekcija na morski rezervoar efekt od 456±46 godina (Faivre et al., 2015).

Primjenom metode ^{14}C postignut je iznimno veliki napredak u geologiji kvartara jer je omogućeno određivanje apsolutne starosti kasno pleistocenskog i holocenskog materijala. Pregled metode ^{14}C, kao i njezin razvoj, opisan je u brojnim publikacijama, radovima i knjigama (npr., Libby, 1946; Libby, 1967; Hedges, 1981; Dickin, 2005; Walker, 2005; Hua, 2009). Časopis *Radiocarbon* i pripadajuće internetske poveznice također su veoma vrijedan izvor informacija o najnovijim doprinosima i upotrebi metode.

U tkivo biljaka i životinja se kroz hranidbeni lanac i metaboličke procese za života ugrađuju novi atomi svih ugljikovih izotopa koji su prisutni u atmosferi, pa i ^{14}C izotopi. ^{14}C se radioaktivno raspada i nadoknađuje novim atomima ^{14}C iz atmosfere. Nakon prestanka metabolizma, prestaje i nadoknada ^{14}C atoma, te dolazi do radioaktivnog raspada izotopa uz oslobađanje beta (β) čestica. To omogućuje izračun starost određenog uzorka. Količina postojećih atoma ^{14}C u tkivu se smanjuje na polovicu svakih oko 5568±30 godina, što odgovara vremenu poluraspada ugljikovih atoma (tzv. „Libbijevo vrijeme poluraspada“). Danas se zna da pravo vrijeme poluraspada iznosi oko 5730±40 godina no i dalje se, iz praktičnih razloga, koristi Libbijevo vrijeme poluraspada prilikom izračuna starosti. Vrijeme poluraspada ^{14}C omogućuje datiranje uzoraka starosti do oko 45-50 000 godina (Libby, 1967; Walker, 2005). U uzorcima starijim od 50 000 godina količina preostalog ^{14}C je toliko mala da je teško mjerljiva, a također postoji mogućnost većeg utjecaja kontaminacije (Libby, 1967).

Metodom akceleratorske masene spektrometrije (AMS) ne mjeri se apsolutni broj ^{14}C atoma, već se određuje izotopni omjer ^{14}C u odnosu na stabilne izotope ^{12}C ili ^{13}C, te je starost određena usporedbom omjera sa standardom poznatog ^{14}C sadržaja (Hedges, 1981; Walker, 2005). AMS metoda se zasniva na činjenici da ukoliko se čestice dovoljno ubrzaju moguće je odrediti čak i mali ^{14}C signal. Uzorci se konvertiraju u grafit koji se utiskuje na metu dizajniranu za AMS mjerenja. Velika prednost metode je kratko vrijeme trajanja analize (nekoliko desetaka minuta do nekoliko sati), te datiranje veoma male količine uzorka od svega nekoliko miligrama (Hua, 2009).

Bilo koji materijal koji sadrži ugljik može se datirati ^{14}C metodom. U literaturi se uobičajeno navodi da se starost može odrediti analizom drvenog ugljena, treseta, drva, smole, tla, kože, kostiju, ali i analizom anorganskog materijala (koralja, ljuštura školjkaša, kućica puževa i foraminifera) (Walker, 2005). Nadalje, mogu se datirati i sige, jezerski sedimenti i sedra (Horvantinčić et al., 2003; Barešić, 2009). Ugljen se smatra jednim od najboljih materijala za datiranje. Ovisno o tipu uzoraka, odabire se odgovarajući način pripreme uzoraka i primjenjuju se odgovarajuće korekcije s ciljem dobivanja što točnije starost.

Primjerice, nužno je napraviti korekciju na izotopnu frakcionaciju mjereći omjer stabilnih izotopa ugljika. Naime, najlakši izotop ugljika ^{12}C preferirano će biti uziman biološkim procesima, a po istom načelu lakše će se uzimati ^{13}C u odnosu na ^{14}C. Ovo uzrokuje da kopnene biljke pokazuju veću starost u odnosu na njihovu stvarnu starost, dok će morski organizmi pokazivati manju starost s obzirom da su oceani relativno obogaćeni na ^{14}C, što donekle može biti uravnoteženo rezervoarskim efektom. Izmjereni omjer $^{13}C/^{12}C$ u uzorku uspoređuje se sa standardom, te laboratoriji naprave korekciju na izotopnu frakcionaciju (Lowe & Walker, 2015). Dobiven omjer $^{13}C/^{12}C$ se također može koristit za odredbu morskog/slatkovodnog porijekla materijala s obzirom da je svaki okoliš obilježen specifičnim omjerom ovih izotopa.

Određivanje točne starosti metodom radioaktivnog ugljika također je otežano postojanjem rezervoarskog efekta (Reimer & Reimer, 2001). Rezervoarski efekt posljedica je nižeg sadržaja ^{14}C izotopa u dubokim bazenima u odnosu na atmosferu. To se događa zato jer dubokomorska voda ima duge periode kada ne dolazi u kontakt s atmosferom. Posljedično, organizmi koji uzimaju ugljik u takvoj vodi imati će niže početne koncentracije ^{14}C izotopa u odnosu na one koji žive pod atmosferskim uvjetima. Rezultat je veća starost u odnosu na kopneni materijal (Siani et al., 2000). Interkacija s atmosferom i dubokim oceanom znači da površinske vode i plitkomorska područja imaju srednje koncentracije, u odnosu na ova dva ranije spomenuta rezervoara. Stoga organizmi koji žive u površinskom dijelu oceana i plitkomorskim područjima, kao planktonske foraminifere, mekušci i koralji pokazuju manju starost u odnosu na dubokomorski materijal, ali i veću starost u odnosu na

kopneni materijal (Hua, 2009). Može se reći da razlika u starosti uzorka s površine oceana i plitkomorskih područja, dubokih dijelova oceana i kopnenog materijala naziva rezervoarskim efektom. U uzorcima iz Sredozemnog mora postoji rezervoarski efekt od oko 390±85 godina (Siani et al., 2000). Rezultati s prostora istočne obale Jadrana ukazali su na postojanje prosječnog marinskog rezervoarskog efekta od 424±57 godina (ΔR= 77±57) (Faivre et al., 2015). Kalibracijski protokoli koriste globalnu rezervoarsku korekciju od 405±22 godina. Stoga je svaki uzorak s prostora Lošinjskoga kanala prije daljnje kalibracije bilo je potrebno korigirati na rezervoar efekt, odnosno primjeniti regionalnu korekciju ΔR koja predstavlja odstupanje od globalnog marinskog rezervoara površinske vode. Važno je naglasiti da je rezervoarski efekt promjenjiv prostorno, ali također varira i u vremenu. Rezervoarski efekt također može biti prisutan u jezerskim okolišima. Omjer $^{14}C/^{12}C$ u jezerskoj vodi može biti niži u odnosu na atmosferu zato jer je izmjena na površini jezera relativno spora te stoga jezerska voda može imati smanjenu ^{14}C aktivnost u usporedbi s atmosferom. Velike promjene u jezerskom rezervoar efektu mogu se dogoditi kao posljedica promjena u omjeru volumena i površine jezera tijekom vremena, te dubini (Lowe & Walker, 2015).

Greške u određivanju točne starosti mogu potjecati i od različitih načina kontaminacije uzorka mlađim ili starijim ugljikom. Onečišćenje mlađim ugljikom davati će manju starost uzorka od stvarne, a može se dogoditi prije samog terenskog uzorkovanja ili nakon. Stariji organski ugljik, primjerice u jezerima, može biti uklopljen ispiranjem materijala s okolnog kopna ili pak potjecati od lokalne podloge što povećava stvarnu starost uzorka jer dolazi do razrjeđenja ^{14}C s ugljikom iz starijih materijala osiromašenih na ^{14}C. Ovo se naziva tzv. „efektom tvrde vode“ (Lowe & Walker, 2015). Prilikom datiranja mekušaca često postoji mogućnost rekristalizacije ili sekundarnog taloženja karbonata. Ovaj problem se rješava uklanjanjem vanjskih dijelova kućica i ljuštura različitim postupcima. Uzorci također mogu biti pretaloženi ili bioturbirani što će onemogućiti dobivanje točne starosti.

Jedan od osnovnih problema prilikom datiranja uzoraka ^{14}C metodom je pretpostavka da su atmosferske koncentracije radioaktivnog izotopa ugljika bile konstantne tijekom geološke prošlosti. Međutim, koncentracije ^{14}C izotopa u atmosferi su uvelike ovisile o promjenama u magnetskom polju, ciklusu ugljika, solarnoj aktivnosti, te izgaranju fosilnih goriva (Hua, 2009). Posljedica je da radiokarbonske i kalendarske godine nisu istovjetne, te je potrebno pretvoriti dobivene radiokarbonske u kalendarske godine. To se provodi koristeći kalibracijsku krivulju koja opisuje ^{14}C atmosferske koncentracije u prošlosti određene u precizno i neovisno datiranom materijalu, poput godova drveća, foraminifera i koralja (Hua, 2009). Kalibracijske krivulje su kroz godine nadopunjavane i produživane dalje u prošlost čime je omogućena kalibracija sve starijih uzoraka. Nadopune kalibracijskih krivulja radi internacionalna radna grupa u periodima od otprilike svakih 5

godina (Stuiver and Van der Plicht, 1998; Reimer et al., 2004; Reimer et al., 2009). Danas su u uporebi kalibracijske krivulje IntCal13, SHCal13 i Marine13 (Reimer et al., 2013). Navedene kalibracijske krivulje (dostupne na www.radiocarbon.org) su atmosferski rezervoari sjeverne i južne hemisfere i hipotetski globalni marinski rezervoar, koji daje osnovu za regionalne morske varijacije (Reimer et al., 2013). Kalibracijska krivulja sjeverne hemisfere (IntCal13) zasniva se na mjerenjima godova drveća starosti do 13 900 kalendarskih godina prije sadašnjosti, te je nadopunjena makrofosilnim podacima jezera Suigetsu, jedinim drugim pouzdanim atmosferskim zapisom, od 13 900 kalendarskih godina prije sadašnjosti do kraja raspona metode. Za kalibraciju su također korišteni i podaci dobiveni na temelju foraminifera, te U-Th datirani koralji i sige s brojnih lokaliteta širom svijeta (Reimer et al., 2013). Međutim, iako su najnovije krivulje velika poboljšanja u odnosu na ranije varijante i dalje postoje određeni dijelovi krivulje koji ne obiluju podacima ili pak podaci pokazuju veoma veliku varijabilnost. Kalibracijom radiokarbonskih starosti također je napravljena i korekcija na upotrebu tzv. „Libbijevog vremena poluraspada“ ugljikovih atoma.

Potrebno je dodatno istaknuti promjene u atmosferskim koncentracijama ^{14}C tijekom zadnjih oko 250 godina kada je sagorijevanje fosilnih goriva dovelo do otpuštanja velikih količina najlakšeg izotopa ugljika u atmosferu, te razrijeđenja teškog izotopa ugljika. To je utjecalo na omjer $^{14}C/^{12}C$ te će dobivene starosti iz ovog perioda precijeniti stvarnu starost uzorka. Ove promjene poznate su i kao tzv. „Suess efekt“ (Hajdas, 2008). Nadalje, od početka nuklearnih testiranja također je došlo do značajnih promjena i udvostručenja atmosferskih koncentracija ^{14}C. Maksimalne vrijednosti dosegnute su 1963. godine na sjevernoj hemisferi, dok je na južnoj hemisferi ovaj maksimum zabilježen 2 godine kasnije. Nakon zabrana testiranja nuklearnog oružja atmosferski ^{14}C se počeo smanjivati uglavnom zbog skladištenja u oceanima i biosferi (Hajdas, 2008). Danas se produkcija ^{14}C događa kao posljedica proizvodnje nuklearne energije. Zbog navedenog antropogenog utjecaja i promjena ^{14}C koncentracija u atmosferi, ne mogu se datirati veoma mladi uzorci.

Rezultati datiranja metodom ^{14}C se prikazuju kao godine starosti računane od „sadašnjosti“ unatrag, odnosno kao godine prije sadašnjosti (BP). Za sadašnjost se uzima 1950. godina. Kalibrirane radiokarbonske starosti često se izražavaju kao cal AD/BC ili cal BP (kalendarske godine prije sadašnjosti).

4.2.5 Analiza mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

Kvalitativna analiza ukupnog mineralnog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD) napravljena je na 101 uzorku iz svih izbušenih jezgara sedimenata s područja Lošinjskoga kanala i otoka Cresa primjenom rendgenskog difraktometra *PANalytical X'Pert Powder* i programskog paketa *X'Pert Quantify*. Na 21 uzorku napravljena je i analiza orijentiranih uzoraka minerala glina. Odredba kvalitativnog sastava napravljena je u programu *X'Pert HighScore Plus* usporedbom s međunarodnom bazom podataka (*PDF-4/Minerals*, *ICDD*, SAD).

XRD metoda smatra se osnovnom, ne-destruktivnom metodom za identifikaciju i kvantifikaciju mineralnog sastava stijena, sedimenata i tala, te je jedan od temeljnih alata mineraloga. Velika prednost XRD metode je mogućnost analize različitih tipova uzoraka kao i razrada širokog spektra problema (Lavina et al., 2014). Brojne knjige i znanstveni radovi obuhvaćaju pregled metode i njene primjene (npr., Alexander & Klug, 1948; Derver, 1973; Lanson, 1997; Stanjek & Häusler, 2004; Bergaya & Lagaly, 2013; Lavina et al., 2014; Zhou et al., 2018).

Priprema uzoraka za odredbu ukupnog mineralnog sastava uzoraka uključivala je usitnjavanje svakog uzorka do homogenosti u ahatnom tarioniku, te utiskivanje u nosač uzoraka kako bi se dobila glatka zaravnjena površina i nasumična distribucija svih mogućih h, k, l ravnina. Priprema uzoraka za identifikaciju minerala glina je nešto složenija, te obuhvaća uklanjanje karbonata (kalcita i aragonita), izdvajanje frakcije manje od 2 μm, kao i izradu orijentiranih preparata kako bi se naglasili bazalni refleksi koji su karakteristični za pojedine minerale glina. U sedimentima s područja Lošinjskoga kanala karbonat je uklonjen koristeći puferiranu otopinu octene kiseline i natrijevog acetata (NaOAc) prema metodi Jackson (1956), koja je dugotrajna ali najmanje destruktivna za minerale glina. Uzeto je 10 g svakog uzorka (spajani 5 cm intervali) u koje je dodano 100 ml 1M puferirane otopine NaOAc (Buhrke et al., 1998). Povišen pH snižavao se na pH=5 pomoću 1M HCl. Nakon što su se otopili karbonati, uzorci su ispirani u destiliranoj vodi i dispergirani pomoću ultrazvučne kupke, te se izdvajala glinovita frakcija pomoću centrifuge. Glinovita frakcija iz suspenzije se potom nanosila na stakalca pomoću kapaljke kako bi se izradili orijentirani preparati. Minerali glina uobičajeno se identificiraju primjenom kombinacije sljedećih postupaka: sušenje na zraku, saturiranje s etilen glikolom, žarenje (Środoń, 2006). Uzorci s područja Lošinjskoga kanala, analizirani u ovom istraživanju, tretirani su još i s dimetil sulfoksidom (DMSO) (žarenje na 400^{o}C i 550^{o}C), te su pojedini uzorci saturirani s kationima K i Mg (žarenje na 100^{o}C i 350^{o}C).

Snimanje ukupnog mineralnog sastava odabranih uzoraka s prostora Lošinjskoga kanala i otoka Cresa je napravljeno pri naponu od 45 kV, te jakosti struje od 40 mA. Veličina koraka iznosila je 0,02^{o}2Θ (snimanje raspona 4-6^{o}2Θ), dok je svako mjerenje trajalo 4 s. Snimanje sastava minerala

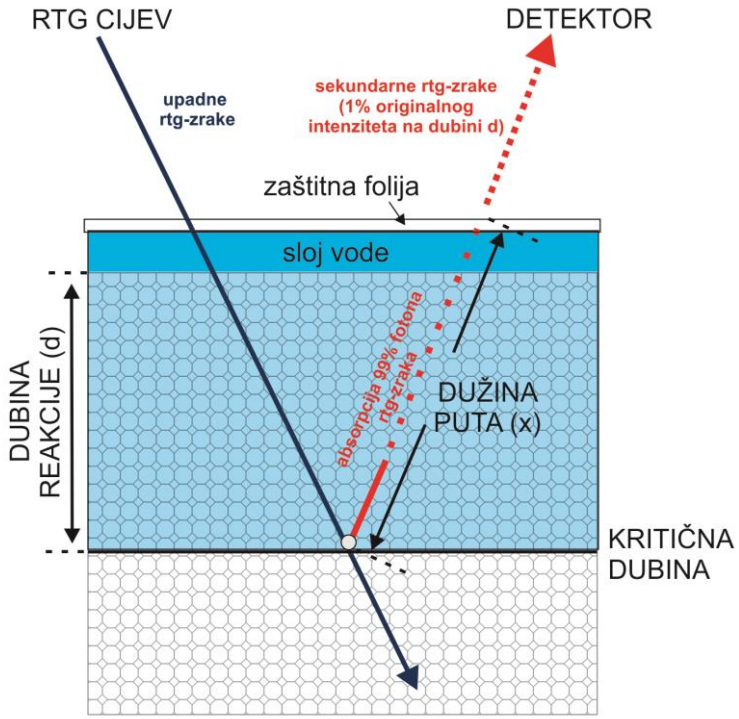
glina na uzorcima je napravljeno u rasponu 2Θ od 4^{o}-20/30^{o} Θ, jer minerali glina imaju niske vrijednosti kuteva difrakcije.

Analizu mineralnog sastava napravila je dr.sc. Nikolina Ilijanić.

4.2.6 Geokemijske analize

4.2.6.1 Analiza geokemijskog sastava na µXRF skeneru jezgara

Relativna zastupljenost elemenata na radnim polovicama jezgara LK-12, LK-13 i LK-15 u rezoluciji od 1 cm određena je koristeći fluorescencijsku spektrometriju rentgenskih zraka (XRF) na *AVAATECH* µXRF skeneru jezgara (*core scanner*) na Institutu za znanost o moru (*CNR-ISMAR*) u Bologni. Ovaj uređaj mjeri varijacije elemenata uzduž jezgre, obično u rasponu elemenata od Al (Z=13) do U (Z=92). µXRF skenerom jezgara mogu se odrediti elementi čija je koncentracija u jezgri veća od nekoliko mg/kg. Dobiveni rezultati u ovisnosti su o vremenu mjerenja i efikasnosti rentgenske (rtg) cijevi (Rothwell & Croudace, 2015). Tehničke specifikacije uređaja detaljno su opisane u dostupnoj literaturi (Richter et al., 2006; Croudace & Rothwell, 2015), a način rada µXRF skenera jezgara prikazan je na Slici 17.



Slika 17: Način rada µXRF skenera jezgara (modificirano prema Rothwell & Croudace, 2015). Prikaz dubine reakcije, odnosno kritične dubine (d) definirane kao dubine ispod površine jezgre sedimenata na kojoj su rtg-zrake oslabljene na 1% početnog intenziteta, odnosno prolaze 99% absorpciju po dužini puta x. Zaštitna folija na jezgri sedimenata spriječava isušivanje sedimenta ali i dovodi do stvaranja sloja vode između folije i sedimenta. To dodatno prigušuje rtg-zrake sa značajnijim utjecajem na lakše elemente s manjim dubinama reakcije u odnosu na teže elemente s većim dubinama reakcije. Plavo osjenčano područje iznad kritične dubine označava volumen kroz koji signal prolazi.

Glavna prednost µXRF skenera jezgara je brzina analize i ne-destruktivnost metode (Chawchai et al., 2015; Weltje, 2015). Još jedna velika prednost ove metode je da se dobivaju podaci visoke rezolucije (centimetarske, milimetarske ili submilimetarske) kontinuirano uzduž jezgre, te se mogu bilježiti promjene na godišnjoj ili sezonskoj razini (Rothwell & Croudace, 2015). Konvencionalna µXRF mjerenja kemijskog sastava podrazumijevaju uklanjanje vode i organske tvari, te homogenizaciju uzoraka prije same analize (Chawchai et al., 2015). Međutim, prilikom korištenja µXRF skenera jezgara nije potrebno napraviti ovaj predpostupak, te je priprema za analizu generalno mnogo jednostavnija i brža. Međutim, metoda ima i određene nedostatke, s obzirom da svojstva sedimenta kao što su veličina čestica, sadržaj vode, porozitet, gustoća i sadržaj organske tvari mogu značajno utjecati na dobivene rezultate (Croudace et al., 2006; Rothwell & Croudace, 2015; MacLachlan et al., 2015; Chawchai et al., 2015).

Prije početka snimanja jezgara s prostora Lošinjskoga kanala bilo je potrebno površinu svake polovice jezgre sedimenata očistiti, izravnati i prekriti s tankom folijom da ne dođe do kontaminacije sedimenta niz jezgru prilikom mjerenja, te njegovog isušivanja. *AVAATECH* µXRF skener, korišten u sklopu ovog istraživanja, je opremljen rodijskom (Rh) rtg cijevi, a analiza kemijskog sastava napravljena je pri naponu od 10, 30 i 50 kV, te jakosti struje od 400 mA. Elementi manjeg atomskog broja (npr., Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe) mjereni su 10 s na naponu od 10 kV, dok su elementi s većim atomskim brojem izmjereni na 30 kV, odnosno 50 kV pri vremenu mjerenja od 20 s (npr., Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Mo, Pb). Određeno je ukupno 30 elementa, a u istraživanju su korišteni sljedeći elementi i njihovi omjeri: Ca, Ti, Fe, K, Si, Mn, S, Br, Sr, Zr, Rb, Cl i Al. Pojedini izmjereni elementi (većeg atomskog broja) su bili ispod granice detekcije uređaja i stoga ograničene upotrebe. *AVAATECH* µXRF skener omogućio je i dobivanje dodatnih fotografija analiziranih jezgara sedimenata visoke rezolucije.

Prije interpretacije rezultata µXRF mjerenja bilo je potrebno napraviti normalizaciju podataka, s obzirom da ranije navedeni fizički parametri mogu imati utjecaj na rezultate mjerenja (Croudace et al., 2006). Dobiveni rezultati su normalizirani na Ti. Titan se koristi za normalizaciju jer se smatra analitički pouzdanim i konzervativnim elementom koji je često prisutan u mineralima otpornim na trošenje, te ne sudjeluje u biološkim procesima (Croudace et al., 2006; Chawchai et al., 2015). Međutim, također je moguće normalizirati rezultate na Al (Thomson et al., 2006), te Fe (Rothwell & Croudace, 2015). Potonji element često sudjeluje u redoks procesima te stoga nije najbolja opcija za normalizaciju. Nadalje, razrjeđenje sedimenta kalcij karbonatom ($CaCO_3$) može prikriti stvarnu varijabilnost u donosu tzv. „terigenih elemenata“ (Fe, Al, Ti, K), te su stoga ti elementi

normalizirani na Ca, kako bi se minimizirao učinak promjene u produkciji $CaCO_3$ tijekom vremena (Rothwell & Croudace, 2015).

Dobiveni μXRF podaci su semi-kvantitativni, što ponešto umanjuje njihovu vrijednost, te su prikazani kao omjeri elemenata ili *counts per seconds* (cps) (Croudace et al., 2006; Thomson et al., 2006). Rezultati su stoga relativna mjera promjene koncentracije u sedimentu (Chawchai et al., 2015). Apsolutne koncentracije mogu se dobiti kalibracijom s geokemijskim rezultatima dobivenim drugim geokemijskim metodama na izoliranim uzorcima (Rothwell & Croudace, 2015; Boyle et al., 2015). Roeser (2013) i Razum (2018) su utvrdili da varijacije u dobivenim podacima μXRF skenerom jezgara dobro koreliraju s kvantitativnim podacima dobivenim drugim metodama.

Skeniranje jezgara μXRF metodom ima sve veću primjenu u istraživanjima kvartarnih paleoookoliša. Prepoznato je oko 60 elemenata, odnosno njihovih omjera, kao važnih pokazatelja klimatskih uvjeta, trošenja i erozije, eolskog donosa, istraživanja porijekla materijala, interpretacije facijesa, dijagenetskih studija, redoks uvjeta, organske produktivnosti i promjene kretanja vodenih masa (npr., Bahr et al., 2005; Cuven et al., 2010; Kylander et al., 2011; Jouve et al., 2013; Croudace & Rothwell, 2015; van der Bilt et al., 2015; Filikci et al., 2017). Važno je također napomenuti da su određeni pokazatelji primjenjivi samo na određenim područjima, te ih je stoga prilikom svakog novog istraživanja potrebno ponovno evaluirati i utvrditi njihovu pouzdanost kao indikatora paleookolišnih uvjeta (Chawchai et al., 2015). U ovoj disertaciji rezultati promjena elementnog sastava uzduž jezgara sedimenata prikazani su grafički u programu C2 (Juggins, 2011), te rezultati nisu kvantificirani primjenom drugih metoda.

4.2.6.2 Analiza glavnih i elemenata u tragovima upotrebom masenog sprektrometra s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS)

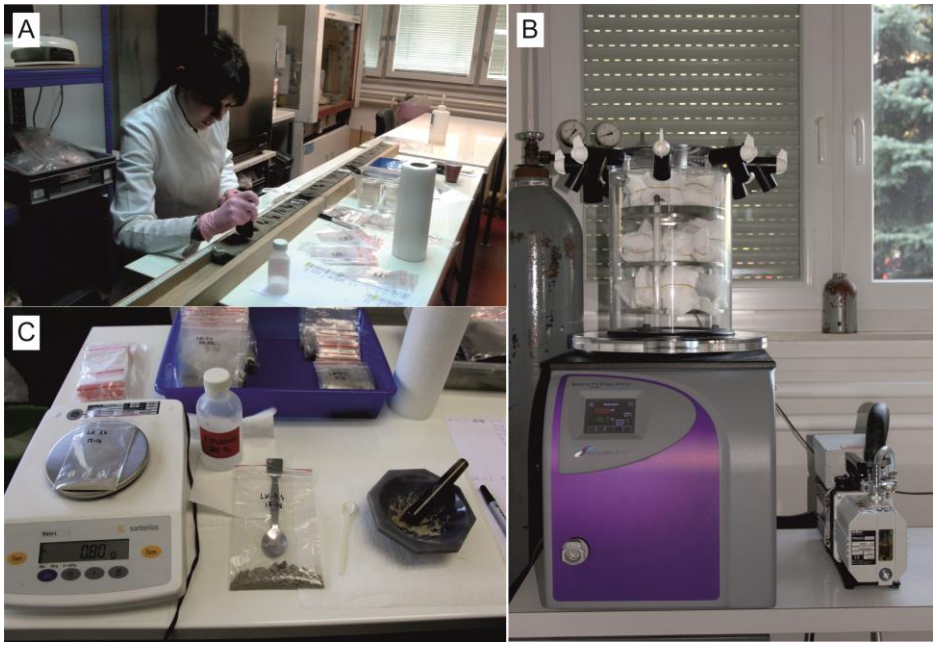
Koncentracije glavnih i elemenata u tragovima određene su upotrebom masenog spektrometra s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS) na 112 uzoraka iz jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-5, LK-6 i LK-7. Dostupna literatura nudi podatke o razvoju metode, tehničkim specifikacijama i primjeni (Longerich et al., 1990; Eggins et al., 1997; Nelms, 2005). Neke od prednosti korištenja ICP-MS-a za odredbu kemijskog sastava različitih uzoraka su relativno jednostavna priprema uzoraka, brzina analize, niska granica detekcije i veliki raspon elemenata koji se mogu mjeriti (Eggins et al., 1997). Glavni nedostatak metode je što se uzorak prije analize mora prevesti u tekuće stanje. To može dovesti do nepotpunog otapanja uzorka i veće cijene za njegovu pripremu. Ostali nedostaci metode detaljno su razrađeni u Longerich et al. (1990).

Uzorci iz jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala i otoka Cresa analizirani su u *ACME Analytical Laboratories Ltd.* u Kanadi. Priprema uzoraka napravljena je u laboratoriju HGI-a i

uključivala je usitnjavanje svakog uzorka u ahatnom tarioniku i odvagu oko 1,5 g uzorka na analitičkoj vagi. U interpretaciji su korišteni sljedeći elementi i njihovi omjeri: Mo, Cu, Pb, Mn, Fe, Sr, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S.

4.2.6.3 Mjerenje organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Udjeli organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika izmjereni su na ukupno 356 uzorka iz svih izbušenih jezgara sedimenata koristeći *Thermo Fisher Scientific Flash 2000 NC Analyzer*. Svakih 5-10 cm uzduž jezgara sedimenata izdvojeni su uzorci za analizu (Slika 18). Dijelovi jezgara gdje su rezultati prethodno primjenjenih metoda ukazali na značajne promjene uzorkovani su u većoj rezoluciji. Odabrani centimetarski intervali iz radnih polovica jezgara sedimenata su smrznuti u zamrzivaču, te osušeni u liofilizatoru *SP Scientific VirTis BenchTop Pro* (Slika 18). Za potrebe analize izdvojeno je oko 1-1,5 g usitnjenog i homogeniziranog uzorka na analitičkoj vagi (Slika 18). Prethodno su uklonjeni veći fragmenti mekušaca. Izvagani uzorak je stavljen u kositrene kapsule, koje su potom zatvorene i oblikovane u „loptice“ koristeći pincetu, te potom na nosač (*sampler*) CN analizatora.



Slika 18: Priprema uzoraka za analizu organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika: A) vađenje odabranih intervala iz jezgre sedimenata, B) sušenje uzoraka u liofilizatoru, C) usitnjavanje uzoraka.

Thermo Fisher Scientific Flash 2000 NC Analyzer omogućuje izravno mjerenje ukupnog ugljika (TC) i dušika (N). Međutim, za odredbu organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC) potrebno je uzorak određenim postupcima pripremiti za daljnju analizu. Stoga je svaki uzorak sedimenta tretiran s 8 ml 4,2M HCl u trajanju od jednog dana, te je nakon taloženja sedimenta na dnu kivete kiselina dekantirana. Uzorak je potom nekoliko puta ispran destiliranom vodom, dekantiran i potom analiziran (Fourqurean et al., 2014). Udio netopivog ostatka dobiven je nakon tretiranja uzorka HCl-

om. Dodatak HCl otapa karbonate, odnosno TIC, što također omogućuje mjerenje udjela TOC-a u netopivom ostatku (modificirano prema Tung & Tanner, 2003). Razlika između TC i TOC-a koristi se za izračun TIC-a, dok se omjer C/N izračunava dijeljenjem udjela TOC-a i N. Razvijene su različite metode mjerenja sadržaja ugljika u sedimentima, te je utvrđeno da ne postoji značajnija razlika u dobivenim rezultatima njihovom primjenom (Tung & Tanner, 2003; Fourqurean et al., 2014). Velika prednost CN analizatora je što omogućuje kvantitativno mjerenje sadržaja ugljika (Fourqurean et al., 2014).

Ugljik i dušik, te posebice C/N omjer, prisutni u morskim i jezerskim sedimentima, smatraju se iznimno važnim pokazateljima paleookolišnih i paleoklimatskih uvjeta (Meyers, 1994; Müller & Mathesius, 1999; Mayr et al., 2005; Lamb et al., 2006; Das et al., 2013). Promjene u C i N sadržaju sedimenata vjerojatno su posljedica varijacija u produktivnosti okoliša što se može povezati s temperaturnim promjenama i donosom nutrijenata (Das et al., 2013). C/N omjer je važan za determinaciju izvora organske tvari (Meyers, 1994, 1997; Lamb et al., 2006). Moguće je razlikovati algalnu ili terestričku organsku tvar u sedimentu. Alge uobičajeno imaju C/N omjer između 4 i 10, dok vaskularne kopnene biljke imaju omjer >20 (Meyers, 1994, 1997; Lamb et al., 2006). Ova razlika je posljedica nedostatka celuloze u algama i zastupljenosti celuloze u vaskularnim kopnenim biljkama. Visoki C/N omjer također može rezultirati od visoke produktivnosti u morskom okolišu u uvjetima limitirajuće dostupnosti N. Proizvedena organska tvar pod tim uvjetima bila bi bogata lipidima i siromašna dušikom, i na taj način imala više C/N omjere od očekivanih (Meyers, 1994). Tijekom dijageneze dolazi do degradacije komponenata organske tvari. Međutim, istraživanja su pokazala da C/N omjer ostaje sačuvan u sedimentu i stoga predstavlja važan izvor paleookolišnih podataka (Meyers, 1994). Müller & Mathesius (1999) ukazali su na poteškoće prilikom korištenja C/N omjera u paleookolišnim rekonstrukcijama.

Mjerenja na CN analizatoru napravila je mr.sc. Martina Šparica Miko.

4.2.7 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR), dušika (N AR) i netopivog ostatka (NO AR)

U uzorcima s prostora Lošinjskoga kanala izračunata je brzina akumulacije sedimenta (MAR), te brzine akumulacije organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i dušika (N AR) u istim intervalima na kojima su prethodno napravljene analize gustoće. Dodatno je izračunat fluks netopivog ostataka (NO AR), kao indikator donosa siliciklastične komponente. Brzina sedimentacije dobivena je iz modela dubina-starost u računalnom programu *Clam* na temelju podataka datiranja radioaktivnim ugljikom. Izračuni fluksa napravljeni su modifikacijom formula iz Sampei et al. (1997):

$$MAR = \rho_m \times BS \times \left(1 - \frac{\theta}{100}\right) \times 10^4$$

$$TOC\ AR = MAR \times TOC \times 10^{-2}$$

$$TIC\ AR = MAR \times TIC \times 10^{-2}$$

$$N\ AR = MAR \times N \times 10^{-2}$$

$$NO\ AR = MAR \times NO \times 10^{-2}$$

Pri čemu je:

MAR – brzina akumulacije (fluks) sedimenta (g/m^{2}god)

TOC AR – brzina akumulacije (fluks) organskog ugljika (g/m^{2}god)

TIC AR – brzina akumulacije (fluks) anorganskog ugljika (g/m^{2}god)

N AR – brzina akumulacije (fluks) dušika (g/m^{2}god)

NO AR – brzina akumulacije (fluks) netopivog ostatka (g/m^{2}god)

ρ_m – ukupna gustoća mokrog uzorka (g/cm^3)

BS – brzina sedimentacije (cm/god)

Θ – udio vode (%)

TOC – udio organskog ugljika (%)

TIC – udio anorganskog ugljika (%)

N – udio dušika (%)

NO- udio netopivog ostatka (%)

Značajnu ulogu u globalnom ciklusu ugljika ima taloženje i akumulacija ovog elementa u sedimentima. Stoga literatura obiluje istraživanjima čiji je osnovni cilj odredba brzine akumulacije (fluksa) organskog ugljika (Sampei et al., 1997; Winkelmann & Knies, 2005; Ishiwatari et al., 2009; Dong et al., 2012), te nutrijenata poput dušika i fosfora (Di et al., 2015). Na akumulaciju materijala utjecaj mogu imati promjene u donosu materijala i različiti procesi (klima, promjene u slivnom području, struje, flokulacija, geokemijski i biološki procesi, antropogeni utjecaj) (Sampei et al., 1997; Brack et al., 2001; Dong et al., 2012). Primjenom ove matematičke metode nastojao se odrediti potencijal skladištenja ugljika u sedimentima istaloženim na prostoru Lošinjskoga kanala tijekom kvartara.

4.2.8 Paleontološke analize

Okolišne preferencije određenih vrsta foraminifera, ostrakoda i palinomorfa korištene su s ciljem unaprijeđenja rekonstrukcije kvartarnih paleookoliša.

4.2.8.1 Analiza foraminiferske zajednice

Zajednica bentičkih foraminifera određena je na ukupno 65 uzorka. Analizirani su samo oni dijelovi jezgara LK-2, LK-3, LK-12 i LK-13 gdje su rezultati granulometrijskih, geokemijskih i mineraloških analiza pokazali značajne razlike. Također je napravljena analiza na uzorcima iz jezgara LK-5, LK-6 i LK-7. U potonjim jezgrama analizirani su isključivo površinski dijelovi jezgara koji su na terenu tretirani otopinom rose Bengal praha i 70%-tnog etanola i potom spremljeni u hladnjak na 14 dana prije ispiranja otopine, prateći postupak predložen FOBIMO (FOraminiferal BIo-MOnitoring) radnom grupom (Schönfeld et al., 2012). Rose Bengal metoda jedna je od najčešće korištenih metoda za determinaciju žive zajednice foraminifera (Scott et al., 2001), iako su u novije vrijeme razvijene i brojne druge metode (Bernhard & Reimers, 1991; Bernhard, 2000; Bernhard et al., 2006; Murray, 2006; Figueira et al., 2012). Bernhard (2000) i Murray (2006) dali su iscrpan pregled različitih metoda kojima se mogu identificirati živuće jedinke, te su naveli prednosti i nedostatke svake metode. Osnovni problem prilikom korištenja rose Bengal otopine je mogućnost obojenja simbiotskih algi i bakterija koje se skupljaju na foraminiferama, obojenje oštećenih jedinki, nemogućnost obojenja i penetracije u kućicu nekih živućih jedinki, te varijacije u količini obojenja (Bernhard, 1988; Scott et al., 2001).

Foraminifere se smatraju iznimno važnima za odredbu paleookoliša. Naime, ovi jednostanični organizmi nastanjuju sve tipove morskog okoliša, od tajdalne zone do najdubljih dijelova oceana. Također mogu nastanjivati slana i slatkovodna jezera (Boltovskoy & Lena, 1971; Cann & de Dekker, 1981). Kućica koju grade ostaje sačuvana u sedimentu što omogućuje rekonstrukciju paleookolišnih promjena (Haq & Boersma, 1998; Scott et al., 2001). Osnovni cilj odredbe foraminiferske zajednice u uzorcima s prostora Lošinjskoga kanala bio je determinirati prijelaze kopno-more, odnosno intervale koji ne sadrže foraminifere, te one koji obiluju njima. Osobito je bila važna determinacija zajednice foraminifera tipične za prijelazne okoliše kopno-more (slane-močvare, lagune, estuarije, delte), koje se mogu koristiti kao indikatori promjena razine mora na određenom prostoru (npr., Scott and Medioli, 1980; Gehrels, 1994; Scott et al., 2001; Serandrei Barbero et al., 2004; Müller-Navara et al., 2017). Važno je naglasiti da iako se foraminifere koriste kao pokazatelji paleookolišnih uvjeta, ukoliko nema dovoljno podataka o modernoj fauni, nekadašnji uvjeti ne mogu se definirati sa sigurnošću. Stoga je analiza foraminiferske zajednice iz površinskih uzoraka iz svih jezgara sedimenata imala za

cilj dati uvid u današnju distribuciju foraminifera na prostoru Lošinjskoga kanala i otoka Cresa, što je omogućilo korelaciju sa zajednicama prisutnim u starijim dijelovima jezgara.

Priprema uzoraka napravljena je metodom mokrog sijanja. Iz svakog odabranog intervala jezgara LK-2, LK-3 i LK-12 za analizu je uzeto 5 cm^3 sedimenta pomoću šprice odrezanog vrha, izuzevši jezgru LK-13 iz koje je uzeto 8 cm^3 sedimenta. Iz jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 analizirano je 10 cm^3 sedimenta. Izdvojeni sediment namočen je u destiliranoj vodi i potom prosijavan mlazom vode kroz set sita, s perforacijama promjera 0,263 mm, 0,125 mm i 0,063 mm. U literaturi postoji diskusija o najmanjoj veličini sita koja se koristi prilikom mokrog sijanja uzoraka određenih za analizu zajednice foraminifera. Uobičajeno se koriste sita s perforacijama od 0,063 mm, 0,125 mm ili 0,150 mm. Međutim, pokazalo se da se izgubi oko 99% faune koristeći sito od 0,125 mm. Smatra se da je za paleookolišna istraživanja najbolje korištenje sita od 0,063 mm jer obuhvaća frakciju koja uključuje veličinski raspon većine foraminifera (Scott et al., 2001; Schönfeld et al., 2012). Stoga je odredba mikrofosilnog sadržaja uzoraka s prostora Lošinjskoga kanala napravljena na ukupnoj frakciji >0,063 mm. Nakon završetka mokrog sijanja svakog uzorka posebna je pažnja posvećena detaljnom čišćenju sita, tretmanom u ultrazvučnoj kadici i ispuhivanjem, kako ne bi došlo do kontaminacije uzoraka. Nakon ispiranja vodom uzorci su dekantirani kroz filter papir i stavljeni u sušionik na temperaturu od 40^oC ili su sušeni na zraku.

Foraminifere su obično prisutne u uzorcima u velikom broju, što omogućuje statističku analizu čak i male količine uzorka. To je jedna od osnovnih prednosti ove skupine organizama u odnosu na makrofosile za koje je potrebno analizirati veliku količinu uzorka kako bi se dobio statistički značajan broj jedinki za okolišnu determinaciju (Scott et al., 2001). Svaki uzorak pripremljen prethodno opisanom metodom mokrog sijanja podijeljen je mikrospliterom na statistički istovjetne dijelove u cilju dobivanja manjih ekvivalentnih poduzoraka sa zadovoljavajućim brojem jedinki. Nakon podjele uzorka mikrospliterom pregledan je cijeli uzorak i u svakom je izbrojano oko 300 jedinki, osim u onima gdje je ukupni broj jedinki bio manji od 300. U tom slučaju pregledan je i izbrojan cijeli uzorak u frakciji >0,063 mm bez korištenja mikrosplitera. Smatra se da je za statističku analizu potrebno izbrojati 250-300 jedinki (Scott et al., 2001; Murray, 2006), te da determinacija većeg broja jedinki ne utječe značajno na točnost analize (Murray, 2006).

Loeblich & Tappan (1987) su napravili najkompletniju klasifikaciju foraminifera, koja je postala neophodan alat u svim istraživanjima koja se zasnivaju na determinaciji rodova i vrsta foraminifera. Autori su naveli da su za determinaciju bitni sljedeći kriteriji: sastav i mikrostruktura stijenke, raspored klijetki i dodatak septi, obilježja ušća i njegove modifikacije, oblik klijetki, način života/stanište, obilježja protoplazme, ontogenetske promjene, reproduktivni procesi, te geološki

vremenski raspon. U literaturi je opisano oko 100 familija, 1 200 rodova i oko 27 000 vrsta (Loeblich & Tappan, 1987). Smatra se da ti brojevi nisu realni, te da postoji prevelik broj opisanih vrsta. Stoga je potrebna redukcija i ponovni pregled postojećih podataka. Molekularnim istraživanjima u novije vrijeme nastoji se detaljnije definirati taksonomska pripadnost određenih vrsta (Pawlowski & Holzmann, 2002; Hayward et al.,2004).

U sklopu istraživanja zajednice foraminifera s prostora Lošinjskog kanala korištena je osnovna klasifikacija foraminifera prema Loeblich & Tappan (1987), dok je taksonomska determinacija rodova i vrsta na temelju morfoloških obilježja jedinki napravljena prema monografijama kvartarnih foraminifera šireg područja: Cimerman & Langer (1991), Sgarrella & Moncharmont Zei (1993). Za odredbu vrsta također su korištene brojne table u znanstvenim radovima. Imena rodova i vrsta su modficirana prema najnovijoj taksonomskoj klasifikaciji dostupnoj u *WoRMS* bazi podataka (*World Register of Marine Species*) (Horton et al., 2018). Određene jedinke nije bilo moguće determinirati na razini vrste, ili zbog loše očuvanosti kućica ili izrazito male veličine juvenilnih primjeraka, te su određene samo na razini roda (npr. *Ammonia* sp.).

Brojanje jedinki je provedeno na način da je svaki uzorak stavljen na pliticu, te su potom jedinke identificirane i fotografirane, te izvađene pomoću kista ili iglice i stavljene u ćelije. Jedinke foraminifera su promatrane binokularnom lupom marke *Euromex* s povećanjem do 45x, te su fotografirane pripadajućom kamerom pomoću programskog paketa *ImageFocus4*. Detaljnije snimke izdvojenih jedinki napravljene su skenirajućim elektronskim mikroskopom (SEM).

Cilj mnogih istraživanja, pa tako i ovoga, je usporedba zajednica foraminifera prisutnih u različitim uzorcima (Murray, 2006). Izračun indeksa bioraznolikosti omogućuje usporedbu uzoraka s različitim brojem vrsta (S) i različitim brojem jedinki (N). Broj vrsta (S), Shannon-Wiener indeks (H(S)), indeks ravnomjernosti (E), Fisher α indeks, te indeks dominacije (D) izračunati su u računalnom programu PAST (Hammer et al., 2001).

Broj vrsta (S) je broj različitih vrsta foraminifera određenih u uzorku, te je osnovna mjera bioraznolikosti. Shannon-Wienerov indeks H(S) u ovisnosti je o broju vrsta određenih u uzorku i raspodjeli jedinki među vrstama. Rijetke vrste imaju malen utjecaj na ovaj indeks. Ukoliko sve vrste imaju jednaku zastupljenost dobivaju se maksimalne vrijednosti indeksa (Murray, 1991). Dobiven Shannon-Wienerov indeks manji od 0,6 ukazuje na bočate uvjete u okolišu, dok >2,1 ukazuje na normalan morski okoliš. Izračun ovog indeksa bitan je i za determinaciju strukture zajednice. Indeks ravnomjernosti (E) daje uvid u raspodjelu jedinki među vrstama. Veći indeks ravnomjernosti dobiva se što je manja zastupljenost jedne vrste foraminifera u analiziranom uzorku. Ovaj indeks stoga ukazuje na ravnomjernost u zastupljenosti vrsta. Ukoliko su sve vrste foraminifera u uzorku jednako

zastupljene E=H(S). Najčešće korišten indeks bioraznolikosti je Fisher α indeks. Ovaj indeks dovodi u vezu broj vrsta i broj jedinki, te podrazumijeva da broj jedinki svake vrste prati logaritamsku seriju. Uključuje i rijetke vrste. Međutim, smatra se da dolazi do rasta indeksa s povećanjem veličine uzorka (Murray, 1991). Fisher α indeks izuzetno je važan za determinaciju paleookoliša, s obzirom da se vrijednosti ovog indeksa mogu povezati s određenim okolišima. Ukoliko je indeks <5 vjerojatno se radi o bočatom ili priobalnom morskom okolišu. Također je moguće da niski indeks ukazuje na morski okoliš normalnog saliniteta s velikim udjelom jedne vrste. Fisher α indeks >5 upućuje na šelfni okoliš (Murray, 1991). Dominacija određenih vrsta u uzorku izražava se indeksom dominacije, koji može varirati od 0 do 1. Ukoliko je izražena dominacija jednog taksona indeks dominacije imati će vrijednost 1. Nadalje, kada govorimo o dominaciji vrsta u uzorcima, bitno je također razlikovati dominantne vrste, srednje zastupljene vrste, rijetko zastupljene vrste i vrlo rijetko zastupljene vrste. Dominantne vrste su one kojih u uzorku ima >10%, srednje zastupljene vrste u uzorcima su u udjelu od 4 do 10%. Ukoliko je u uzorku prisutno 1-4% jedinki iste vrste govorimo o rijetko zastupljenim vrstama. Vrlo rijetko zastupljene vrste su one koje su u uzorku zastupljene s manje od 1% jedinki (Murray, 1991). Česta je upotreba i trokomponentnih dijagrama prema udjelima podredova koji se koriste za odredbu tipa okoliša (Murray, 1973).

Klaster analiza zasniva se na koeficijentu sličnosti izračunatog između svakog para uzorka u cilju izrade dendrograma. Konačni rezultat je svrstavanje uzoraka u „prirodne grupe“ i prikaz njihovih međusobnih udaljenosti. Međutim, važno je napomenuti da grupiranje uzoraka u klastere ne mora biti „prirodno“. Iz tog razloga potrebno je koristiti klaster analizu zajedno s drugim metodama (Murray, 2006). Klaster analiza zajednica foraminifera je napravljena na 42 uzorka iz jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala. U obzir su uzete samo vrste koje su bile zastupljene >1% bar u jednom uzorku. Pri tome su korišteni Euklidovi algoritmi, te Wardova metoda na temelju koje se procjenjuje udaljenost među klasterima.

4.2.8.2 Analiza ostrakodne zajednice

Analiza ostrakodne zajednice napravljena je na ukupno 7 uzoraka iz jezgre LK-12 s prostora Lošinjskoga kanala s ciljem odredbe paleookolišnih uvjeta. Naime, smanjenjem saliniteta foraminifere i drugi morski organizmi postepeno nestaju iz faunalnih zajednica, u kojima počinju dominirati ostrakodi. Ostrakodi nastanjuju slatkovodne, bočate, slane i hiperslane vodene okoliše (Haq & Boersma, 1998; Smith & Horne, 2002; Boomer & Eisenhauer, 2002). Također se pojavljuju u ne-vodenim staništima, poput vlažnog trulog lišća i tla (Haq & Boersma, 1998; Holmes & Chivas, 2002). Velika je razlika između slatkovodne i morske faune, kao posljedica različitog kemizma i saliniteta vode, te svega nekoliko vrsta može biti rasprostranjeno u oba okoliša. Ova činjenica je iznimno bitna za paleookolišna istraživanja. Priobalni morski okoliši, gdje dolazi do miješanja vode morskog i meteorskog porijekla, su također obilježeni tipičnom faunom (Boomer & Eisenhauer, 2002). Prijelaz iz morskih u bočate uvjete uobičajeno se odražava u smanjenju raznolikosti ostrakodnih vrsta kao posljedica velikih varijacija i nestabilnosti ovog tipa okoliša (Smith & Horne, 2002).

Mnoge metode koje se koriste za obradu uzoraka meiofaune ili vapnenačkih mikrofosila, mogu se također primijeniti na ostrakode (Danielopol et al., 2002). Za potrebe ovog istraživanja uzorci su pripremljeni metodom mokrog sijanja, na isti način kao i prethodno opisane foraminifere. Iz svakog uzorka iz jezgara sedimenata izdvojene su jedinke ostrakoda koje su potom determinirane na razini roda i/ili vrste. Preciznost u odredbi ostrakodne faune bila je u ovisnosti o očuvanosti ljušturica i razvojnom stadiju jedinki. Za sistematsku odredbu izdvojenih ostrakodnih vrsta korištena je biološka klasifikacija prema Meisich (2000). Smatra se da postoji >20 000 živućih vrsta ostrakoda, od kojih je opisano oko 8 000 (Horne et al., 2002). Ukoliko se uzmu u obzir i fosilne vrste i podvrste ukupni broj se povećava na 65 000. Međutim, procjenjeno je da je stvaran broj živućih i fosilnih vrsta oko 33 000 (Horne et al., 2002).

Analizu ostrakodne faune napravila je dr.sc. Valentina Hajek Tadesse.

4.2.8.3 Palinološke analize

Na 10 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12 napravljene su palinološke analize, odnosno determinacija peludnih zrna, spora i ostalih ne-peludnih palinomorfa (npr. dinoflagelata, prazinoficea, člankonožaca). Cilj palinoloških analiza bio je interpretirati paleookoliše i utvrditi klimatske uvjete koji su bili uspostavljeni u vrijeme taloženja sedimenata. Naime, klimatske prilike (npr., humidna, aridna, umjerena, hladna klima) su jedan od osnovnih čimbenika koji utječe na vegetacijski pokrov. Analizom više uzoraka iz slijeda sedimenata dobiva se uvid u vegetacijske promjene na istraživanom prostoru tijekom vremena (Bennett & Willis, 2001).

Palinomorfima se smatraju svi mikrofosili s organskom stijenkom koji se koriste u palinološkim analizama. Pelud, muški reproduktivni dio biljke (gameta) koji nastaje u prašnicima, je osnovni tip palinomorfa. Peludna zrna su uobičajeno sferičnog ili eliptičnog oblika, te promjera od oko 10 µm do 100 µm (Bennett & Willis, 2001). Proctor et al. (1996) su naglasili da je uobičajena veličina peludnih zrna u rasponu od 30 do 40 µm, dok najmanja zrna mogu biti veličine svega 5 µm. Građa stijenke ovih mikrofosila omogućuje njihovo očuvanje u anaerobnim okolišnim uvjetima, s obzirom da je otporna na kemijsko i fizičko uništavanje, izuzevši oksidaciju. Učestali palinomorfi su i spore, koje su tipične za mahovinu i gljive. Identifikacija peludnih zrna i spora temelji se na morfološkim obilježjima ovih mikrofosila. Osnovna morfološka obilježja uključuju broj i položaj ušća i ornamentaciju površine. Moguća je determinacija palinomorfa na razini roda ili familije, ali kod nekih grupa moguće je odrediti i vrste. Determinacija se zasniva na usporedbi s referentnim biljnim materijalom (Bennett & Willis, 2001). Osim često prisutnih peludnih zrna i spora, u uzorcima za palinološku analizu prisutni su i ne-peludni palinomorfi (npr. dinoflagelati, prazinoficeae, člankonošci), koje obilježava jedinstvena morfologija. Do sada je identificirano nekoliko stotina tipova ne-peludnih palinomorfa. Određeni taksoni još uvijek nisu identificirani, ali bez obzira na tu činjenicu upotrebljavaju se kao paleookolišni indikatori s obzirom da se učestalo pojavljuju s poznatim taksonima (Geel, 2001).

Priprema uzoraka za palinološku analizu je kompleksna i zasniva se na tretiranju uzoraka nizom kemijskih spojeva, u cilju uklanjanja pojedinih komponenti sedimenta i izdvajanja organske tvari. Prilikom pripreme uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12 korištena je standardizirana metodologija prema Moore et al. (1991). Kako bi se dispergirale glinovite čestice uzorci su prvo tretirani s $Na_4P_2O_7$. Za uklanjanje karbonata korištena je 10% HCl, dok je silicklastični materijal uklonjen fluorovodičnom kiselinom (HF). Cinkov klorid ($ZnCl_2$) (ρ>2g/cm^3) je korišten za izdvajanje organskog ostatka. Uzorci su također prosijani preko najlonske mreže promjera 10 µm i promiješani s glicerin želatinom. Izdvojeni

organski ostatak je stavljen na mikroskopske preparate. Za determinaciju palinomorfa korišten je svjetlosni mikroskop *Olympus BH-2*, s povećanjem od 400, 600 i 1000x.

Analizu i interpretaciju zajednice palinomorfa napravila je dr.sc. Koraljka Bakrač.

4.2.9 Skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i energetsko-disperzijska spektroskopija rtg-zraka (EDS)

Iz svih jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala i otoka Cresa jedinke foraminifera snimljene su primjenom skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM) *Jeol JSM-35 CF* na naponu od 20 kV, dok su energetsko-disperzijskom spektroskopijom (EDS) (*Oxford INCA x-act 51*) analizirani uzorci aglutiniranih foraminifera iz jezgre LK-5, kao i određene jedinke iz jezgre LK-6.

Upotreba SEM-a omogućuje dobivanje slike površine uzorka velikog povećanja koje nije moguće dobiti drugim metodama. „Skeniranje" uzorka u nizu paralelnih linija na SEM-u omogućeno je interakcijom snopa elektrona određene energije i analiziranog uzorka. Dobiva se slika visoke rezolucije, te velike dubinske oštrine. Velika dubinska oštrina slike je jedna od osnovnih značajki SEM slika koje daju trodimenzionalni prikaz uzorka koji se snima (Reed, 2005). Povećanje SEM-a može varirati od 10x do 10^4-10^6x. Povijest razvoja SEM-a, kao i opis metode, detaljno su razrađeni u brojnim knjigama i znanstvenim radovima (npr., Carr, 1971; Allen, 1997; Reed, 2005; Chen, 2015). Hay & Sandberg (1967) i Sandberg & Hay (1967) naglasili su važnost razvoja ove metode za mikropaleontološka istraživanja i opisali njezinu primjenu. SEM je olakšao razmatranje i analizu mnogih morfoloških obilježja ključnih za klasifikaciju različitih skupina mikrofosila, te se smatra jednim od najznačajnijih otkrića koje je uvjetovalo veliki napredak paleontologije.

Raspon primjene SEM-a može se proširiti dodajući različite tipove detektora, poput EDS-a, koji unaprijeđuju mogućnosti analiza i time primjenu ove metode. Dodatkom EDS-a mogu se dobiti kvalitativni podaci o komponentama uzorka i semi-kvantitativan ili kvantitativan sastav sedimenta, čime je također omogućena identifikacija faza (Reed, 2005; Chen, 2015). Današnji EDS uređaju mogu mjeriti raspon elemenata od B do U. Prednosti EDS-a su velika brzina analize (nekoliko sekundi do nekoliko minuta za cijeli spektar), te mala površina uzorka koja se analizira (nekoliko mikrometara do stotinjak nanometara). Prednost metode je i mogućnost integrirane analize sastava uzorka, morfologije i strukture (Reed, 2005; Chen, 2015).

Priprema uzoraka s prostora Lošinjskoga kanala je uključivala pažljivo stavljanje odabranih jedinki foraminifera na ljepljivu vrpcu na aluminijskom nosaču promjera otprilike 1 cm. Većina geoloških materijala je nekonduktivna, te je iz tog razloga bilo potrebno napariti uzorke slojem konduktivnog materijala prije početka snimanja kako bi se sprječilo nakupljanje naboja elektrona na

površini uzorka što značajno utječe na kvalitetu dobivene slike (Carr, 1971). Uzorci na kojima su rađene EDS analize napareni su grafitom. Naime, grafit ima mali utjecaj na spektar rtg-zraka. Međutim, grafit nije idealan za SEM snimanja s obzirom da propušta sekundarne elektrone. Stoga je za dobivanje slike topografije uzoraka za naparivanje korišteno zlato, a također je moguće koristiti i leguru zlata i paladija, krom ili iridij (Reed, 2005). Optimalna debljina sloja naparenog ugljikom je 20 nm. Zlato se izbjegava prilikom EDS analiza jer ima snažnu interakciju s elektronima i rtg-zrakama zbog velikog atomskog broja.

4.2.10 Statističke metode

Geokemijski podaci dobiveni analizom sedimenata iz jezgara LK-2, LK-3, LK-5, LK-6 i LK-7 ICP-MS metodom obrađeni su multivarijantnim statističkim metodama. Diskriminantna analiza (DFA) uključivala je odabrane glavne i elemente u tragovima (TOC, TIC, N, Ca, Mg, Fe, K, Al, P, S, Cu, Pb i Mo) i jedan omjer (C/N). Rezultati geokemijskih analiza su tipičan primjer kompozicijskih podataka (CoDa). Detaljan opis CoDa analize može se naći u brojnim radovima (Peh & Kovačević Galović, 2014; Peh & Kovačević Galović, 2016; Galović & Peh, 2016; Šorša et al., 2018).

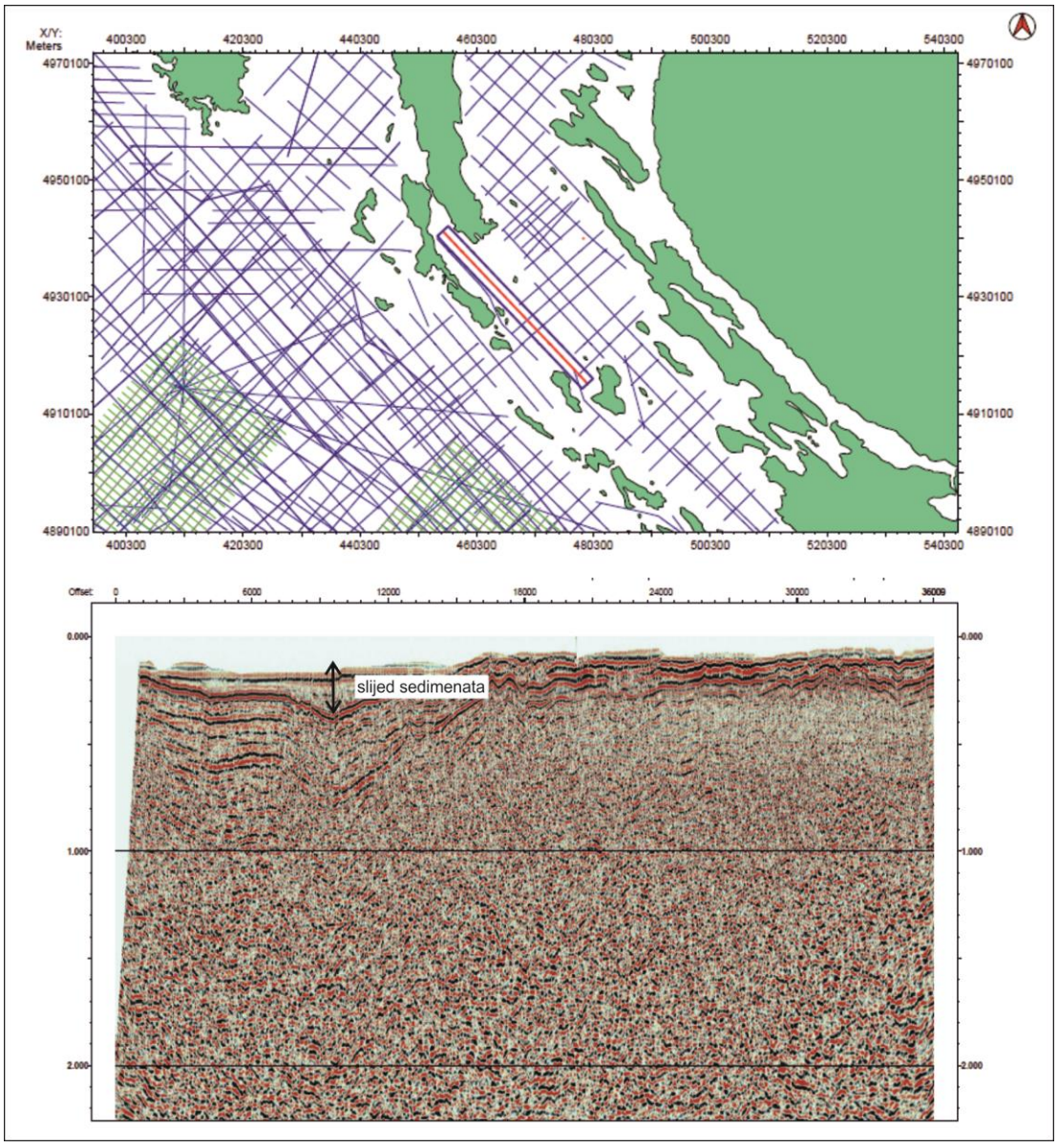
DFA je uobičajena multivarijantna statistička metoda koja je osobito korisna za izradu modela diskriminacije jedne ili više grupa, koji se zasniva na nizu nezavisnih varijabli. Ova statistička metoda često se upotrebljava u geološkim istraživanjima, kao i istraživanjima okoliša s ciljem dobivanja nezavisnog kriterija u analiziranom skupu podataka. Ciljevi i načela DFA su također detaljno opisani u mnogim publikacijama (npr., Davis, 1973; Davis, 1986; Dillon & Goldstein, 1984; Rock, 1988; Reimann et al., 2008). Geokemijski podaci dobiveni analizom jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala su obrađeni u programskom paketu STATISTICA 10 (STATSOFT, 2011), po načelima CoDa analize.

DFA napravio je dr.sc. Zoran Peh.

5.REZULTATI

5.1 Rezultati geofizičkih istraživanja i podjela na seizmičke jedinice

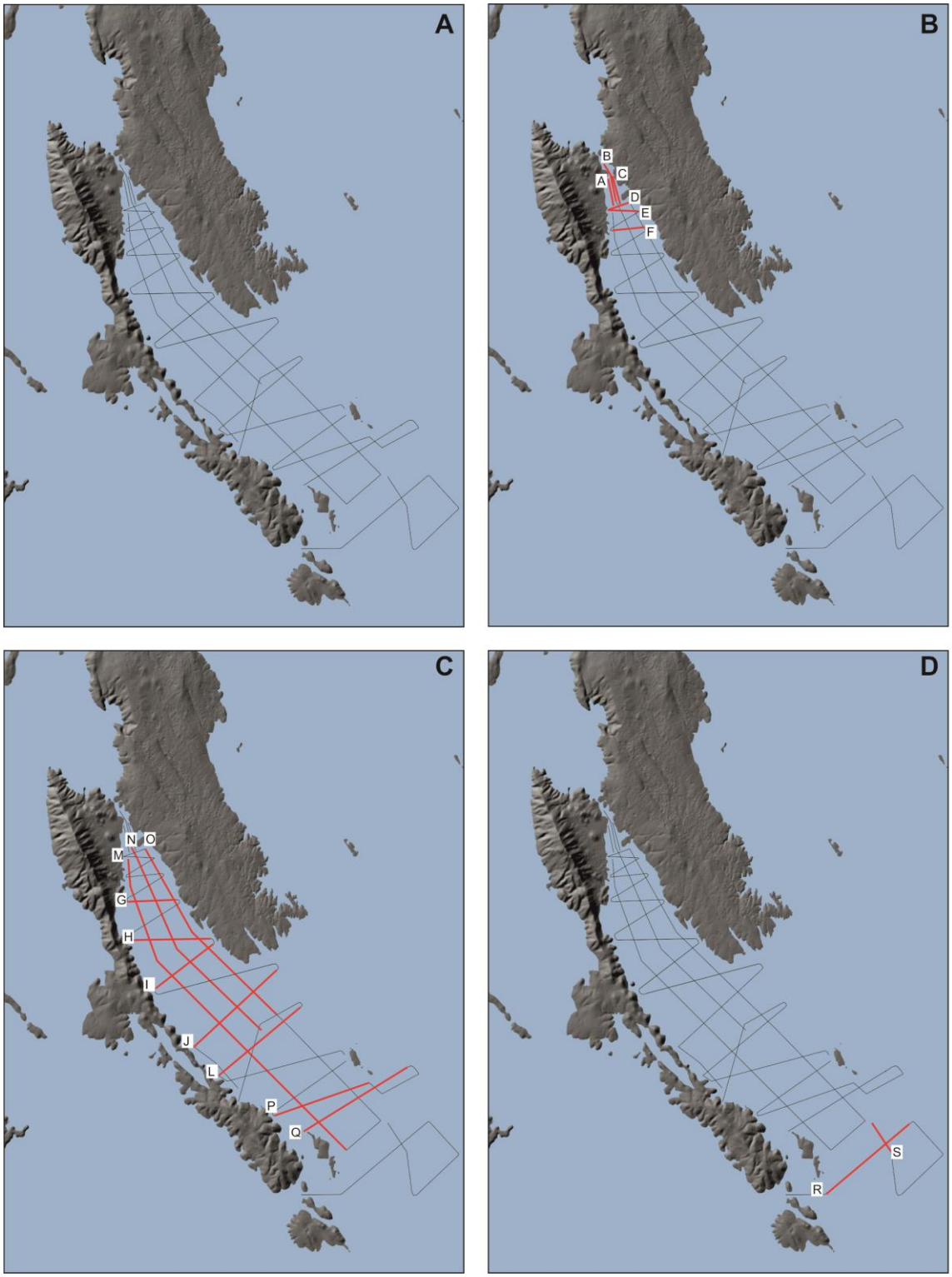
Analiza jednog profila duboke seizmike ukazala je da ukupna debljina slijeda sedimenata u potpovršini Lošinjskoga kanala doseže oko 250 m. Sedimenti ispunjavaju duboku tektonski uvjetovanu depresiju u kršu (Slika 19).



Slika 19: Profil duboke seizmike s prostora Lošinjskoga kanala (Durn, 2016).

Napravljena je detaljna analiza 43 seizmička profila visoke rezolucije koji su snimljeni geološkim dubinomjerom (Slika 20). Seizmički profili visoke rezolucije dali su uvid u najgornjih oko 54 m slijeda sedimenata. Mitchum et al. (1977) su definirali osnovna načela seizmičke stratigrafije i razlikovanja seizmičkih jedinica. Seizmička jedinica je sastavljena od seizmičkih reflektora čija se

seizmička svojstva (amplituda, kontinuitet, frekvencija) razlikuju od svojstava „susjednih“ jedinica. Seizmička interpretacija zasniva se prije svega na uočavanju razlika u amplitudi. Amplituda će biti veća ukoliko postoji velika razlika u akustičkoj impendanciji na granicama jedinica (Henry, 2004).

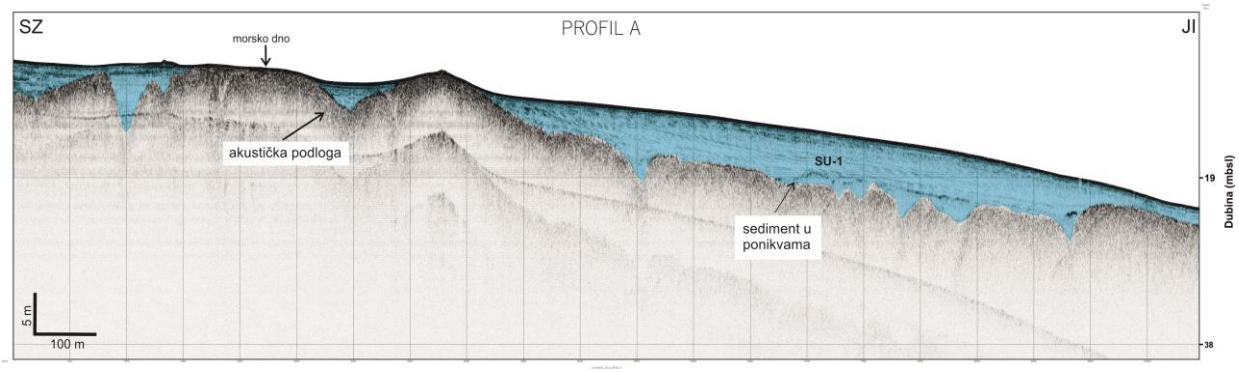


Slika 20: Linije snimljenih seizmičkih profiila visoke rezolucije s prostora Lošinjskoga kanala: A) svi profili (43) dužine 204 km, B) profili (A-F) snimljeni na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala, C) profili (G-Q) snimljeni u središnjem dijelu Lošinjskoga kanala, D) profili (R-S) snimljeni u južnom dijelu Lošinjskoga kanala.

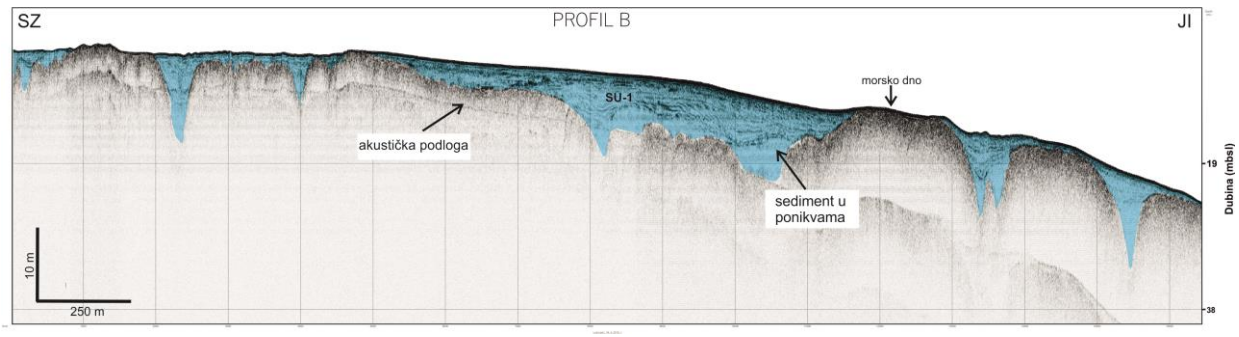
Izdvojeno je 6 glavnih seizmičkih jedinica (SU-1 do SU-6), te odgovarajućih podjedinica na seizmičkim profilima visoke rezolucije s prostora Lošinjskoga kanala na temelju načela koja su predložili Mitchum et al. (1977). Svaku izdvojenu jedinicu moguće je interpretirati s obzirom na okoliš nastanka, taložne procese i litologiju (Mitchum, 1977).

Seizmički profili visoke rezolucije iz sjevernog, srednjeg i južnog dijela Lošinjskoga kanala uvelike se razlikuju, te su stoga rezultati geofizičkih istraživanja podmorja prikazani s obzirom na njihovu prostornu distribuciju (Slika 20).

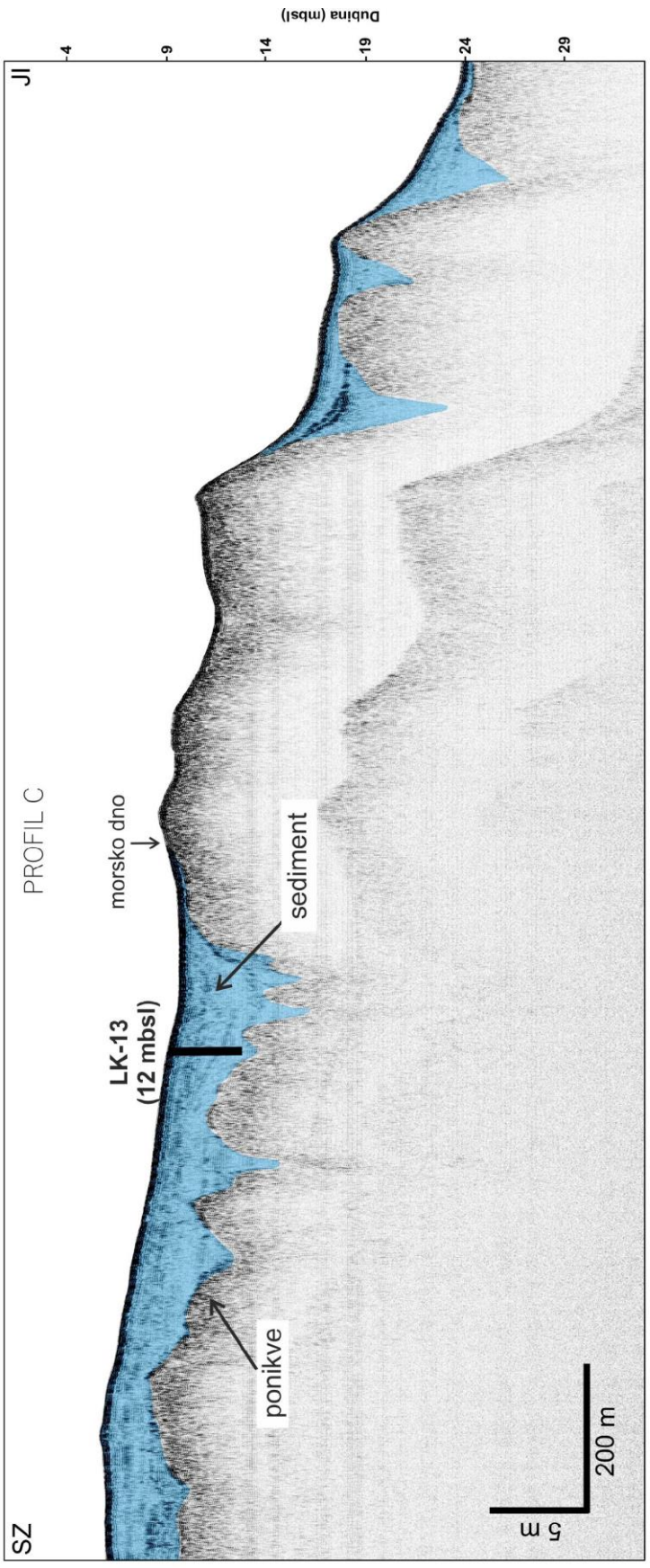
U sjevernom dijelu istraživanog područja na seizmičkim profilima (profili A-F) (Slika 21-24) dobro se uočavaju ponikve ispunjene sedimentom. Broj uočenih ponikvi na istraživanom prostoru je značajan, te je podmorska okršenost slična onoj razvijenoj danas na kopnenom području otoka Cresa. Izdvojena je seizmička jedinica SU-1, čiju podinu grade okršene karbonatne stijene, prisutne i na okolnim otocima. Polu-prozirna akustička obilježja jedinice SU-1 na ovom prostoru, s nekoliko nekontinuiranih reflektora jače amplitude, ukazuju na dominantno morsko porijeklo sedimenta. Sedimentni pokrivač na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala nije velike debljine, a na određenim dijelovima morskog dna čak i nedostaje (Slika 24). Najveća debljina sedimenata u ponikvama iznosi oko 15 m.



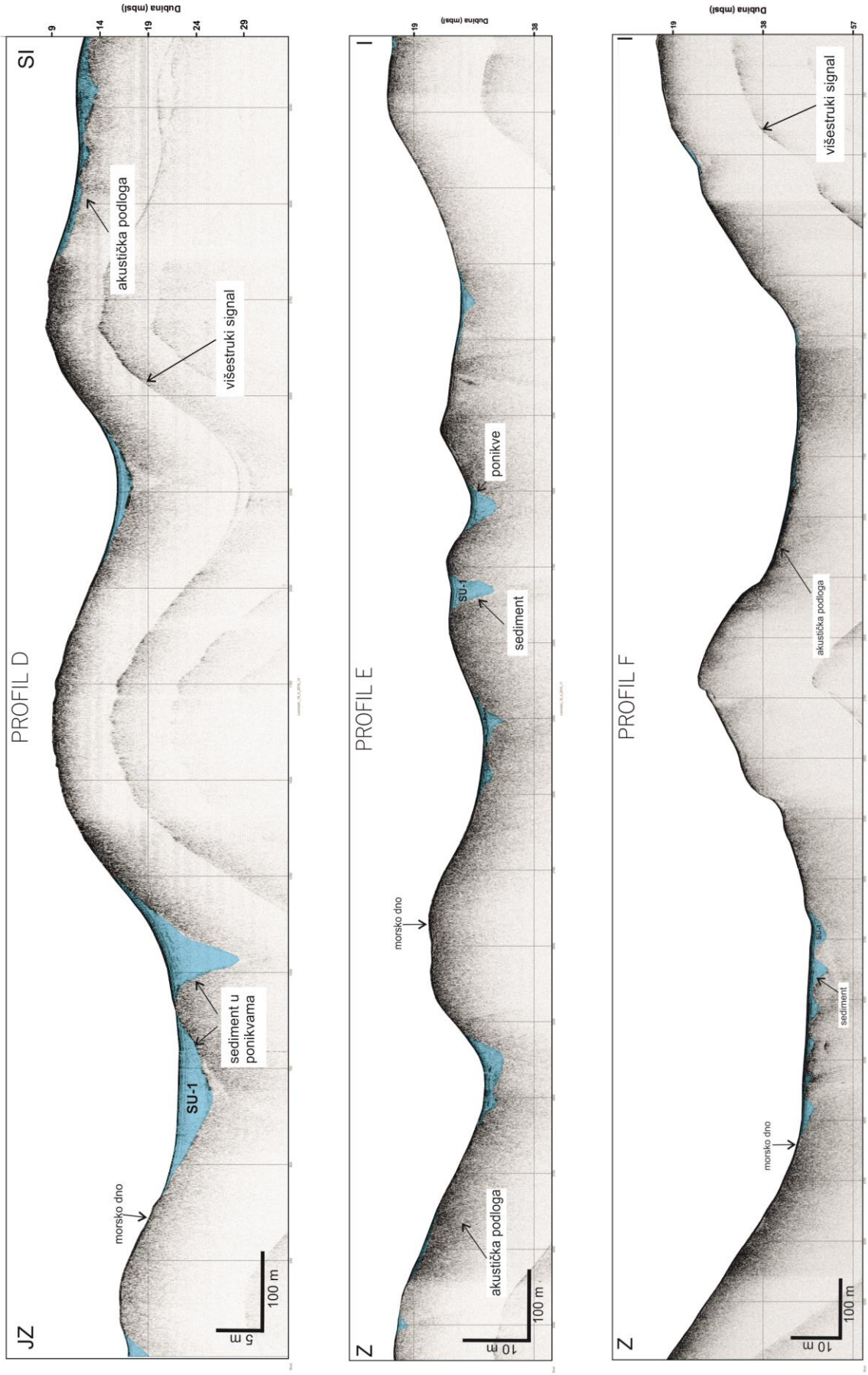
Slika 21: Seizmički profil A visoke rezolucije.



Slika 22: Seizmički profil B visoke rezolucije.



Slika 23: Seizmički profil C visoke rezolucije.



Slika 24: Seizmički profili D, E i F visoke rezolucije.

U središnjem dijelu Lošinjskoga kanala, na prostoru s dubinom mora >62 m, debljina slijeda sedimenata se povećava i doseže do 54 m ispod potpovršine na snimljenim seizmičkim profilima visoke rezolucije (profili G-Q) (Slika 25-31).

Najgornja seizmička jedinica SU-1 određena je na svim geofizičkim profilima iz središnjeg dijela Lošinjskoga kanala (profili G-Q) (Slika 25-31). Akustički polu-prozirna jedinica SU-1 sastoji se od paralelnih reflektora slabe amplitude. Akustička obilježja ove jedinice ukazuju na taloženje sedimenata u morskom okolišu (Slika 25-31).

Seizmička jedinica SU-2 je obilježena sub-paralelnim, blago-nagnutim reflektorima. Ovakva geometrija reflektora tipična je za taloženje horizontalno uslojenih sedimenata u jezerskom okolišu. Tri podjedinice (SU-2.1, SU-2.2 i SU-2.3) određene su unutar jedinice SU-2. Diskordancija je površina erozije ili netaloženja koja razdvaja mlađe naslage od starijih i označava prekid u taloženju (Mitchum et al., 1977). Prepoznate diskordancije na seizmičkim profilima unutar jedinice SU-2 mogu se interpretirati kao erozijske površine (ES-1, ES-2, ES-3), koje ukazuju na višestruke erozijske faze, stvaranje kanala i njegovu migraciju na rubnom, istočnom i zapadnom dijelu istraživanog prostora (Slika 25-31). Navedene erozijske površine su reflektori jake amplitude koji je također moguće kartirati. Starije erozijske faze i jedinice SU-2.2 i SU-2.3 nisu u potpunosti očuvane kao posljedica mlađih erozijskih događaja (Slika 25-31).

Erozijska površina ES-4 razdvaja seizmičku jedinicu SU-2 od seizmičke jedinice SU-3 (Slika 25-31). Jedinica SU-3, prepoznata na profilima u središnjem dijelu Lošinjskoga kanala, podijeljena je na tri podjedinice (SU-3.1, SU-3.2 i SU-3.3). Sve podjedinice akustički su polu-prozirne s nekoliko slabih reflektora dobrog kontinuiteta što implicira uspostavu morskih okolišnih uvjeta u vrijeme taloženja sedimenata u izdvojenim podjedinicama. S obzirom da su podjedinice razdvojene snažnim reflektorima visoke amplitude i kontinuiteta, vjerojatno je da postoje značajne razlike u fizičkim svojstvima sedimenta svake podjedinice (Slika 25-31).

Kao posljedica ograničenja primjenjene seizmičke metode visoke rezolucije koja daje dobru rezoluciju, ali slabije prodiranje u potpovršinu, reflektori jedinica koje se nalaze na većoj dubini (SU-4, SU-5 i SU-6) slabije su izraženi i stoga je njihova interpretacija znatno otežana. Navedene seizmičke jedinice prepoznate su isključivo na profilima H-Q u središnjem dijelu kanala (Slika 26-31).

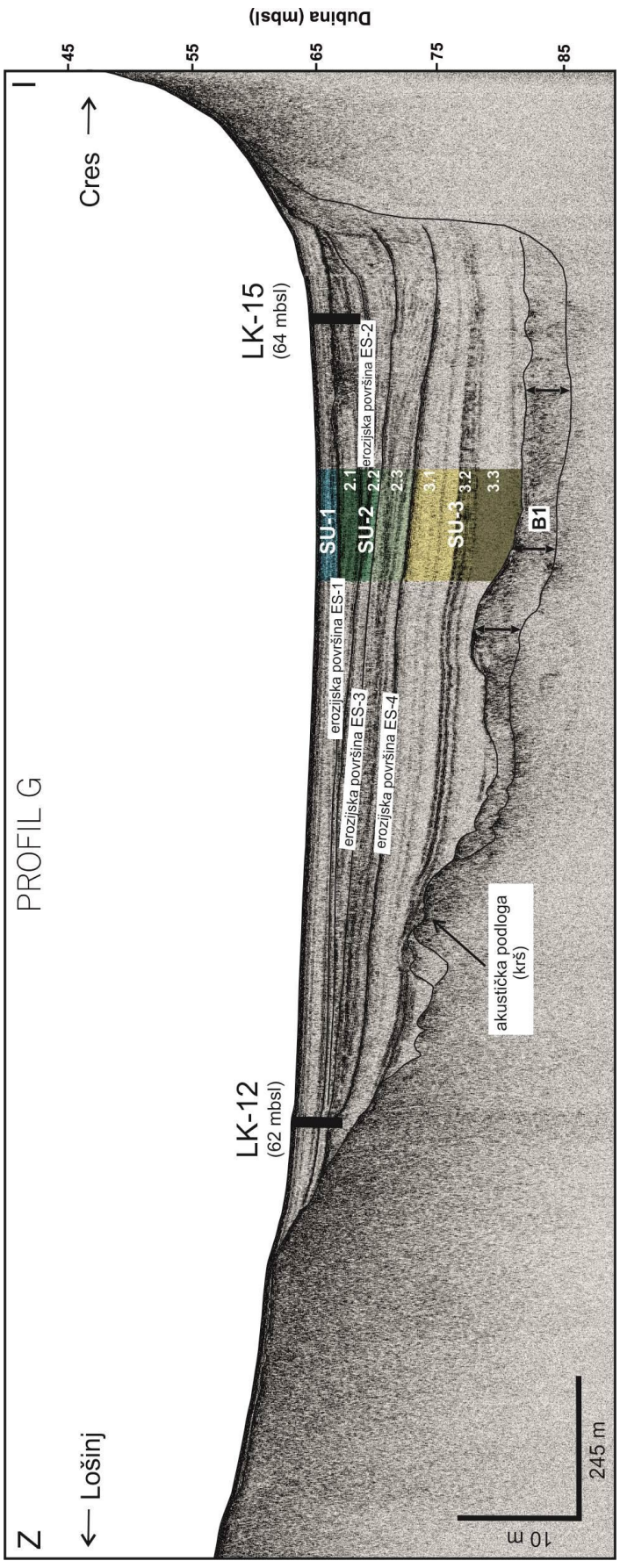
Erozijska površina ES-5 u obliku reflektora srednje amplitude razdvaja jedinice SU-4 i SU-5. Do razvoja kanalnog sustava došlo je prvenstveno uz istočni dio istraživanog prostora, paralelno s otokom Cresom. Sedimenti akustički polu-prozirne seizmičke jedinice SU-4 ispunjavaju kanal (Slika 26-31). Seizmičku jedinicu SU-5 obilježavaju sub-paralelni reflektori srednje amplitude tipični za

jezersku sedimentaciju (Slika 26-31). Seizmička jedinica SU-7 gradi podinu prethodno opisanih jedinica, te njena donja granica nije utvrđena zbog slabog prodiranja akustičnog signala. Polu-prozirna akustička obilježja jedinice s nekoliko reflektora slabe amplitude ukazuju na uspostavu morske sedimentacije na istraživanom prostoru u vrijeme taloženja navedene jedinice (Slika 26-31).

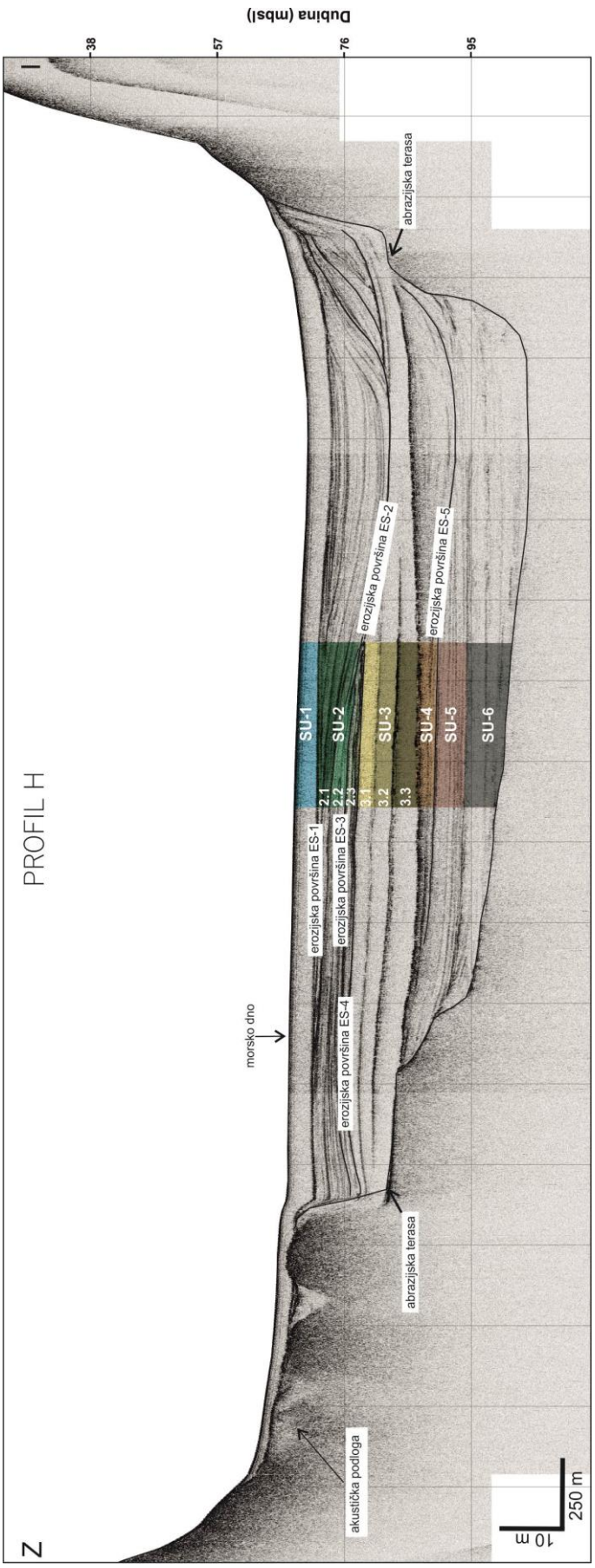
Karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) prisutne na otocima Cresu i Lošinju grade akustičku podlogu na svim profilima, izuzevši profile H-Q iz najdubljih dijelova Lošinjskoga kanala gdje je prodiranje primjenjene geofizičke opreme omogućio uvid isključivo u gornjih oko 54 m sedimentnog pokrova (Slika 26-31). U tom dijelu istraživanog prostora debljina sedimenata je znatno veća, te podinu sedimenata također grade karbonatne stijene samo na znatno većim dubinama, kao što je vidljivo na profilu duboke seizmike (Slika 19). Na profilima iz središnjeg dijela kanala također se može izdvojiti amorfan akustički facijes (B-1) koji je dokaz postojanja okršene karbonate podine (paleoepikarst) (profil G, Slika 25).

Prepoznate su i abrazijske terase na različitim dubinama ispod površine morskog dna duž istočne i zapadne strane bazena. Abrazijske terase nastale su u karbonatnim stijenama (Slika 26-28, 30). Nadalje, na profilu Q označen je prag koji je podmorski produžetak otoka Cresa i koji razdvaja Lošinjski kanal od prostora Kvarnerića. Lošinjski kanal i Kvarnerić, kao prirodne depresije podobne su za akumulaciju sedimenata, dok na pragu koji ih razdvaja sedimenti nedostaju (Slika 31).

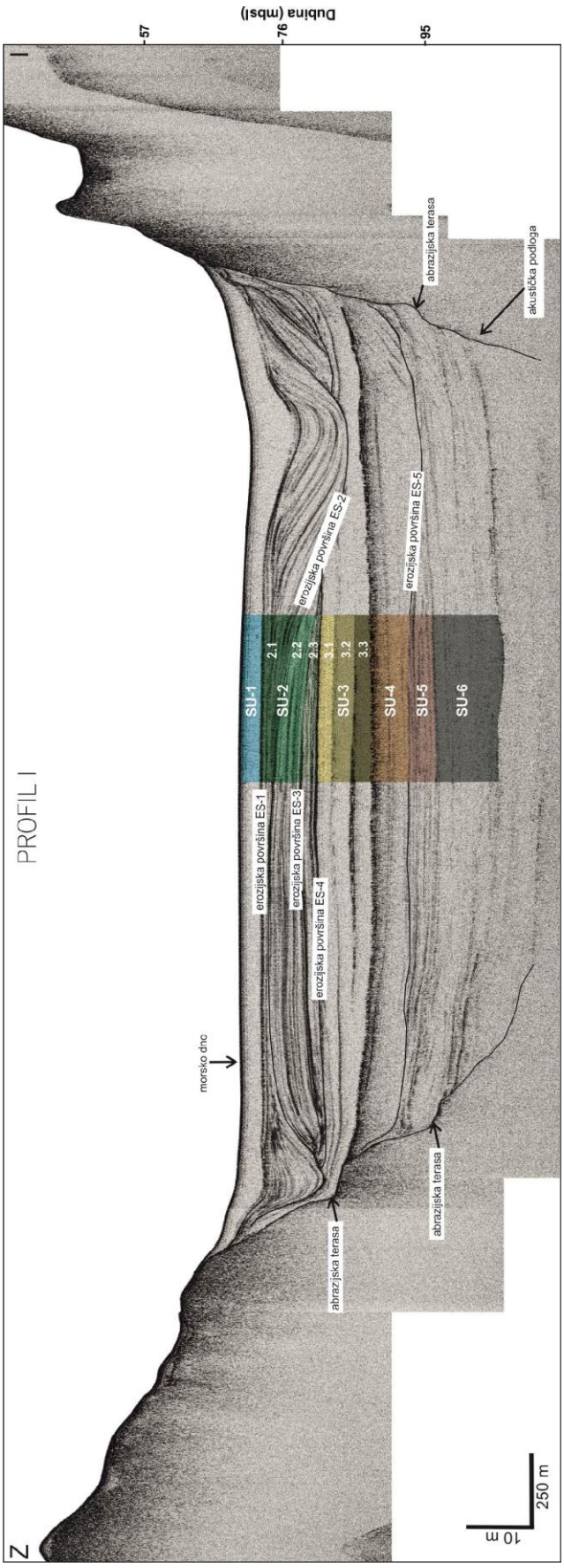
Seizmički profili iz južnog dijela Lošinjskoga kanala (Profil R-S) (Slika 32) ukazuju na taloženje morskih sedimenata koji se mogu pripisati polu-prozirnoj jedinici SU-1. Akustičku podlogu jedinice također grade karbonatne stijene, kroz koje akustički signal ne prodire (Slika 32). Na profilima je vidljivo da na određenim dijelovima morskog dna sediment nedostaje, te su na morskom dnu izložene karbonatne stijene (Slika 32), slično kao na profilima iz sjevernog dijela kanala.



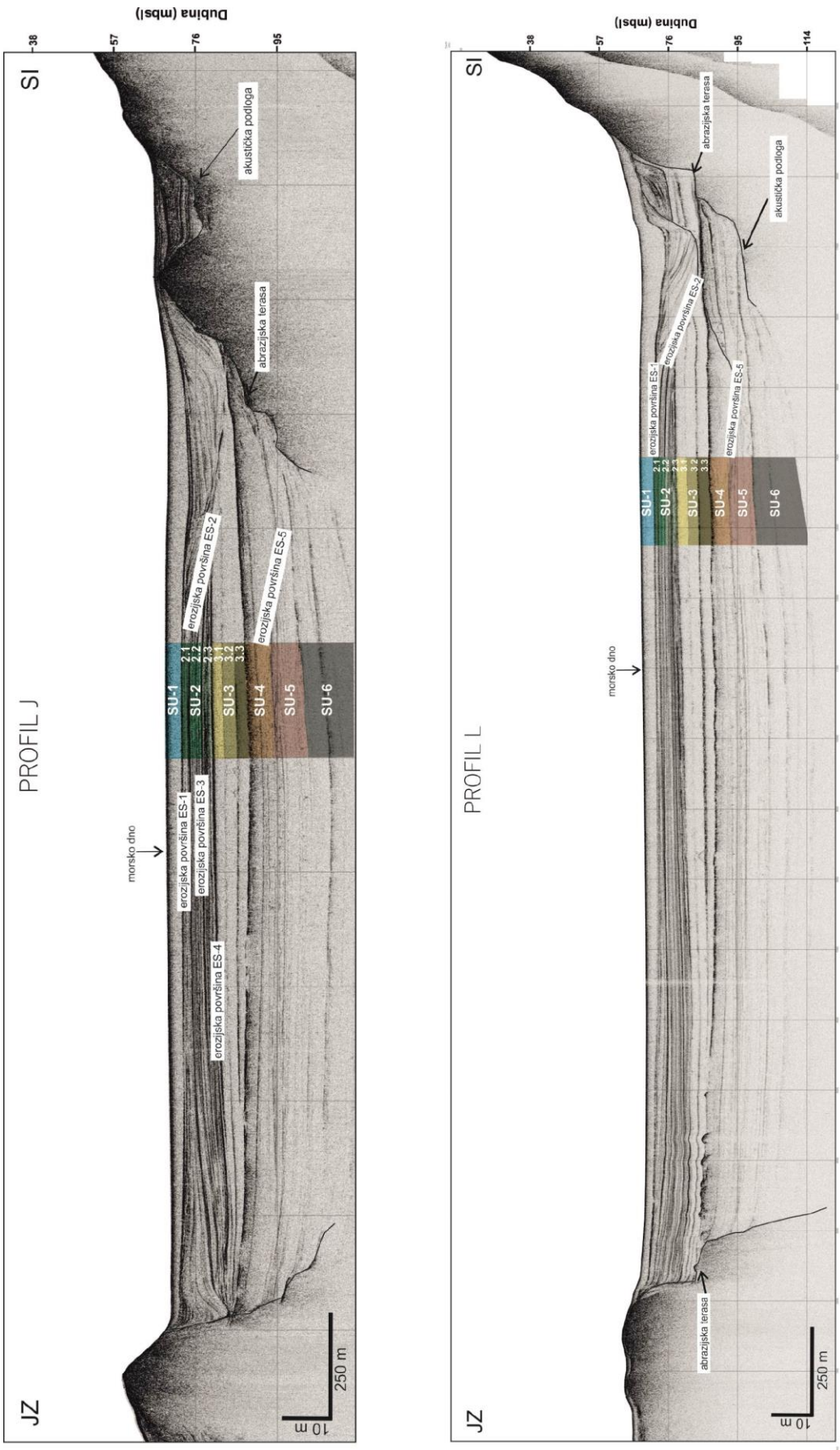
Slika 25: Seizmički profil G visoke rezolucije.



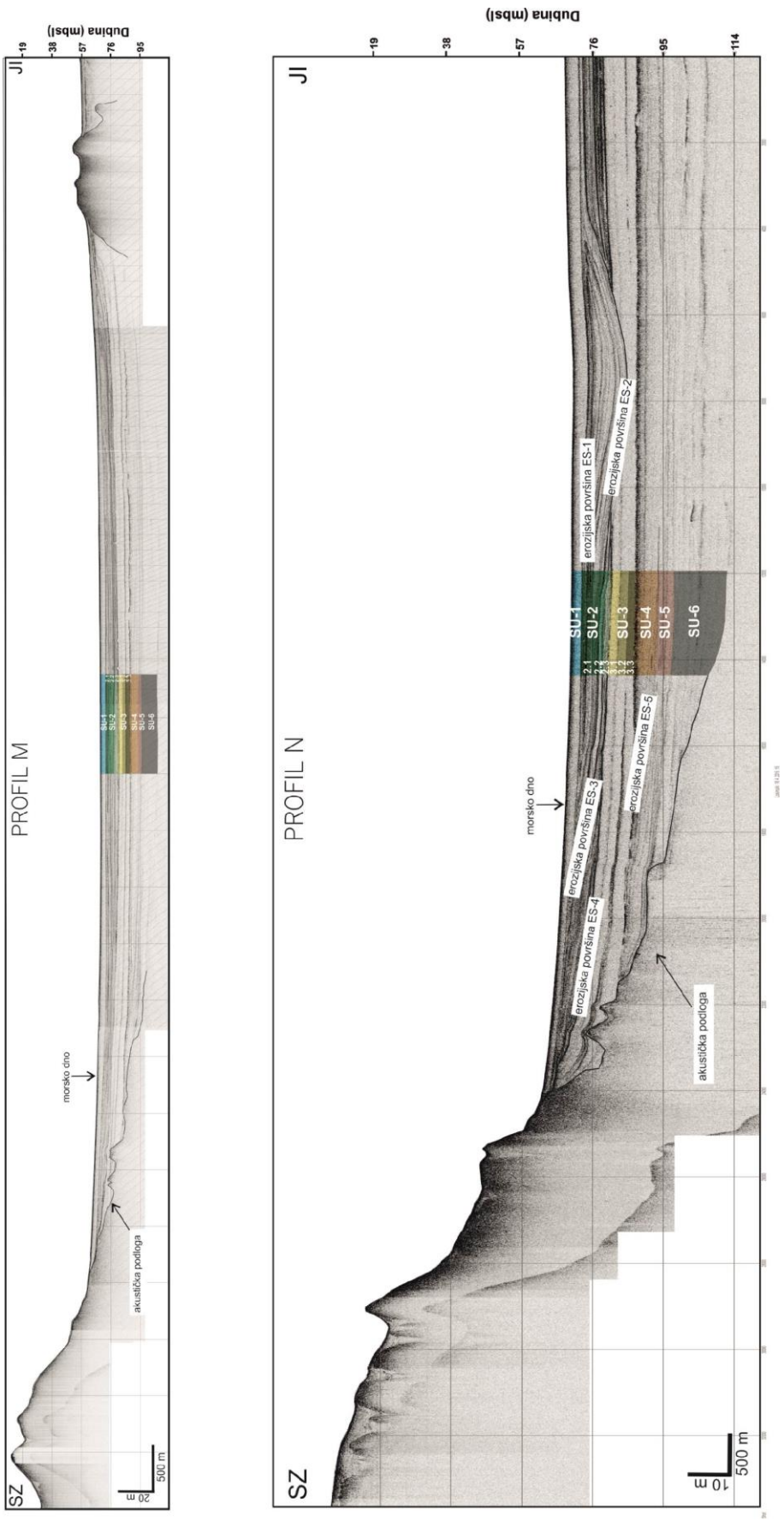
Slika 26: Seizmički profil H visoke rezolucije.



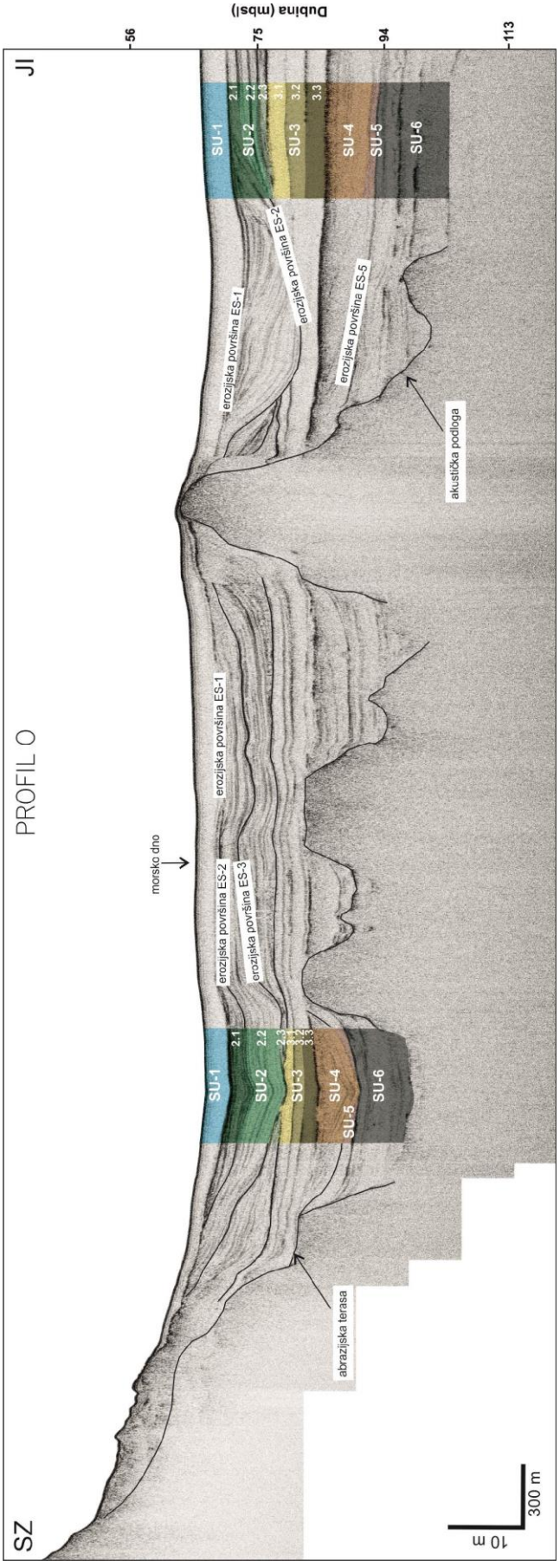
Slika 27: Seizmički profil I visoke rezolucije.



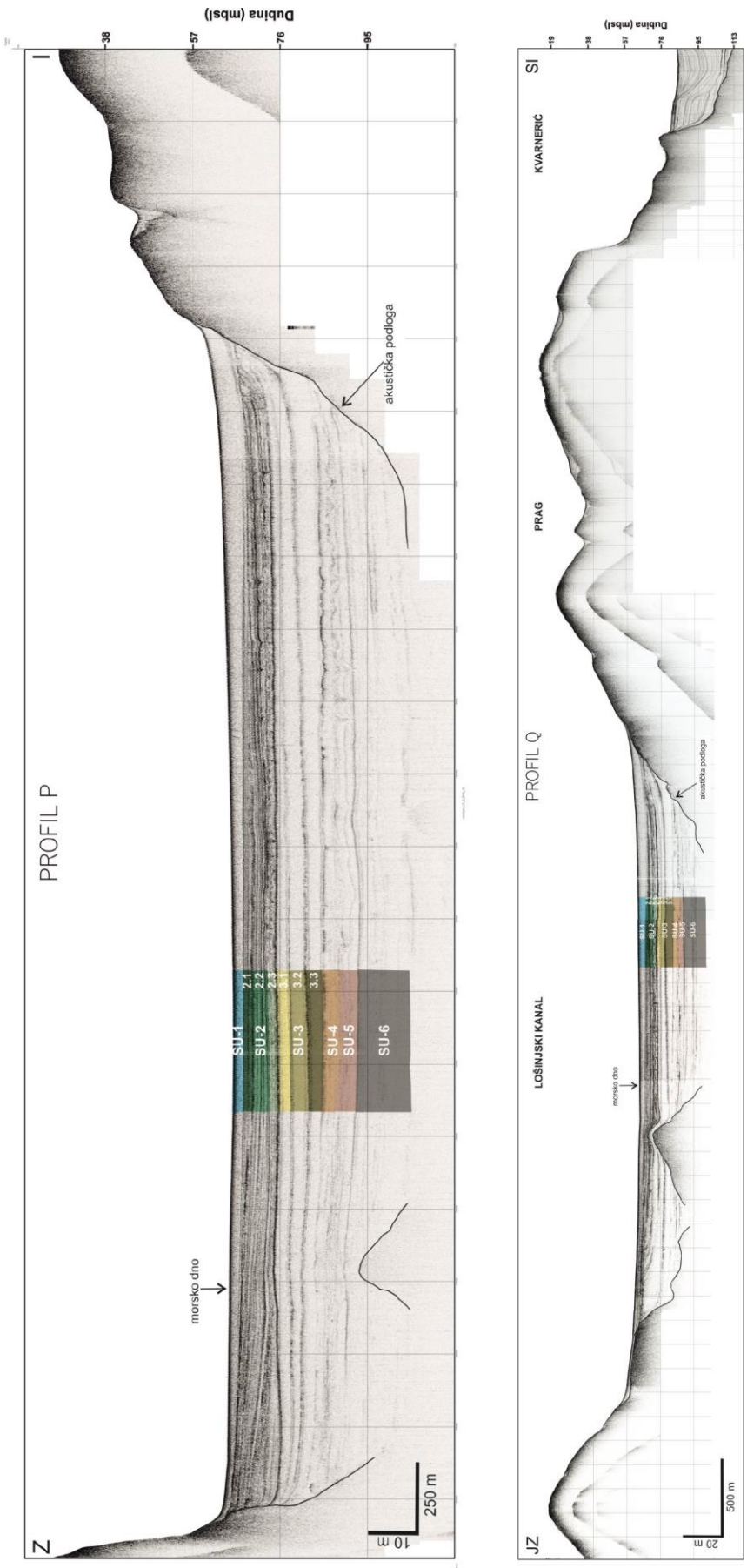
Slika 28: Seizmički profili J i L visoke rezolucije.



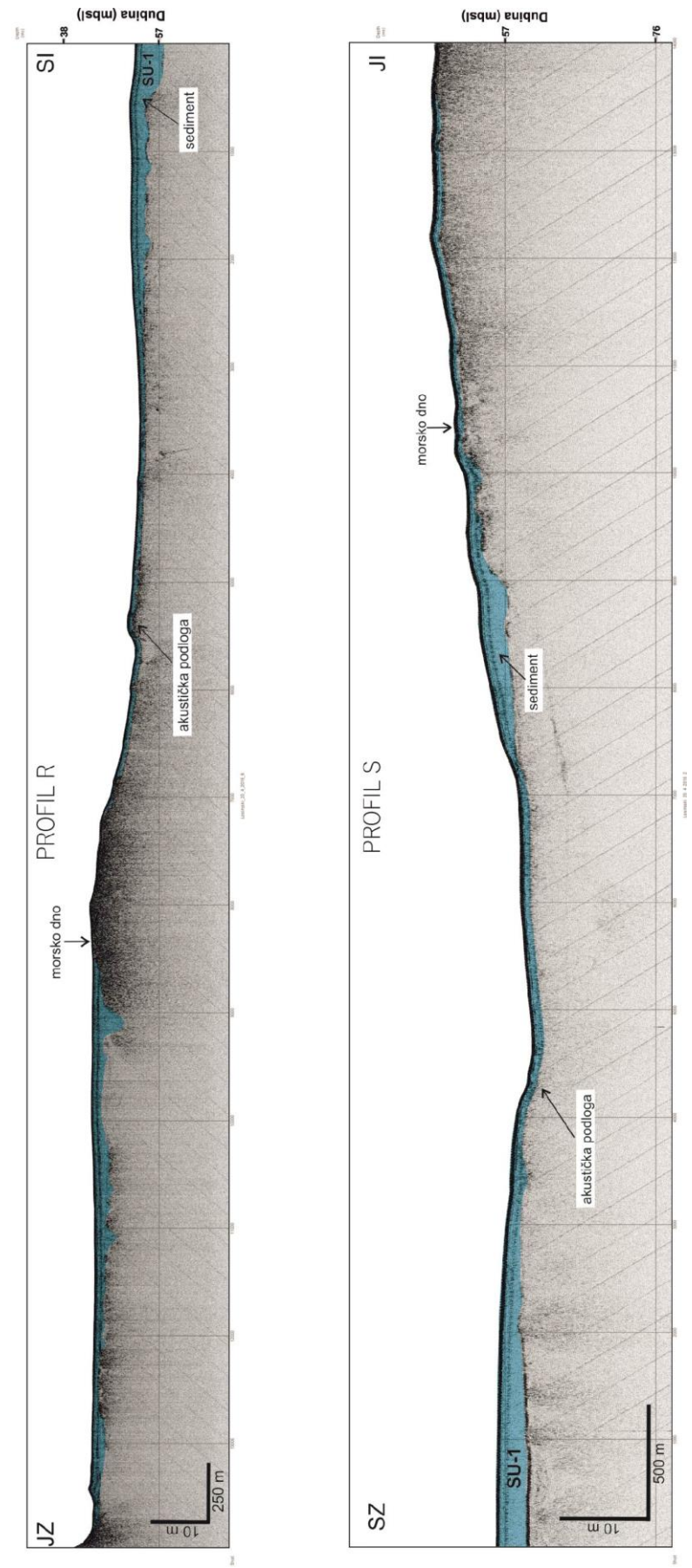
Slika 29: Seizmički profili M i N visoke rezolucije.



Slika 30: Seizmički profil O visoke rezolucije.



Slika 31: Seizički profili P i Q visoke rezolucije.



Slika 32 Seizmički profili R i S visoke rezolucije.

5.2 Rezultati analiza jezgara sedimenata i podjela na sedimentološke jedinice

Jezgre sedimenata izbušene na prostoru Lošinjskoga kanala i otoka Cresa analizirane su tzv. „multi-proxy“ pristupom upotrebom više metoda opisanih u prethodnom poglavlju. Posredni pokazatelji ukazuju na okolišne čimbenike koji se mijenjaju tijekom vremena i variraju s dubinom u jezgrama sedimenata. Generalna varijabilnost u litologiji, magnetskom susceptibilitetu, distribuciji veličina čestica, geokemijskom i mineraloškom sastavu, te paleontološkom sadržaju omogućila je podjelu jezgara na sedimentološke jedinice (LU).

U jezgri sedimenata LK-2 prepoznate su dvije glavne jedinice:

1. Jedinica LU-2-1: 0-60 cm (danas-711 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
2. Jedinica LU-2-2: 60-150 cm (>711 kalendarskih godina prije sadašnjosti)

Jezgra sedimenata LK-3 podijeljena je na četiri jedinice:

1. Jedinica LU-3-1: 0-50 cm (danas-757 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
2. Jedinica LU-3-2: 50-260 cm (757-6400 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
   2.1 Podjedinica LU-3-2a: 50-215 cm (757-5 400 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
   2.2 Podjedinica LU-3-2b: 215-260 cm (5 400-6 400 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
3. Jedinica LU-3-3: 260-330 cm (6 400-8 000 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
4. Jedinica LU-3-4: 330-371 cm (>8 000 kalendarskih godina prije sadašnjosti)

U jezgri sedimenata LK-12 prepoznate su četiri jedinice:

1. Jedinica LU-12-1: 0-204 cm (danas-10 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
2. Jedinica LU-12-2: 204-240 cm (10 500-13 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
   2.1 Podjedinica LU-12-2a: 204-226 cm (10 500-13 600 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
   2.2 Podjedinica LU-12-2b: 226-240 cm (13 600-13 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
3. Jedinica LU-12-3: 240-329 cm (44 700-46 200 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
4. Jedinica LU-12-4: 329-422 cm (>46 200 kalendarskih godina prije sadašnjosti)

Ukupno četiri jedinice mogu se razlikovati u jezgri LK-13:

1. Jedinica LU-13-1: 0-71 cm (danas-6 600 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
2. Jedinica LU-13-2: 71-346 cm (6 600-7 900 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
3. Jedinica LU-13-3: 346-470 cm (7 900-8 400 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
4. Jedinica LU-13-4: 470-554 cm (>8 400 kalendarskih godina prije sadašnjosti)

Jezgra sedimenata LK-15 podijeljena je u tri jedinice:

1. Jedinica LU-15-1: 0-85 cm (danas-9 600 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
2. Jedinica LU-15-2: 85-135 cm (9 600-10 300 kalendarskih godina prije sadašnjosti)
3. Jedinica LU-15-3: 135-480 cm (>10 300 kalendarskih godina prije sadašnjosti)

Osnovna fizička, sedimentološka, geokemijska, mineraloška i paleontološka obilježja navedenih jezgara i pripadajućih jedinica prikazana su i opisana u daljnjem tekstu.

5.2.1 Rezultati datiranja metodom radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C)

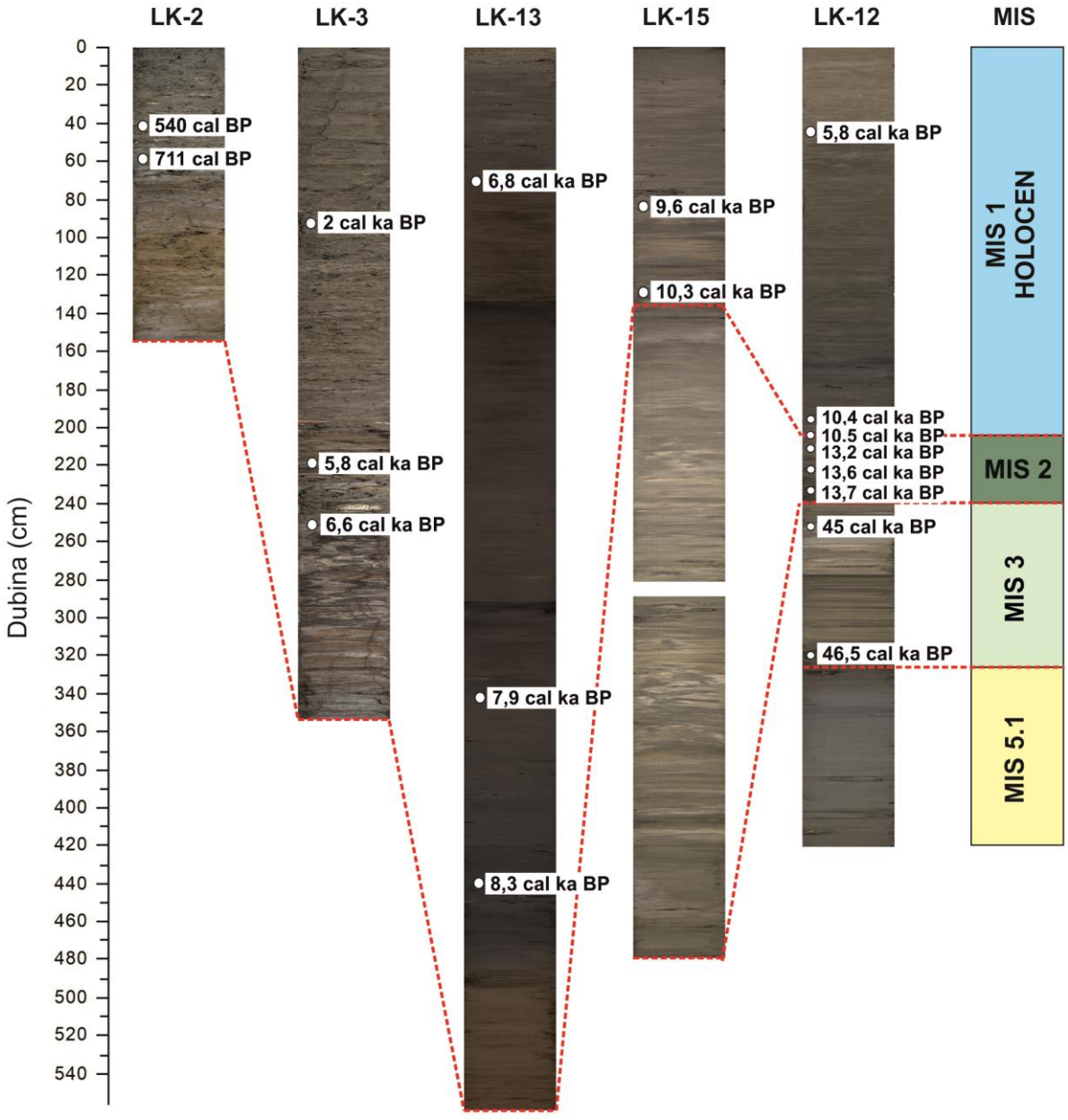
Rezultati datiranja metodom radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C) na ukupno 20 ostataka mekušaca ukazali su da jezgre sedimenata obuhvaćaju vremenski period od >46 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti do danas (Slika 33). Ukupno je 14 uzoraka pokazalo holocensku starost (MIS 1), te 5 uzoraka kasno pleistocensku starost (MIS 2 i MIS 3). Od toga su 3 uzorka pokazala MIS 2 starost, a 2 uzorka MIS 3 starost. U Tablici 4 dani su rezultati datiranja na jezgrama sedimenata LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15. Odredba starosti je napravljena isključivo na ljušturama školjkaša i kućicama puževa u nedostatku dovoljne količine biljnog materijala u analiziranim jezgrama pogodnog za odredbu starosti ovom metodom. Omjeri stabilnih izotopa ugljika (δ^{13}C) u svim analiziranim uzorcima su u rasponu od -2,9‰ do 5,4‰ (Tablica 4).

Analizom 6 uzoraka iz jezgara sedimenata LK-2 i LK-3 utvrđena je holocenska starost istaloženih sedimenata na područjima gdje su navedene jezgre izbušene. Sedimenti obuhvaćaju >711 kalendarskih godina prije sadašnjosti u jezgri LK-2 i >6 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti u jezgri LK-3 (Tablica 4). Nadalje, u jezgri sedimenata LK-3 na dubini od 354 cm dobiveni datum je mlađi u odnosu na datume s dubina od 252 cm i 217 cm. Zbog činjenice da su rezultati na 217 cm i 252 cm dobiveni analizom pojedinačnih ljuštura školjkaša, a rezultat s dubine od 354 cm na ostacima školjkaša i puževa, rezultati s dubina od 217 cm i 252 cm se smatraju pouzdanijima. Iz tog razloga starost s dubine od 354 cm nije dalje razmatrana. Rezultati odredbe starosti na tri uzoraka mekušaca iz jezgre sedimenata LK-13 također su pokazali holocensku starost, te obuhvaćaju vremenski interval od >8 300 kalendarskih godina prije sadašnjosti do danas (Tablica 4).

Ukupno je datirano 8 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12. Dobiveni rezultati ukazali su na raspon starosti jezgre od kasnog pleistocena do holocena (MIS 3-danas) (Tablica 4). ^{14}C analiza na mekušcima iz donjeg dijela jezgre, na dubinama od 259 cm i 329 cm, dala je starost od oko 45 000 i 46 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti, na samoj granici metode radioaktivnog ugljika (Tablica 4). Prekid u sedimentaciji prepoznat je u rezultatima datiranja na dubini od 239-240 cm. Dva datuma koja su prikupljena u preklapajućim segmentima jezgre LK-12 veoma su slične starosti (10 400 i 10

500 kalendarskih godina prije sadašnjosti), što je omogućilo konstrukciju kompozitnog profila jezgre LK-12.

Kronologija jezgre sedimenata LK-15 mnogo je lošija u odnosu na jezgru LK-12, s dva analizirana uzorka holocenske starosti (9 600 i 10 300 kalendarskih godina prije sadašnjosti) (Tablica 4). Treći uzorak koji je datiran dao je starost >43 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti. Međutim, vjerojatno je da je ovaj uzorak pretaložen s obzirom na njegovu lošu očuvanost. Datiranje je provedeno na loše očuvanoj kućici puža u nedostatku materijala pogodnog za datiranje u donjem dijelu jezgre.

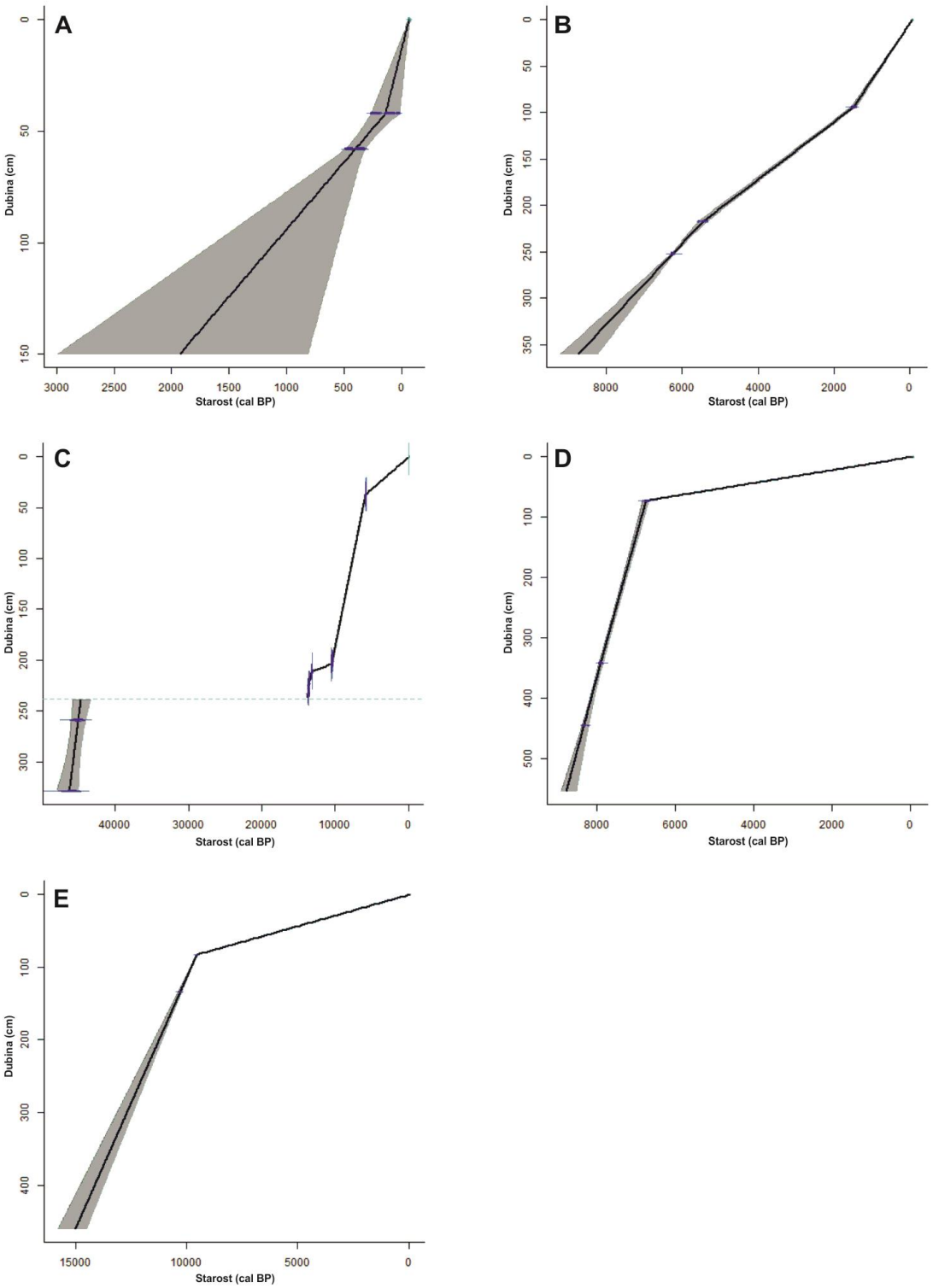


Slika 33: Prikaz jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala s rezultatima datiranja.

Tablica 4: Rezultati datiranja uzoraka iz jezgara sedimenata s prostora Lošinjskog kanala metodom radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C).

Jezgra	Dubina (cm)	Laboratorijski broj	Tip materijala	$\delta^{13}C$ (‰)	Konvencionalna radiokarbonska starost (^{14}C BP)	Vjerojatnost (%)	Kalendarske godine prije sadašnjosti (cal BP)
LK-2	42	Beta - 387747	ljuštura školjkaša	+0.5	1000 ± 30	50	506-571
						44.7	580-651
LK-2	58	Beta - 387748	ljuštura školjkaša	-1.4	1200 ± 30	88	641-782
						6.9	564-590
LK-3	94	Beta - 387749	kućica puža	+2.2	2510 ± 30	95	1892-2148
LK-3	217	Beta - 387750	ljuštura školjkaša	-1.8	5550 ± 30	95	5713-5940
LK-3	252	Beta - 387751	ljuštura školjkaša	-2.9	6260 ± 30	95	6483-6737
LK-3	354	Beta - 387752	ljuštura školjkaša i kućica puža	+1.4	4000 ± 30	95	3693-3976
LK-12	37	Beta - 475881	kućica puža	+3.0	5550 ± 30	95	5725-5909
LK-12	201	Beta - 475882	ljuštura školjkaša	+0.8	9680 ± 30	95	10272-10486
LK-12	204	Beta - 459905	kućica puža	+2.0	9750±30	95	10411-10572
LK-12	211	Beta - 459907	kućice puževa	+0.1	11750± 30	95	13079-13225
LK-12	223	Beta - 468184	kućice puževa	-0.6	12210±40	95	13469-13689
LK-12	233	Beta - 475880	kućice puževa	-1.6	12310±40	95	13577-13758
LK-12	259	Beta - 468185	kućice puževa	+2.8	42110±630	95	44040-45980
LK-12	329	Beta - 459906	kućice puževa	0.0	43050±830	95	45032-47982
LK-13	73	Beta - 459908	kućice puževa	+2.1	6380 ± 30	95	6641-6889
LK-13	342	Beta - 459909	ljuštura školjkaša	+1.4	7530 ± 30	95	7793-7997
LK-13	445	Beta - 459910	kućice puževa	+1.1	7960 ± 30	95	8199-8399
LK-15	83	Beta - 468186	ljuštura školjkaša	+1.8	9040 ± 30	95	9484-9672
LK-15	134	Beta - 468187	kućica puža	+3.0	9590 ± 30	92.7	10205-10429
LK-15	392	Beta - 468188	kućice puževa	+5.4	>43500	-	-

Linearna interpolacija je korištena za izradu modela dubina-starost za jezgre sedimenata LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15 (Slika 34). To je omogućilo izračun brzina sedimentacije u računalnom programu *Clam* (Blaauw, 2010).



Slika 34: Model dubina-starost za jezgre sedimenata: A) LK-2, B) LK-3, C) LK-12, D) LK-13, E) LK-15. Rezultati datiranja metodom radioaktivnog ugljika (AMS ^{14}C) linearno su interpolirani s primjenjenom korekcijom na rezervoar efekt. Plave oznake na slici označavaju dobivene rezultate datiranja. Sivo osjenčano područje označava raspon vjerojatnosti rezultata.

U jezgri sedimenata LK-2 brzina sedimentacije u rasponu je od 0,06 cm/god do 0,21 cm/god. U gornjem dijelu jezgre (0-42 cm; jedinica LU-2-1) sediment se najbrže taložio, dok u donjem dijelu jezgre (42-150 cm; jedinica LU-2-2) nedostatak datiranih uzoraka onemogućuje procjenu brzine sedimentacije (Slika 34).

Brzina sedimentacije u jezgri LK-3 manje je varijabilna, te iznosi od 0,03 cm/god do 0,06 cm/god. Najveća brzina izračunata je u gornjem dijelu jezgre (0-93 cm; jedinica LU-3-1). U donjem dijelu jezgre (94-371 cm; jedinice LU-3-2, LU-3-3, LU-3-4) sediment je taložen manjom brzinom (Slika 34).

Kronologija jezgre sedimenata LK-12 detaljno je utvrđena (Slika 33). Iz dobivenog modela dubina-starost za jezgru LK-12 izračunata je brzina sedimentacije u rasponu od 0,003-0,084 cm/god. Brzina sedimentacije u donjem dijelu jezgre (223-422 cm; jedinice LU-12-3 i LU-12-4) je veća (0,058-0,084 cm/god) u odnosu na gornji dio jezgre (0,003-0,036 cm/god) (0-223 cm; jedinice LU-12-1 i LU-12-2) (Slika 34).

Model dubina-starost jezgre sedimenata LK-13 ukazuje na manju brzinu sedimentacije u gornjem dijelu jezgre (0,0107 cm/god) (jedinica LU-13-1), u odnosu na donji dio jezgre (0,23-0,24 cm/god) (jedinice LU-13-2, LU-13-3 i LU-13-4). Dobivene brzine sedimentacije u jezgri LK-13 su visoke i u usporedbi s drugim jezgrama (Slika 34).

U jezgri sedimenata LK-15 brzina sedimentacije je u rasponu od 0,009 cm/god (0-82 cm; jedinica LU-15-1) do 0,069 cm/god (83-460 cm; jedinice LU-15-2 i LU-15-3) (Slika 34). Važno je naglasiti da je nedostatak materijala pogodnog za datiranje u donjem dijelu jezgre LK-15 onemogućio stvaranje pouzdanijeg i točnijeg modela dubina-starost i izračuna brzina sedimentacije. Iz tog razloga dobiveni model dubina-starost treba se razmatrati s oprezom.

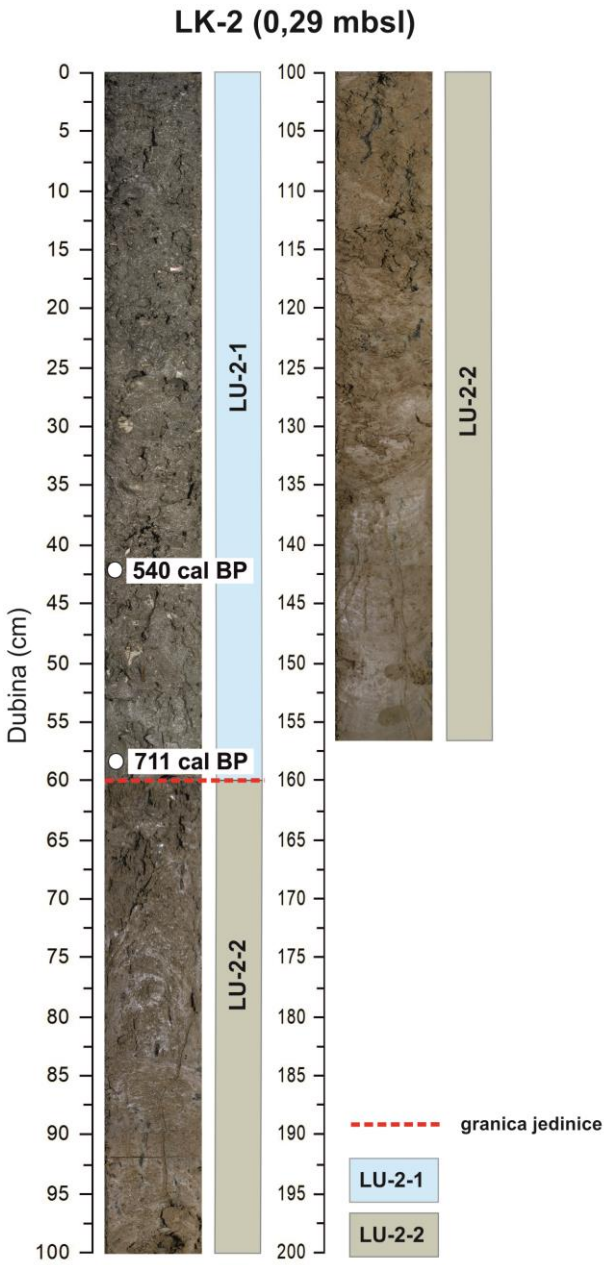
Rezultati datiranja materijala iz jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15 pokazali su da svaka jezgra sadrži kvartarni zapis različite rezolucije. Jezgre sedimenata LK-2, LK-3 i LK-13 sadrže zapis holocenskih paleookolišnih promjena visoke rezolucije, dok jezgre sedimenata LK-12 i LK-15 obuhvaćaju znatno duži kvartarni zapis (Slika 33).

5.2.2 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-2

Jezgra sedimenata LK-2, dužine 150 cm, izbušena je u uvali Jaz na dubini mora od 0,29 m.

5.2.2.1 Opis jezgre sedimenata

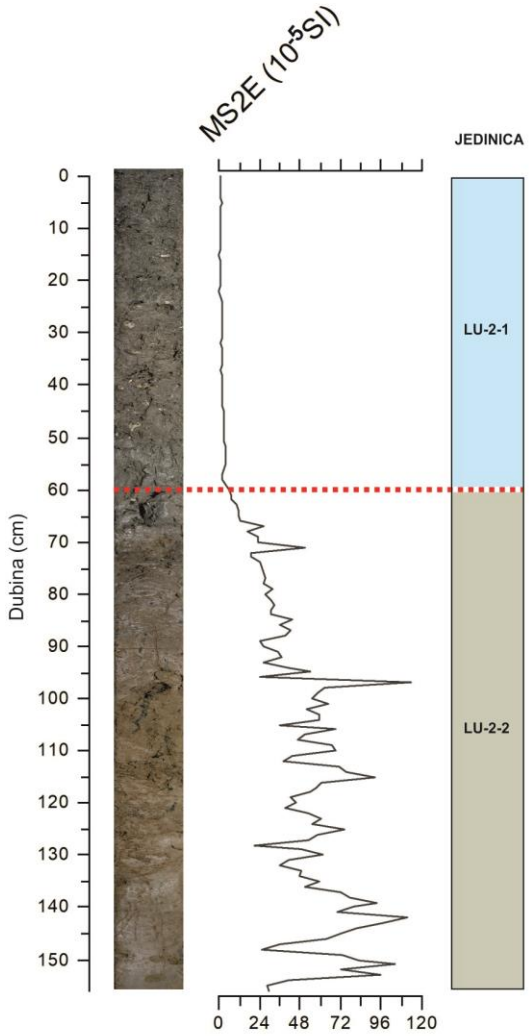
U gornjem dijelu jezgre (0-60 cm, jedinica LU-2-1) sediment je tamno smeđe-sive boje (Slika 35). Brojni su fosilni ostaci mekušaca (školjkaša i gastropoda; npr. *Cerithium* sp.), a ima i ostataka biljnog trunja. Donji dio jezgre (jedinica LU-2-2) je smeđe do narančaste boje (Slika 35). U sedimentu su prisutni fragmenti pougljenjenih biljaka.



Slika 35: Prikaz jezgre sedimenata LK-2 i izdvojenih sedimentoloških jedinica.

5.2.2.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) u jezgri sedimenata LK-2 u rasponu je od 0,3-113,7 x 10^{-5} SI. U gornjem dijelu jezgre (jedinica LU-2-1) MS je nizak i u rasponu od 0,3 x 10^{-5} SI do 4,7 x 10^{-5} SI (Slika 36, Tablica 5). Susceptibilitet blago raste u sedimentu od gornjeg dijela jedinice LU-2-1 prema njenom dnu (Slika 36). Nagli porast MS u sedimentu uočava se pri prijelazu iz jedinice LU-2-1 u jedinicu LU-2-2. U sedimentima potonje jedinice MS je u rasponu od 6,3-113,7 x 10^{-5} SI, s maksimumom na dubini od 97 cm i generalnim porastom susceptibiliteta prema dnu jezgre (Slika 36, Tablica 5).



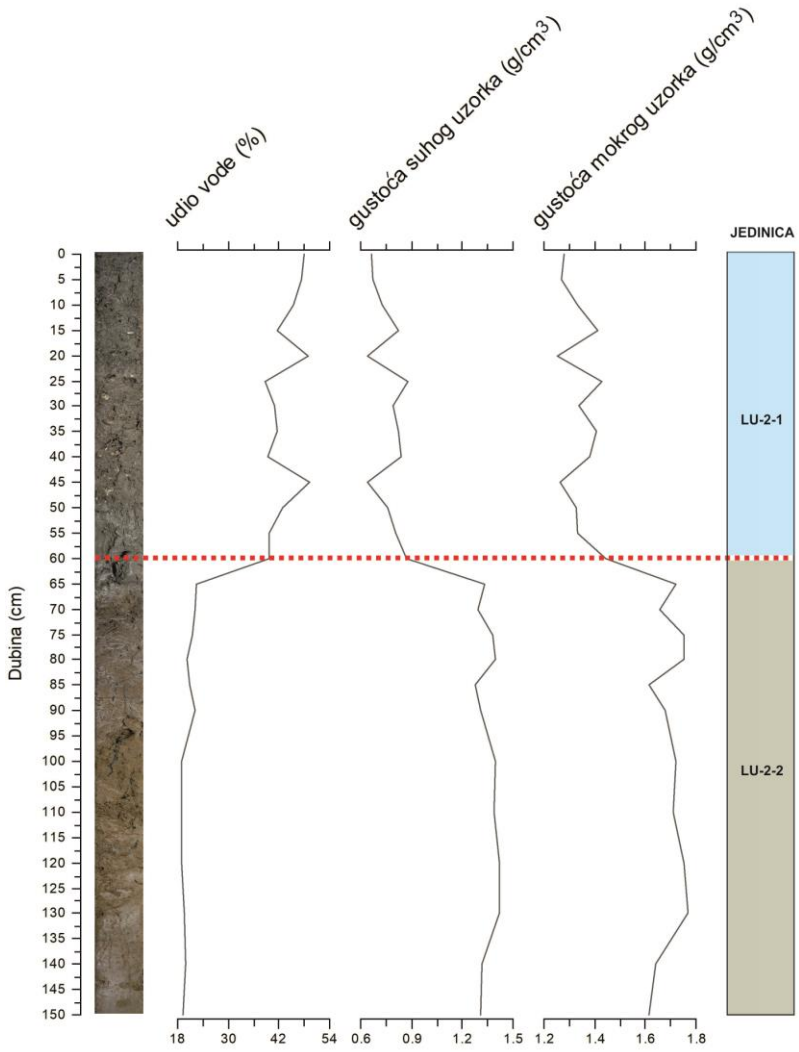
Slika 36: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

Tablica 5: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2.

		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	1,98	48,02	30,42
	Standardna devijacija	1,00	24,35	29,48
	Min	0,30	6,30	0,30
	Max	4,70	113,70	113,70

5.2.2.3 Rezultati odredbe udjela vode i gustoće suhog i mokrog uzorka

Udio vode, te gustoća suhog i mokrog uzorka određeni su na ukupno 25 uzoraka iz jezgre LK-2. Rezultati analize prikazani su grafički (Slika 37), te tablično (Prilog 1). U Tablici 6 navedeni su osnovni statistički parametri udjela vode, te gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz izdvojenih jedinica.



Slika 37: Prikaz varijacija u udjelu vode, gustoći suhog i mokrog uzorka s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

Udio vode u svim analiziranim uzorcima iz jezgre sedimenata LK-2 varira od 19-49%. Veći udio određen je u sedimentima iz jedinice LU-2-1 (39-49%), dok se u sedimentima iz jedinice LU-2-2 udio znatno smanjuje (19-22%) (Slika 37, Tablica 6).

Gustoća mokrog uzorka u jezgri LK-2 u rasponu je od 1,26-1,77 g/cm^3. U sedimentima iz jedinice LU-2-1 gustoća varira između 1,26-1,44 g/cm^3, a u sedimentima iz jedinice LU-2-2 gustoća je veća te u rasponu od 1,62-1,77 g/cm^3 (Slika 37, Tablica 6).

Gustoća suhog uzorka varira od 0,64-1,42 g/cm^3. U sedimentima iz jedinice LU-2-1 u rasponu je od 0,64-0,88 g/cm^3, dok se u sedimentima iz jedinice LU-2-2 gustoća suhog uzorka povećava te je u rasponu od 1,28-1,42 g/cm^3 (Slika 37, Tablica 6).

Tablica 6: Osnovni statistički parametri udjela vode, gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2.

		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
UDIO VODE (%)	Srednja vrijednost	43,34	20,39	32,32
	Standardna devijacija	3,92	1,37	12,07
	Min	38,59	18,86	18,86
	Max	49,37	22,46	49,37
GUSTOĆA MOKROG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	1,34	1,70	1,51
	Standardna devijacija	0,07	0,06	0,19
	Min	1,26	1,62	1,26
	Max	1,44	1,77	1,77
GUSTOĆA SUHOG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	0,76	1,35	1,05
	Standardna devijacija	0,09	0,05	0,31
	Min	0,64	1,28	0,64
	Max	0,88	1,42	1,42

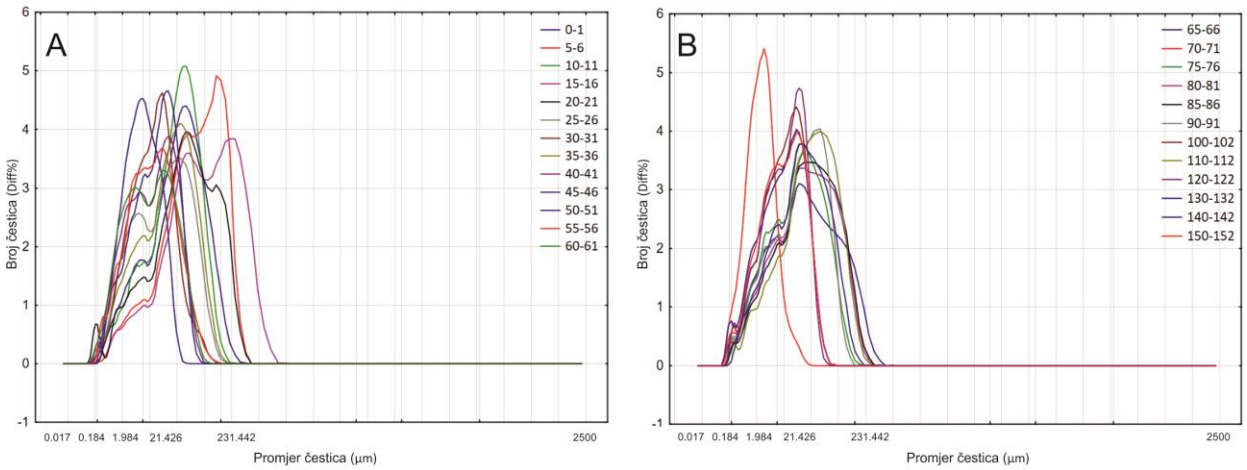
5.2.2.4 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

Rezultati granulometrijskih analiza na 25 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-2 prikazani su grafički na Slici 38 i 39, te tablično u Prilogu 2. U Tablici 7 prikazani su osnovni statistički parametri izračunati na temelju dobivenih granulometrijskih rezultata. Veličina čestica određena je u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti, jer prilikom pripreme uzoraka za analizu nisu uklonjeni karbonati.

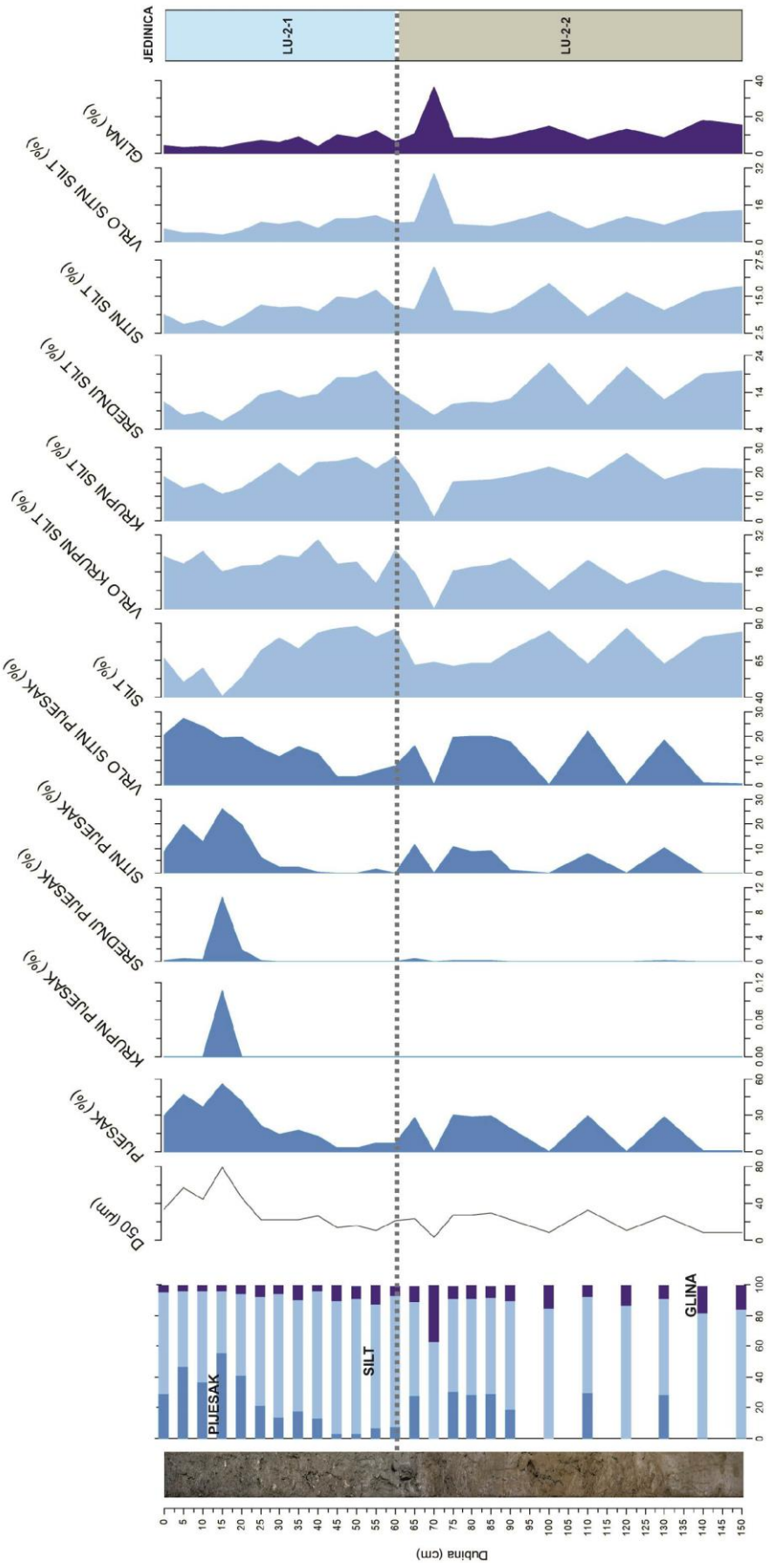
Udio čestica veličine pijeska u jezgri sedimenata LK-2 u rasponu je od 0-56%, silt je zastupljen u udjelu od 41-88%, dok je udio čestica veličine glina u rasponu od 3-36%. U frakciji pijeska najveći je udio čestica veličine vrlo sitnog (do 27%) i sitnog pijeska (do 26%). Podjednaka je maksimalna zastupljenost vrlo krupnog (do 30%), krupnog (do 28%), srednjeg (do 22%), sitnog (do 25%) i vrlo sitnog silta (do 29%), u ovisnosti o različitim intervalima jezgre (Tablica 7). Uzduž jezgre sedimenata LK-2 uočava se generalni trend smanjenja veličine čestica s dubinom (Slika 39), što se očituje i u izračunatim statističkim parametrima uzoraka iz jedinica LU-2-1 i LU-2-2 (Tablica 7). Srednja veličina čestica u jezgri LK-2 je u rasponu od 2,72-78,93 μm (Slika 39), te su svi analizirani uzorci loše sortirani (Prilog 2). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 38).

Uzorci iz jedinice LU-2-1 sadrže visoki udio frakcije pijeska (3-56%), dominantno čestica veličine sitnog (0-26%) i vrlo sitnog pijeska (3-27%) (Tablica 7). Najviši udio pijeska određen je u uzorcima iz gornjeg dijela jedinice LU-2-1 (Slika 39). S porastom dubine u jedinici LU-2-1 u sedimentima se povećava udio čestica veličine silta (41-88%) (Tablica 7). U uzorcima iz jedinice LU-2-1 u frakciji silta prevladavaju čestice veličine vrlo krupnog silta (11-30%), prije svega u gornjem dijelu jezgre. Porastom dubine dolazi do dominantnog taloženja čestica veličine krupnog, srednjeg, sitnog i vrlo sitnog silta (Slika 39). Udio čestica veličine glina varira od 3-12% i također raste s dubinom (Slika 39, Tablica 7). Analizirani uzorci imaju srednju veličinu čestica u rasponu od 10,98-78,94 µm (Slika 39).

U sedimentima iz jedinice LU-2-2 udio pijeska je manji (0-30%), udio silta je sličan (61-87%), dok je udio čestica veličine glina (7-36%) značajno veći (Tablica 7, Slika 39). Dominira vrlo sitan pijesak (do 22%), dok je udio različitih frakcija silta veoma varijabilan u ovisnosti o analiziranim uzorcima (Slika 39). Srednja veličina čestica u uzorcima iz jedinice LU-2-2 je u rasponu od 2,73-32,62 µm (Slika 39).



Slika 38: Krivulje distribucije veličine čestica u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre sedimenata LK-2. A) LU-2-1, B) LU-2-2.



Slika 39: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti jezgre sedimenata LK-2.

Tablica 7: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2.

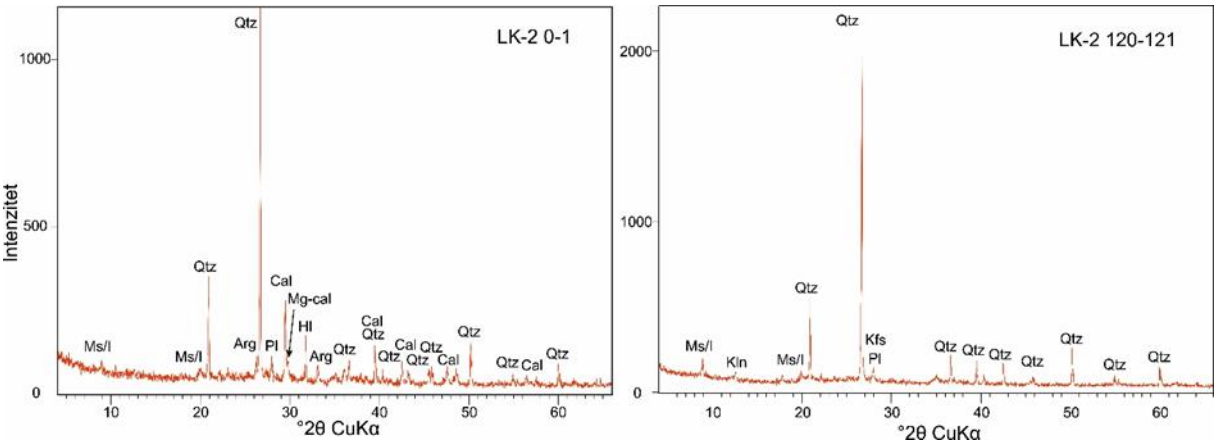
		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	22,95	16,25	19,73
	Standardna devijacija	17,57	14,41	16,16
	Min	3,25	0,00	0,00
	Max	55,76	30,22	55,76
KRUPNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,01	0,00	0,00
	Standardna devijacija	0,03	0,00	0,02
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	0,11	0,00	0,11
SREDNJI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	1,02	0,09	0,58
	Standardna devijacija	2,86	0,16	2,08
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	10,39	0,55	10,39
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	7,69	4,92	6,36
	Standardna devijacija	9,00	5,00	7,35
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	25,88	11,30	25,88
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	14,22	11,25	12,79
	Standardna devijacija	7,79	9,79	8,75
	Min	3,25	0,00	0,00
	Max	27,13	22,14	27,13
SILT (%)	Srednja vrijednost	70,67	70,43	70,55
	Standardna devijacija	15,63	10,53	13,15
	Min	40,81	61,12	40,81
	Max	88,23	86,62	88,23
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	20,92	14,14	17,67
	Standardna devijacija	4,68	6,25	6,39
	Min	11,15	0,01	0,01
	Max	30,05	21,79	30,05
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	19,43	17,57	18,54
	Standardna devijacija	5,25	6,22	5,69
	Min	10,94	1,27	1,27
	Max	26,44	27,74	27,74
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,88	14,04	13,44
	Standardna devijacija	4,21	4,89	4,49
	Min	6,20	7,63	6,20
	Max	19,89	22,01	22,01
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	10,42	13,76	12,02
	Standardna devijacija	3,67	5,35	4,77
	Min	4,55	8,05	4,55
	Max	17,13	25,14	25,14
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	7,01	10,91	8,88
	Standardna devijacija	2,70	6,45	5,17
	Min	3,14	5,62	3,14
	Max	11,21	29,48	29,48
GLINA (%)	Srednja vrijednost	6,39	13,32	9,71
	Standardna devijacija	2,87	8,10	6,83
	Min	3,20	7,37	3,20
	Max	12,27	36,46	36,46

5.2.2.5 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

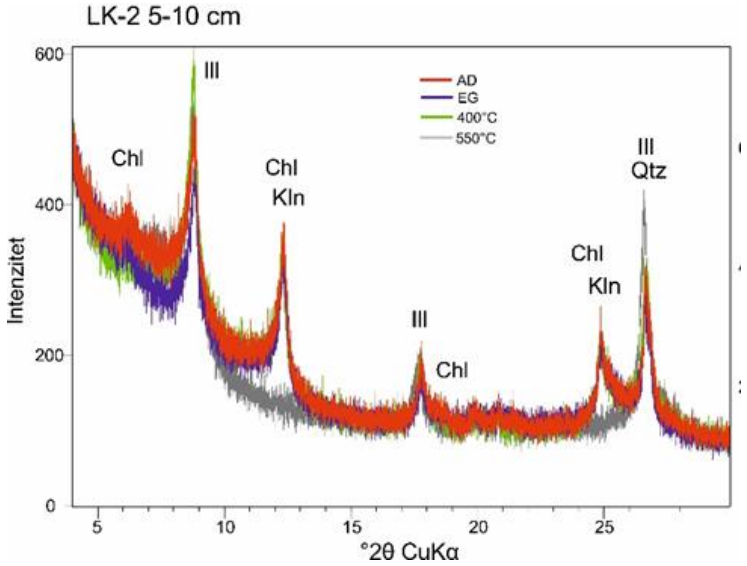
Ukupni mineralni sastav određen je na 9 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-2, dok je u 2 intervala napravljena i analiza minerala glina (Tablica 8). Sedimenti jedinice LU-2-1 dominantno su izgrađeni od kvarca, dok je kalcit također važna mineralna komponenta. Prisutan je i visoko-magnezijski kalcit, halit, aragonit, muskovit/illit, te plagioklasi (Tablica 8, Slika 40). Halit je u uzorcima kristalizirao iz porne vode nakon sušenja sedimenta. U uzorcima iz donjeg dijela jedinice (intervali 50-51 cm i 45-46 cm) određen je i pirit. Analiza minerala glina u intervalu od 5-10 cm (jedinica LU-2-1) pokazala je prisutnost klorita, illita i kaolinita (Tablica 8, Slika 41). Uzorci iz jedinice LU-2-2 dominantno su izgrađeni od kvarca. Od preostalih minerala značajni su muskovit/illit, plagioklasi, kaolinit i K-feldspati. Kalcit je determiniran samo u jednom uzorku iz ove jedinice (100-101 cm), dok u ostalim uzorcima nije prisutan. Sastav minerala glina određen je u intervalu od 120-126 cm, te su rezultati pokazali da je sastav identičan sastavu minerala glina u uzorku iz jedinice LU-2-1 (Tablica 8, Slika 41).

Tablica 8: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-2. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Ill-illit, Pl-plagioklas, Kfs-K-feldspat, Chl-klorit, Kln- neuređen kaolinit, KlnD-uređen kaolinit, Py-pirit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA			JEDINICA
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA	
0-1	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Ms/I, Pl				
		5-10	Qtz, Py, Pl, Ms/I	Chl, Ill, Kln	
40-41	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Ms/I, Pl				LU-2-1
45-46	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Py, Arg, Ms/I, Pl				
50-51	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Py, Arg, Ms/I, Pl				
70-71	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				
80-81	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				
100-101	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Pl				
120-121	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				LU-2-2
		120-126	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Kfs	Chl, Ill, Kln, KlnD	
150-152	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				



Slika 40: Rendgenogrami uzoraka iz jedinice LU-2-1 (0-1 cm) i LU-2-2 (120-121 cm) jezgre sedimenata LK-2. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/l-muskovit/illit, Pl-plagioklas, Kfs-kalijski feldspat, Kln-kaolinit.



Slika 41: Rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku iz intervala 5-10 cm (jedinica LU-2-1) iz jezgre sedimenata LK-2. Simboli (Kretz, 1983): Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550 °C.

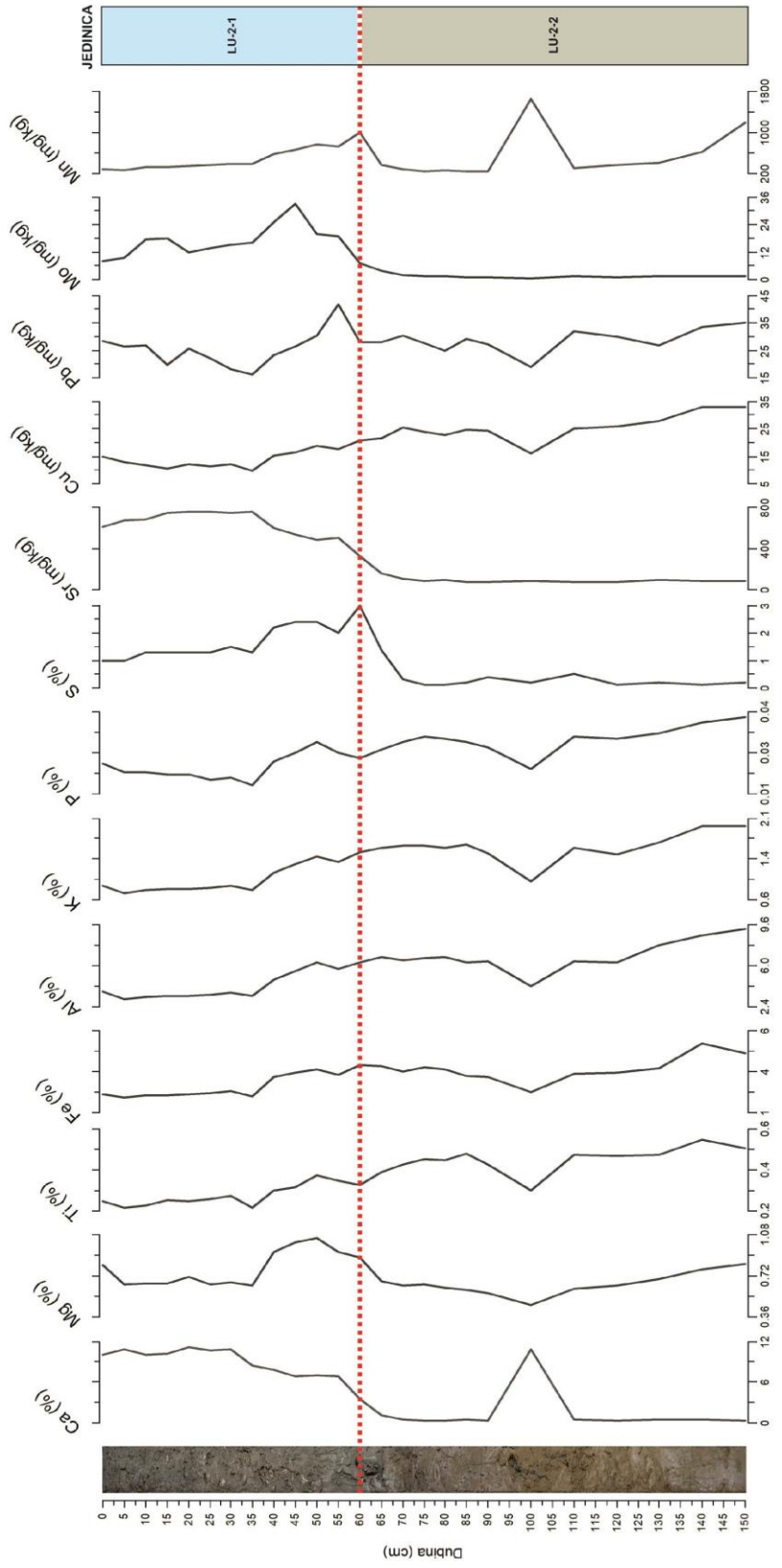
5.2.2.6 Analiza odabranih glavnih i elemenata u tragovima upotrebom masenog spektrometra s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS)

Koncentracije odabranih elemenata (Ca, Mg, Ti, Fe, K, Al, P, S, Sr, Cu, Pb, Mo i Mn) određene su na ukupno 25 uzorka iz jezgre LK-2. Slika 42 prikazuje distribuciju elemenata ovisno o dubini jezgre, dok su na Slici 43 prikazane varijacije u omjerima elemenata s dubinom jezgre. U Tablici 9 dani su osnovni statistički parametri koncentracija navedenih glavnih (%) i elemenata u tragovima (mg/kg) u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2. Rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima priloženi su u Prilogu 3.

Udjeli Ca u rasponu su od 0,31% do 11,12% (Tablica 9). Uzorci iz jedinice LU-2-1 sadrže udio Ca u rasponu od 3,55-11,12% (Tablica 9). U uzorcima iz jedinice LU-2-2 određen je najmanji udio Ca (0,31%), dok maksimalni udio Ca u uzorcima iz ove jedinice iznosi 10,93% (Tablica 9). Na Slici 42 se uočava trend smanjenja koncentracije Ca s povećanjem dubine jezgre, od jedinice LU-2-1 prema jedinici LU-2-2. Udio Mg varira između 0,46% i 1,05% (Tablica 9). Uzorci iz jedinice LU-2-1 obilježeni su višim koncentracijama Mg (0,63-1,05%) (Slika 42). Koncentracije Mg u uzorcima iz jedince LU-2-2 su niže (0,46-0,82%) (Tablica 9). Sedimenti iz jedinice LU-2-1 sadrže niži udio Ti (0,22-0,37%), u odnosu na uzorke iz jedinice LU-2-2 (0,3-0,55%). Udio Fe u uzorcima iz jedinica LU-2-1 i LU-2-2 u rasponu je od 1,92-3,89%, odnosno 2,28-5,22%. Al varira u sedimentima iz jedinice LU-2-1 od 3,3-6,27%, dok je u sedimentima iz jedinice LU-2-2 u rasponu od 4,21-9,25%. Udio K je od 0,71-1,48% u uzorcima iz jedinice LU-2-1, odnosno od 0,93-1,96% u uzorcima iz jedinice LU-2-2 (Tablica 9). Sva četiri prethodno navedena elementa (Ti, Fe, Al, K) imaju sličnu distribuciju u jezgri LK-2, s porastom udjela prema dnu jezgre (Slika 42). Udio P u jezgri LK-2 je u rasponu od 0,01-0,04% s nešto višim udjelima u uzorcima iz jedinice LU-2-2 (Tablica 9). Trend P u jezgri LK-2 sličan je prethodno navedenim elementima (Slika 42). Udio S varira od 0,10% do 3% (Tablica 9), s nižim udjelom u uzorcima iz jedinice LU-2-2 što je vidljivo i u distribuciji ovog elementa kroz jezgru (Slika 42).

Određene su i koncentracije odabranih mikroelemenata, poput Sr, Cu, Pb, Mo i Mn. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 koncentracije Sr su više (329-758 mg/kg) u odnosu na uzorke iz jedinice LU-2-2 (71-156 mg/kg) (Tablica 9). Koncentracije Cu u uzorcima sedimenta iz jedinice LU-2-1 u rasponu su od 9,90-20,80 mg/kg, dok u uzorcima iz jedinice LU-2-2 variraju od 16,10 mg/kg do 33,20 mg/kg (Tablica 9). Porast koncentracija prema dnu jezgre uočava se i na krivulji distribucije Cu kroz jezgru LK-2 (Slika 42). Određene su koncentracije Pb od 16,10 mg/kg do 42 mg/kg (Tablica 9), s varijabilnom distribucijom duž jezgre LK-2 i maksimalnim koncentracijama u uzorcima iz jedinice LU-2-1 (Slika 42). Više koncentracije Mo određene su u sedimentima iz jedinice LU-2-1 (7,1-33,1 mg/kg), dok su koncentracije Mo u uzorcima iz jedinice LU-2-2 u rasponu od 0,6-3,6 mg/kg (Tablica 9). Slika

42 prikazuje nagli porast koncentracija na 60 cm jezgre. Koncentracije Mn su u rasponu od 245-1652 mg/kg (Tablica 9), s izraženim maksimumom u donjem dijelu jezgre (jedinica LU-2-2) (Slika 42).



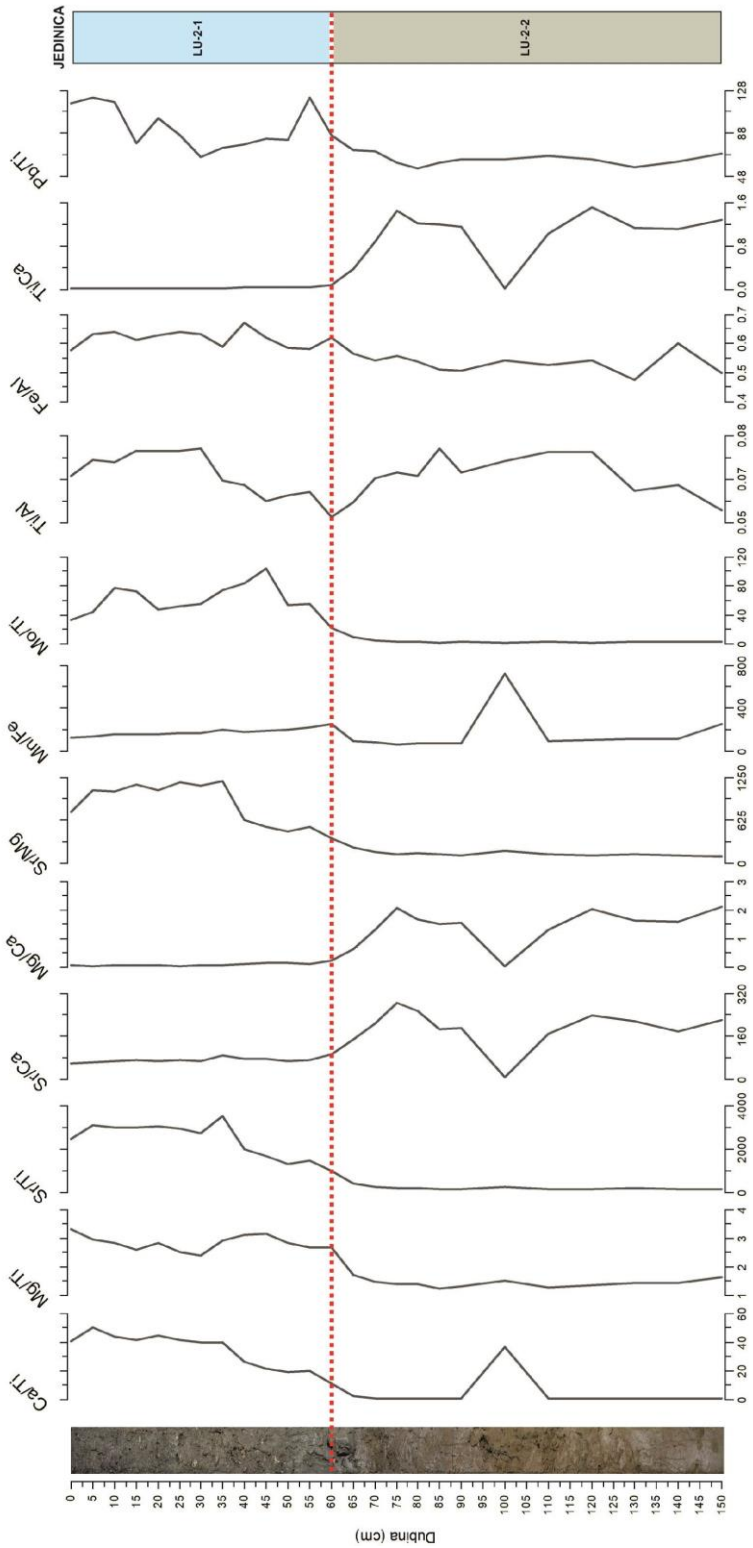
Slika 42: Varijacije odabranih glavnih i elemenata u tragovima s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

Tablica 9: Osnovni statistički parametri odabranih glavnih i elemenata u tragovima u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2.

		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
Ca (%)	Srednja vrijednost	8,82	1,33	5,23
	Standardna devijacija	2,27	3,03	4,62
	Min	3,55	0,31	0,31
	Max	11,12	10,93	11,12
Mg (%)	Srednja vrijednost	0,78	0,64	0,72
	Standardna devijacija	0,16	0,09	0,15
	Min	0,63	0,46	0,46
	Max	1,05	0,82	1,05
Ti (%)	Srednja vrijednost	0,28	0,45	0,36
	Standardna devijacija	0,05	0,06	0,10
	Min	0,22	0,30	0,22
	Max	0,37	0,55	0,55
Fe (%)	Srednja vrijednost	2,63	3,65	3,12
	Standardna devijacija	0,74	0,73	0,89
	Min	1,92	2,28	1,92
	Max	3,89	5,22	5,22
K (%)	Srednja vrijednost	0,99	1,57	1,27
	Standardna devijacija	0,27	0,26	0,39
	Min	0,71	0,93	0,71
	Max	1,48	1,96	1,96
Al (%)	Srednja vrijednost	4,27	6,84	5,50
	Standardna devijacija	1,24	1,29	1,80
	Min	3,03	4,21	3,03
	Max	6,27	9,25	9,25
P (%)	Srednja vrijednost	0,02	0,03	0,02
	Standardna devijacija	0,00	0,00	0,01
	Min	0,01	0,02	0,01
	Max	0,03	0,04	0,04
S (%)	Srednja vrijednost	1,69	0,32	1,03
	Standardna devijacija	0,63	0,36	0,87
	Min	1,00	0,10	0,10
	Max	3,00	1,40	3,00
Sr (mg/kg)	Srednja vrijednost	629,15	90,50	370,60
	Standardna devijacija	134,88	22,47	291,15
	Min	329,00	71,00	71,00
	Max	758,00	156,00	758,00
Cu (mg/kg)	Srednja vrijednost	14,22	25,41	19,59
	Standardna devijacija	3,37	4,65	6,94
	Min	9,90	16,10	9,90
	Max	20,80	33,20	33,20
Pb (mg/kg)	Srednja vrijednost	25,63	28,66	27,08
	Standardna devijacija	6,53	4,18	5,63
	Min	16,10	19,10	16,10
	Max	42,00	35,00	42,00
Mo (mg/kg)	Srednja vrijednost	16,48	1,43	9,25
	Standardna devijacija	7,13	0,76	9,20
	Min	7,10	0,60	0,60
	Max	33,10	3,60	33,10
Mn (mg/kg)	Srednja vrijednost	493,08	517,58	504,84
	Standardna devijacija	227,02	444,95	341,57
	Min	273,00	245,00	245,00
	Max	994,00	1652,00	1652,00

Omjer Ca/Ti se snižava od vrha jezgre LK-2 prema njenom dnu, od sedimenata jednice LU-2-1 prema sedimentima jedinice LU-2-2. Omjeri Mg/Ti, Sr/Ti i Sr/Mg imaju sličnu distribuciju kroz jezgru kao i prethodno opisani omjer Ca/Ti (Slika 43). U sedimentima jednice LU-2-1 omjeri Mg/Ca, Sr/Ca i Ti/Ca su niži, s izraženim povećanjem omjera od 60. cm jezgre (jedinica LU-2-2) do njenog dna (Slika 43). Ujednačena distribucija kroz jezgru vidljiva je u profilu omjera Mn/Fe, izuzevši maksimum na

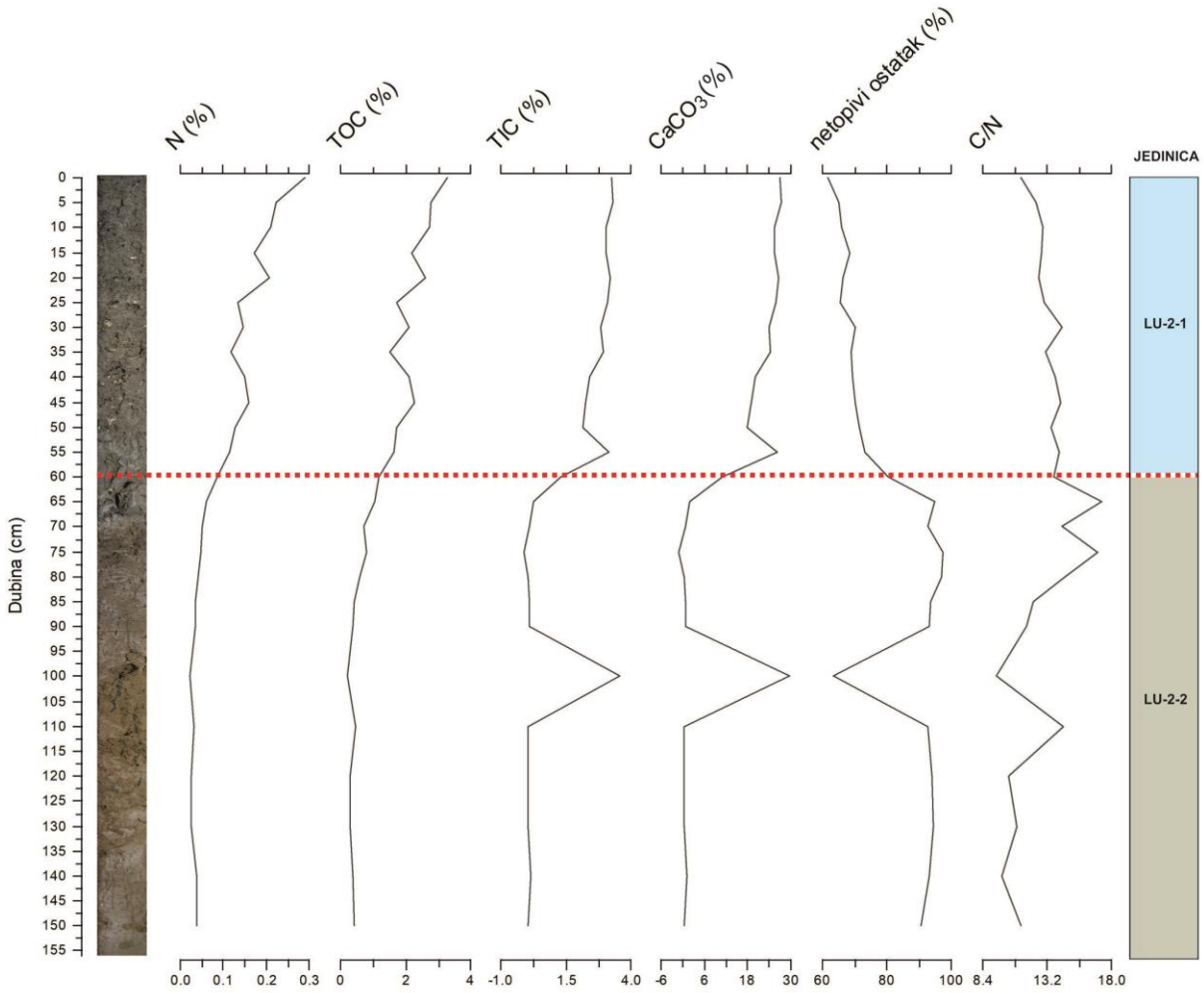
dubini od 100 cm (Slika 43). Omjer Mo/Ti je visok u uzorcima iz jedinice LU-2-1, te se značajno smanjuje u uzorcima iz jedinice LU-2-2. Omjer Fe/Al se smanjuje u sedimentima od jedinice LU-2-1 prema jedinici LU-2-2, dok je omjer Pb/Ti visok u najgornjem intervalu jezgre LK-2, od vrha jezgre do 10 cm (Slika 43).



Slika 43: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

5.2.2.7 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Na ukupno 25 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-2 određen je udio ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC), te udio netopivog ostatka. Iz dobivenih podataka izračunat je udio kalcij karbonata ($CaCO_3$), te C/N omjer. Slika 44 je grafički prikaz rezultata analiza s promjenom dubine u jezgri LK-2, dok je u Prilogu 5 dan numerički prikaz rezultata. Tablica 10 prikazuje osnovne statističke parametre navedenih udjela i C/N omjera u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2.



Slika 44: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, kalcij karbonata, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

Udio N u jezgri LK-2 varira od 0,02-0,29%. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 N je u rasponu od 0,08-0,29%, a maksimalni udio izmjeren je u površinskom dijelu jezgre. Udio je znatno niži u uzorcima iz jedinice LU-2-2 (0,02-0,06%) (Tablica 10). Isto se uočava na krivulji distribucije udjela N duž jezgre sedimenata, sa značajnim padom udjela na 60. cm jezgre, odnosno na početku jedinice LU-2-2 (Slika 44).

Udio TOC-a u rasponu je od 0,2-3,28% u jezgri LK-2. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 udio TOC-a je između 1,17-3,28% (Tablica 10), sa smanjenjem udjela prema kraju jedinice (Slika 44). Uzorci iz jedinice LU-2-2 imaju niži TOC (0,2-1,06%) (Slika 44, Tablica 10).

Tablica 10: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, kalcij karbonata, netopivog ostatka i omjera C/N u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2 (igd-ispod granice detekcije).*

		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
N (%)	Srednja vrijednost	0,16	0,04	0,10
	Standardna devijacija	0,06	0,01	0,08
	Min	0,08	0,02	0,02
	Max	0,29	0,06	0,29
TOC (%)	Srednja vrijednost	2,14	0,50	1,35
	Standardna devijacija	0,59	0,25	0,95
	Min	1,17	0,20	0,20
	Max	3,28	1,06	3,28
TIC (%)	Srednja vrijednost	2,77	0,36	1,62
	Standardna devijacija	0,58	1,01	1,47
	Min	1,30	igd*	igd*
	Max	3,30	3,56	3,56
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	23,11	3,02	13,47
	Standardna devijacija	4,86	8,41	12,21
	Min	10,87	igd*	igd*
	Max	27,45	29,67	29,67
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	69,02	91,46	79,79
	Standardna devijacija	4,54	8,96	13,34
	Min	61,77	63,60	61,77
	Max	80,27	97,28	97,28
C/N	Srednja vrijednost	13,20	12,77	12,99
	Standardna devijacija	0,85	2,67	1,92
	Min	11,30	9,46	9,46
	Max	14,28	17,25	17,25

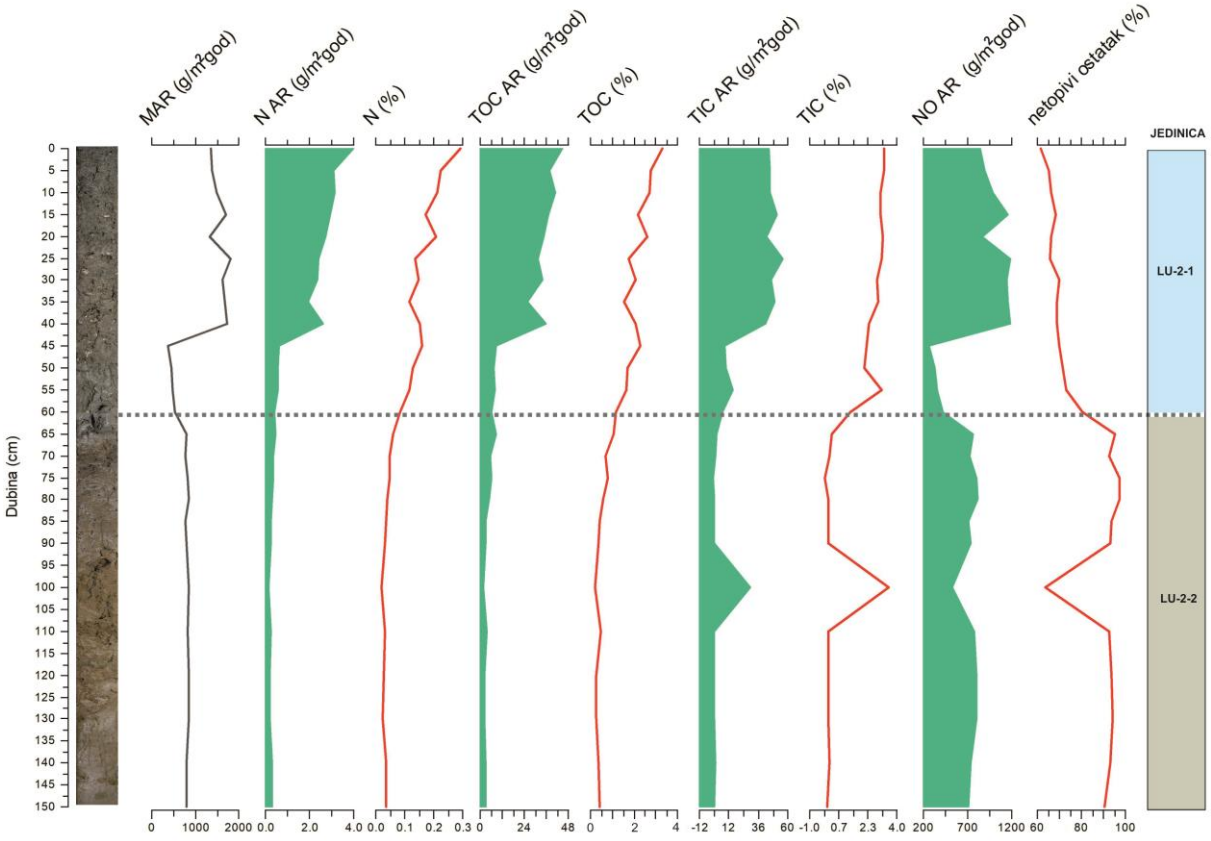
U jezgri LK-2 udio TIC-a doseže 3,56%. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 udio varira između 1,3-3,3% (Slika 44, Tablica 10). Na dubini jezgre od 60 cm (jedinica LU-2-2) dolazi do izrazitog smanjenja TIC-a, s izuzetkom uzorka na dubini od 100 cm koji sadrži najviši udio anorganskog ugljika u cijeloj jezgri (3,56%) (Slika 44). Udio $CaCO_3$ u uzorcima iz jedinice LU-2-1 je u rasponu od 10,87-27,45%, dok u uzorcima iz jedinice LU-2-2 udio doseže 29,67% (Slika 44, Tablica 10).

U analiziranim uzorcima jezgre sedimenata LK-2 udio netopivog ostatka je u rasponu od 61,77-97,28%. Sedimenti iz jedinice LU-2-1 (61,77-80,27%) sadrže nešto niži udio netopivog ostatka u odnosu na sedimente iz jedinice LU-2-2 (63,60-97,28%) (Slika 44, Tablica 10). Na 60. cm jezgre izrazito se povećava udio netopivog ostatka (Slika 44).

Omjeri C/N u jezgri sedimenata LK-2 u rasponu su od 9,46-17,25. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 C/N omjer varira od 11,3-14,28 (Tablica 10), s blagim porastom prema jedinici LU-2-2 (Slika 44). Uzorci iz potonje jedinice obilježeni su C/N omjerima u rasponu od 9,46-17,25 (Slika 44, Tablica 10). Maksimalni omjer određen je u intervalu od 60-85 cm, nakon čega se omjer snižava, te potom raste na dubini od 100 cm (Slika 44).

5.2.2.8 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR)

U jezgri sedimenata LK-2 izračunata je brzina akumulacije (fluks) sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR) na 25 uzoraka. Rezultati izračuna prikazani su grafički (Slika 45). U Prilogu 6 su dani rezultati izračuna pojedinačnih uzoraka, dok su u Tablici 11 prikazani osnovni statistički parametri rezultata izračuna fluksa u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre.



Slika 45: Varijacije u brzini akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka s dubinom u jezgri sedimenata LK-2.

Izračunati MAR u jezgri LK-2 varira od 385,77-1807 g/m^{2}god. Minimalni i maksimalni fluks određen je u gornjih 60 cm jezgre (jedinica LU-2-1), dok je u uzorcima iz jedinice LU-2-2 MAR u rasponu od 769,68-858,05 g/m^{2}god (Slika 45, Tablica 11).

Fluks N varira od 0,18-3,98 g/m^{2}god. Veći N AR je izračunat u sedimentima iz jedinice LU-2-1 (0,44-3,98 g/m^{2}god), posebice u intervalu od 0-45 cm (Slika 45). U sedimentima iz jedinice LU-2-2 N AR je znatno niži, te u rasponu od 0,18-0,5 g/m^{2}god (Slika 45, Tablica 11).

Izračunati TOC AR varira od 1,72-44,98 g/m^{2}god. U uzorcima iz jedinice LU-2-1 fluks je između 6,10-44,98 g/m^{2}god, dok se u uzorcima iz jedinice LU-2-2 snižava i u rasponu je od 1,72-8,54 g/m^{2}god (Slika 45, Tablica 11).

Brzina akumulacije TIC-a je najveća u uzorcima iz jedinice LU-2-1 (do 56,3 g/m^{2}god), dok se u uzorcima iz jedinice LU-2-2 fluks smanjuje (do 29,92 g/m^{2}god) (Slika 45, Tablica 11).

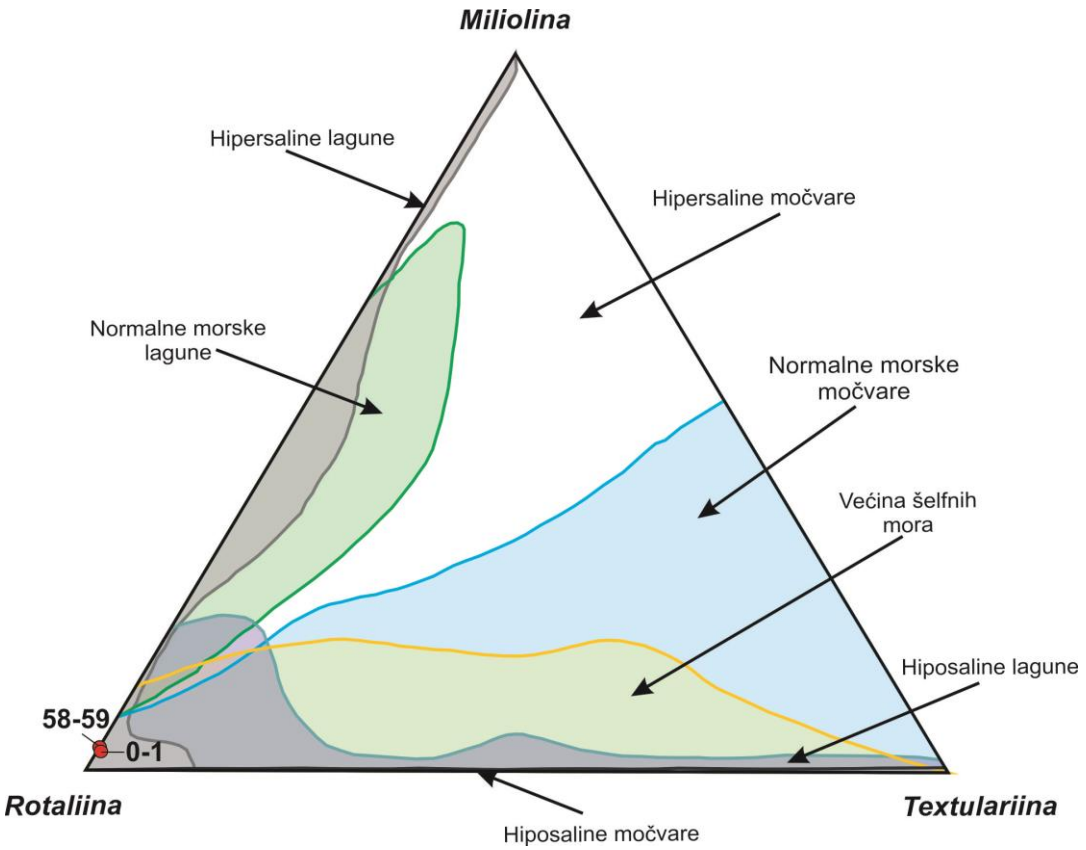
Netopivi ostatak se akumulira u jezgri sedimenata LK-2 brzinom između 270,85-1190,20 g/m^{2}god. U najgornjih 45 cm jezgre (jedinica LU-2-1) brzina akumulacije je visoka, dok u uzorcima iz donjeg dijela jedinice LU-2-1 dolazi do znatnog smanjenja NO AR. Fluks netopivog ostatka je niži u uzorcima iz jedinice LU-2-2 (534,43-818,93 g/m^{2}god) (Slika 45, Tablica 11).

Tablica 11: Osnovni statistički parametri brzine akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-2 (igd-ispod granice detekcije).*

		LU-2-1	LU-2-2	UKUPNO JEZGRA
MAR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	1227,55	815,37	1029,70
	Standardna devijacija	551,16	31,93	443,32
	Min	385,77	769,68	385,77
	Max	1807,00	858,05	1807,00
N AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	2,11	0,30	1,25
	Standardna devijacija	1,18	0,09	1,25
	Min	0,44	0,18	0,18
	Max	3,98	0,50	3,98
TOC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	27,20	4,06	16,09
	Standardna devijacija	14,29	2,00	15,60
	Min	6,10	1,72	1,72
	Max	44,98	8,54	44,98
TIC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	35,72	3,03	20,03
	Standardna devijacija	18,21	8,49	21,84
	Min	6,83	igd*	igd*
	Max	56,20	29,92	56,20
NO AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	833,31	745,37	791,10
	Standardna devijacija	361,89	76,94	264,97
	Min	270,85	534,43	270,85
	Max	1190,20	818,93	1190,20

5.2.2.9 Rezultati analize foraminiferske zajednice

U jezgri sedimenata LK-2 analiza zajednice foraminifera napravljena je na 4 uzorka. U analiziranim uzorcima prepoznato je 39 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 22 različita roda. Od ukupnog broja određenih vrsta njih 31 pripada podredu Rotaliina, 6 podredu Miliolina, te 2 podredu Textulariina. Sve vrste su bentičke. U Prilogu 7 dan je popis determiniranih rodova i vrsta u uzorcima jezgre LK-2, te rezultati izračuna indeksa bioraznolikosti. U Tablama I-V prikazane su jedinke iz jezgara s prostora Lošinjskoga kanala. U trokomponentnom dijagramu na temelju udjela podredova (Murray, 1973) označeni su uzorci iz jezgre sedimenata LK-2 i odgovarajući okoliši.



Slika 46: Trokomponentni dijagram prema Murray (1973) s uzorcima iz jezgre sedimenata LK-2 (crveno).

Analizirani su uzorci iz jedinice LU-2-1 s dubine 0-1 cm i 58-59 cm. U površinskom uzorku (0-1 cm) prepoznata je 31 vrsta, te 22 roda. Ukupno 25 vrsta pripada podredu Rotaliina, 4 podredu Miliolina, te 2 vrste podredu Textulariina. Najveći je udio jedinki iz podreda Rotaliina, čak 97,08%. Jedinke iz podreda Miliolina znatno su manje zastupljene (2,19%), dok je iznimno nizak udio jedinki iz podreda Textulariina (0,73%). Dominante vrste u uzorku su iz roda *Ammonia* (*Ammonia tepida* (Cushman, 1926) (22,6%), *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny, 1839) (15,7%) i *Ammonia* sp. (12,4%)), dok su srednje zastupljene vrste *Bolivina striatula* (Cushman, 1922), *Elphidium margaritaceum* Cushman, 1930, *Elphidium translucens* Natland, 1938 i *Haynesina depressula* (Walker

& Jacob, 1798) (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,57, indeks ravnomjernosti je 0,74, dok je Fisher α indeks 9,39 (Prilog 7).

U uzorku s dubine 58-59 cm određeno je 19 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 8 rodova. Od navedenog broja vrsta njih 17 je iz podreda Rotaliina, dok su 2 iz podreda Miliolina. Većina jedinki je iz podreda Rotaliina (97%), dok je udio jedinki iz podreda Miliolina znatno niži (3%). Dominantna vrsta u uzorku je *A. tepida*, s udjelom u zajednici od oko 62%. Srednje zastupljena vrsta je *H. depressula* (5,9%), a također je veliki udio jedinki koje nije bilo moguće identificirati na razine roda i vrste (8,2%) zbog fragmentiranosti kućica (Prilog 7). Shannon-Wiener indeks je 1,56, indeks ravnomjernosti je 0,52, dok je Fisher α indeks 5,12 (Prilog 7).

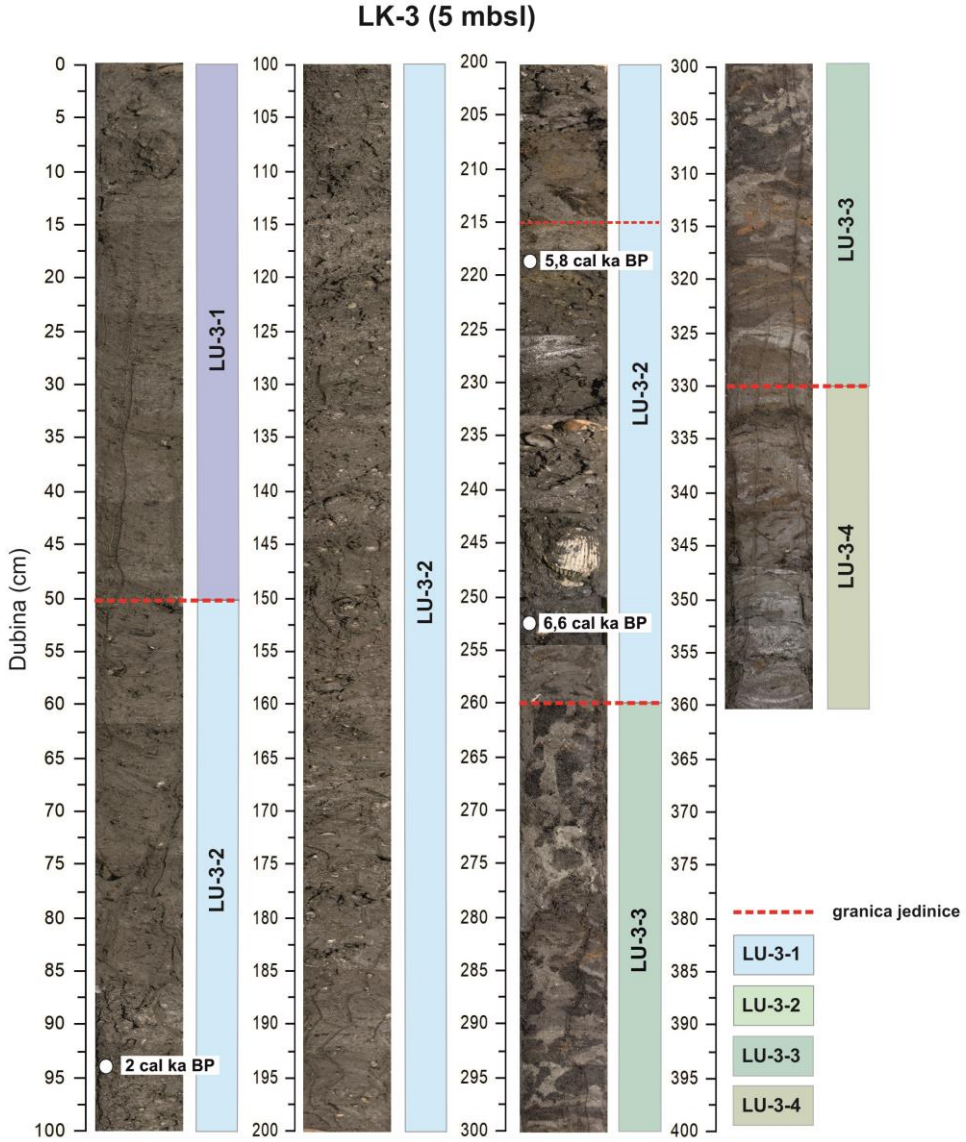
Iz jedinice LU-2-2 analiza zajednice foraminifera je napravljena na uzorcima iz intervala 62-63 cm i 67-68 cm. U uzorku s dubine 62-63 cm pronađeno je 25 jedinki foraminifera (7 vrsta i 3 roda). Ukupno 5 vrsta je iz podreda Rotaliina, s udjelom jedinki od 92%. Dvije vrste su iz podreda Miliolina, s udjelom jedinki od 8%. Među determiniranim foraminiferama dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (72%) (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane, a pronađeno je i nekoliko jedinki koje imaju morfološke abnormalnosti. Uzorak iz jezgre sedimenata LK-2 s dubine od 67-68 cm ne sadrži kućice foraminifera. Za navedene uzorke, zbog malog broja jedinki, nisu izračunati indeksi bioraznolikosti.

5.2.3 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-3

Jezgra sedimenata LK-3, ukupne dužine 371 cm, izbušena je u uvali Sonte na dubini mora od 5 m.

5.2.3.1 Opis jezgre sedimenata

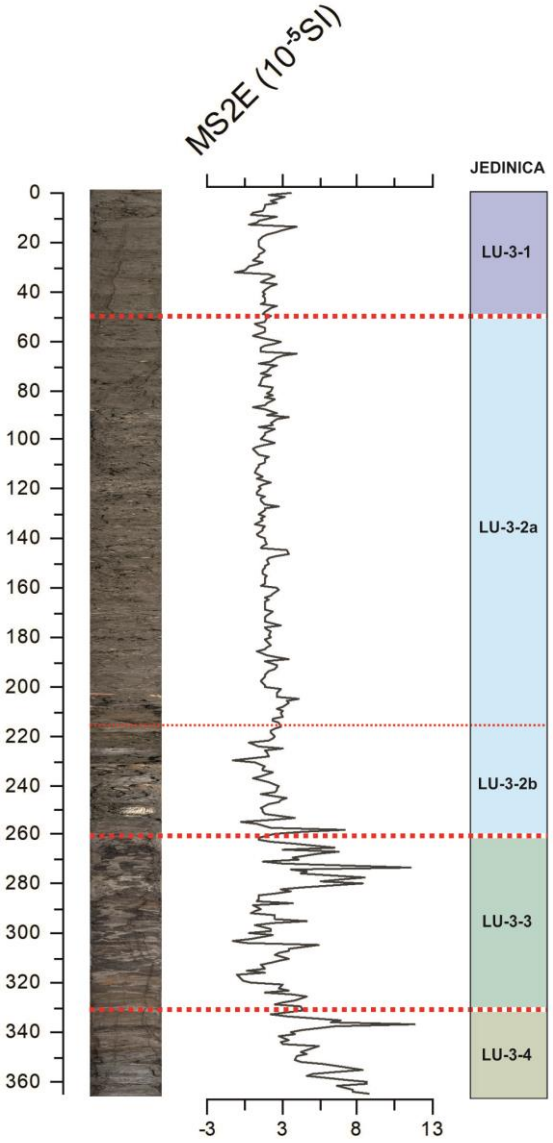
Sediment jedinice LU-3-1 (0-50 cm) je tamno smeđe-sive boje (Slika 47). Pronađeni su fosilni ostaci školjkaša i gastropoda, među kojima su osobito brojne jedinke roda *Cerithium* sp. U sedimentu jedinice LU-3-2 (50-260 cm) brojni su ostaci mekušaca (*Cerithium* sp., *Turbo* sp., *Cerastoderma* sp.). Od 260 cm jezgre (jedinica LU-3-3) sediment postaje tamniji, s izmjenom svjetlije sivih i tamno sivih slojeva (Slika 47). Najdonji dio jezgre (330-371 cm, jedinica LU-3-4) je svjetlo smeđe do nančasto-crvene boje (Slika 47). Pronađeno je nekoliko loše očuvanih kućica gastropoda i ljuštura školjkaša.



Slika 47: Prikaz jezgre sedimenata LK-3 i izdvojenih sedimentoloških jedinica.

5.2.3.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) u jezgri sedimenata LK-3 je u rasponu od -0,8-11,3 x 10^{-5} SI . Sedimenti iz najgornje jedinice LU-3-1 imaju niski MS, u rasponu od -0,6-3,5 x 10^{-5} SI (Tablica 12). Minimalni MS u uzorcima iz ove jedinice izmjeren je na dubini od 32 cm (Slika 48).



Slika 48: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgri sedimenata LK-3.

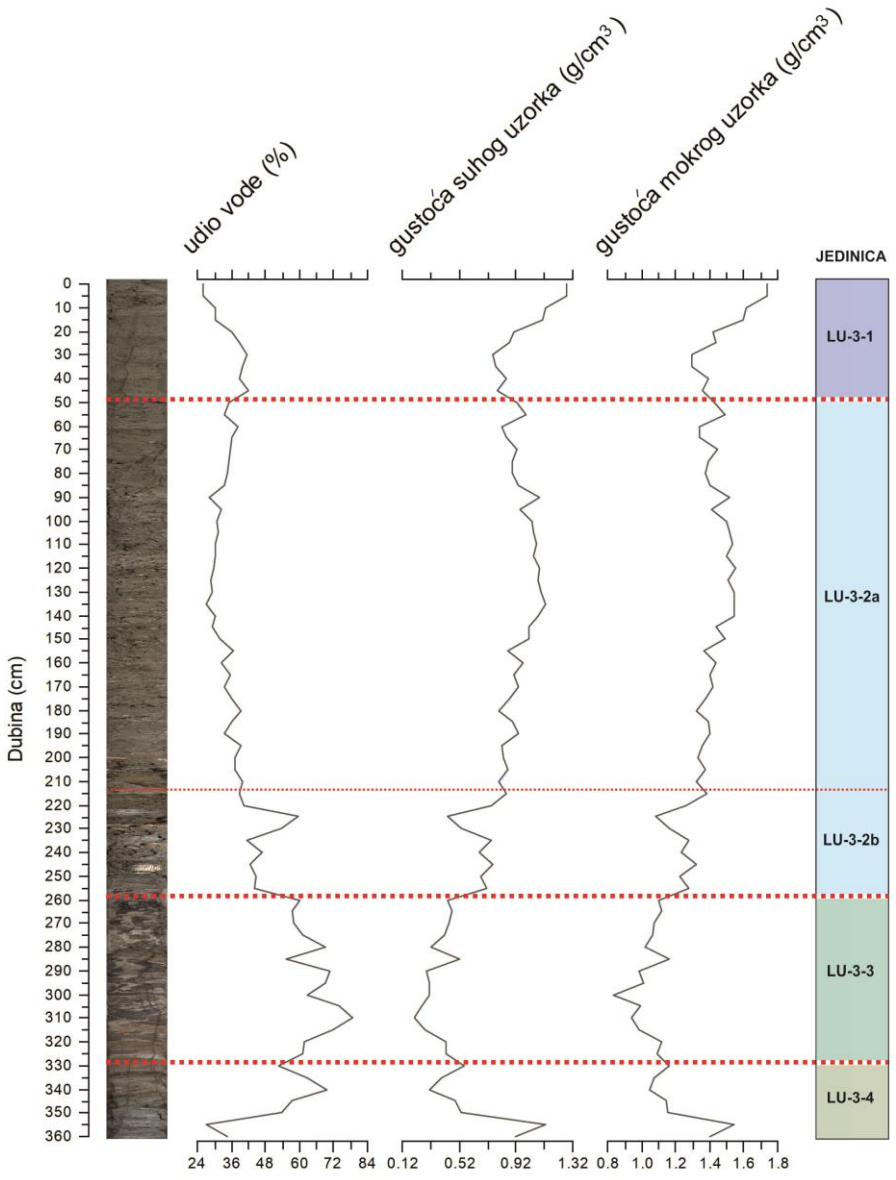
Tablica 12: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	1,33	1,57	2,51	4,95	2,05
	Standardna devijacija	0,73	0,73	2,12	2,15	1,66
	Min	-0,60	-0,80	-0,80	1,70	-0,80
	Max	3,50	6,70	11,00	11,30	11,30

U sedimentu iz jedinice LU-3-2 MS je u rasponu od -0,8-6,7 x 10^{-5} SI , s minimumom na dubini od 230 cm, te maksimumom na dubini od 258 cm. Prelaskom u jedinicu LU-3-3 MS raste (Slika 48), te varira od -0,8-11 x 10^{-5} SI. Nešto viši MS izmjeren je u sedimentu iz gornjeg dijela ove jedinice (interval 265-280 cm) (Slika 48). Sedimenti iz najdonje jedinice LU-3-4 imaju raspon MS-a od 1,7-11,3 x 10^{-5} SI (Tablica 12). Najveći MS u cijeloj jezgri izmjeren je na dubini od 337 cm (LU-3-4). Na Slici 48 se uočava postupni porast MS-a prema samom dnu jezgre.

5.2.3.3 Rezultati odredbe udjela vode i gustoće suhog i mokrog uzorka

U odabranim uzorcima (73) iz jezgre sedimenata LK-3 određen je udio vode, te gustoća suhog i mokrog uzorka. Napravljen je grafički (Slika 49) i tablični prikaz rezultata (Prilog 1), te također prikaz osnovnih statističkih parametara udjela i gustoća u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre (Tablica 13).



Slika 49: Prikaz varijacija u udjelu vode, gustoći suhog i mokrog uzorka s dubinom u jezgri sedimenata LK-3.

Udio vode u jezgri LK-3 varira od 26-78%. Najniži udio je određen u sedimentu iz jedinice LU-3-1 (26-42%) (Slika 49, Tablica 13). U uzorcima iz jedinice LU-3-2 udio vode varira između 27-60%, s blagim porastom prema kraju jedinice. Sedimenti iz jedinice LU-3-3 imaju najviše vrijednosti udjela vode (53-78%), dok se u sedimentima iz jedinice LU-3-4 navedeni udio smanjuje (27-70%) (Slika 49, Tablica 13).

Gustoća mokrog uzorka u jezgri sedimenata LK-3 je promjenjiva i u rasponu od 0,2-1,28 g/cm^3. Smanjenje gustoće mokrog uzorka od početka prema kraju jedinice LU-3-1 (0,76-1,28 g/cm^3) uočava se na Slici 49. U uzorcima iz jedinice LU-3-2 gustoća varira od 0,44-1,13 g/cm^3, dok se u uzorcima iz jedinice LU-3-3 (0,2-0,55 g/cm^3) smanjuje gustoća mokrog uzorka. U sedimentima jedinice LU-3-4 gustoća raste i varira od 0,31-1,12 g/cm^3 (Slika 49, Tablica 13).

Veoma je slična krivulja distribucije gustoće suhog uzorka (Slika 49), s rasponom od 0,84-1,74 g/cm^3. U uzorcima iz jedinice LU-3-1 gustoća varira između 1,29-1,74 g/cm^3, u uzorcima iz jedinice LU-3-2 između 1,08-1,55 g/cm^3, u uzorcima iz jedinice LU-3-3 između 0,84-1,17 g/cm^3, te u uzorcima iz jedinice LU-3-4 između 1,04-1,54 g/cm^3 (Tablica 13).

Tablica 13: Osnovni statistički parametri udjela vode, gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

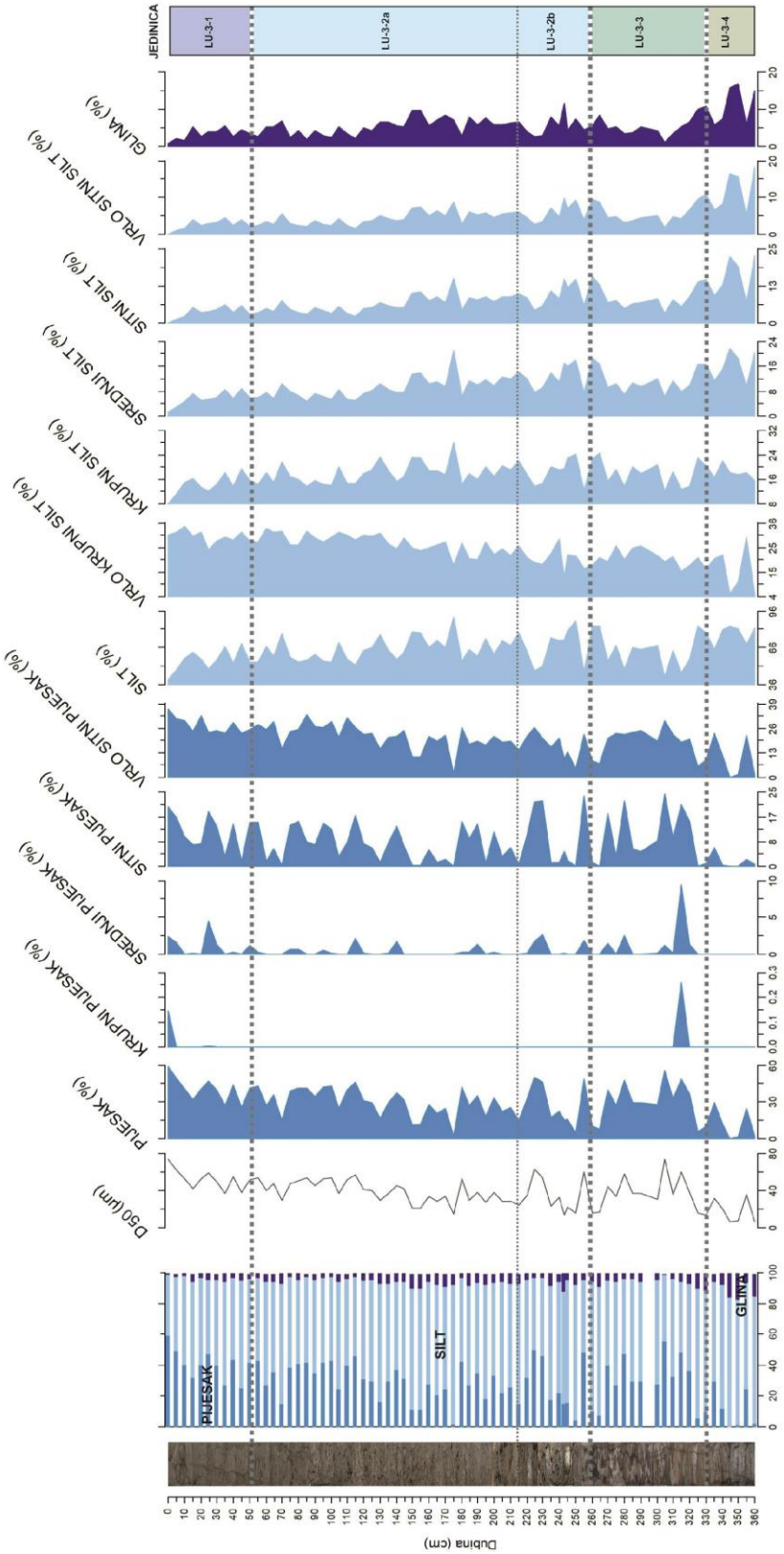
		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
UDIO VODE (%)	Srednja vrijednost	35,10	36,85	64,55	50,91	43,05
	Standardna devijacija	5,91	7,58	7,69	16,57	13,94
	Min	26,06	26,96	52,67	27,07	26,06
	Max	41,98	59,96	78,43	69,84	78,43
GUSTOĆA MOKROG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	0,97	0,88	0,37	0,63	0,78
	Standardna devijacija	0,20	0,17	0,11	0,32	0,28
	Min	0,76	0,44	0,20	0,31	0,20
	Max	1,28	1,13	0,55	1,12	1,28
GUSTOĆA SUHOG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	1,48	1,39	1,04	1,23	1,32
	Standardna devijacija	0,16	0,12	0,09	0,20	0,19
	Min	1,29	1,08	0,84	1,04	0,84
	Max	1,74	1,55	1,17	1,54	1,74

5.2.3.4 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

Na ukupno 73 uzorka iz jezgre sedimenata LK-3 određena je veličina čestica. Slika 50 je grafički prikaz udjela različitih frakcija određenih u uzorcima jezgre, dok su u Prilogu 2 tablično prikazani rezultati provedenih analiza. Osnovni statistički parametri pojedinih frakcija u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre sedimenata LK-3 prikazani su u Tablici 14.

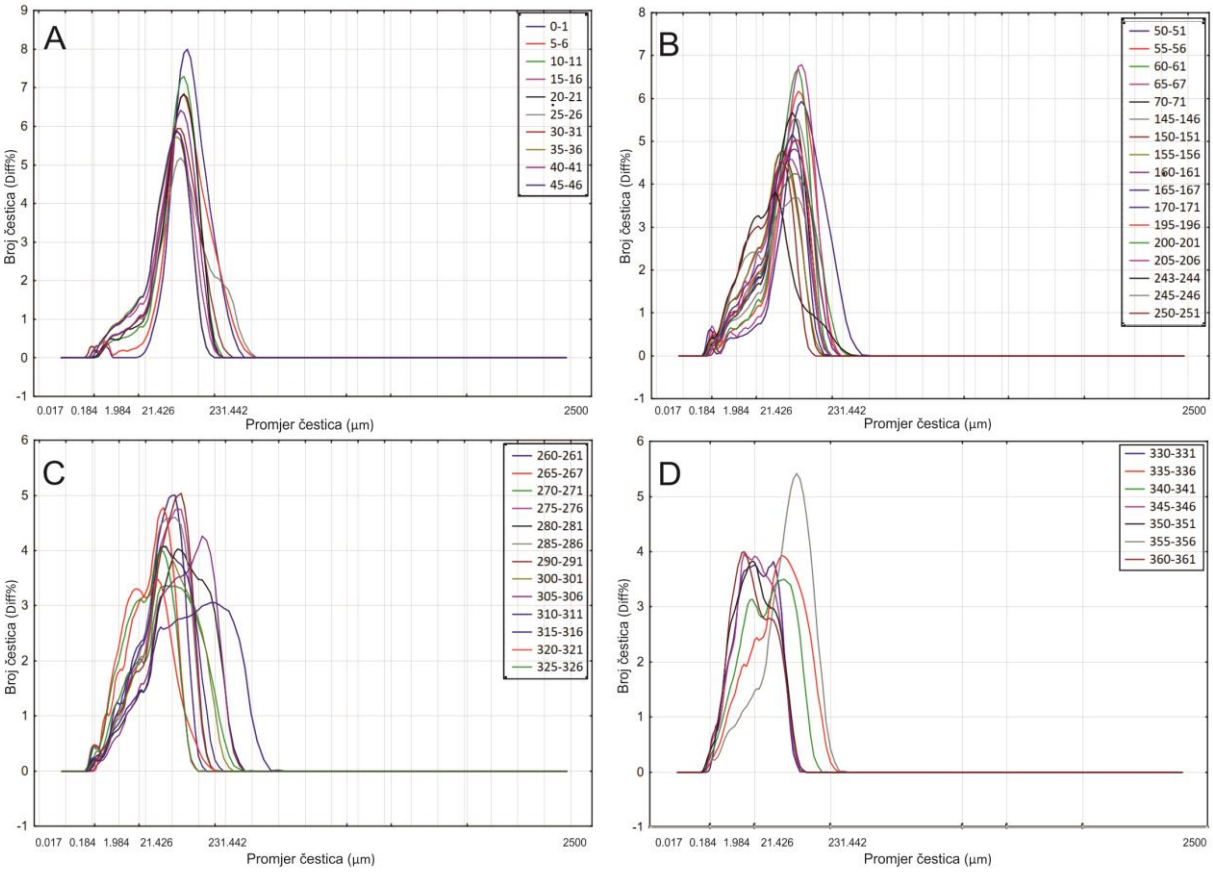
U jezgri sedimenata LK-3 udio pijeska je u rasponu od 0-59%, silta od 39-91%, dok je udio čestica veličine glina u rasponu od 1-17% (Tablica 14). U frakciji pijeska najveći je udio sitnog (do 24%) i vrlo sitnog pijeska (do 37%). Udjeli vrlo krupnog (5-34%), krupnog (8-28%), srednjeg (1-22%), sitnog (0-23%) i vrlo sitnog silta (0-18%) su različiti u uzorcima iz različitih jedinica jezgre LK-3 (Tablica 14).

Udio sitnozrnatije komponente blago raste s porastom dubine jezgre (Slika 50). Određen je raspon srednje veličine čestica od 6,5-74,67 µm (Slika 50), a sortiranost svih uzoraka je loša (Prilog 2). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 51).



Slika 50: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti jezgre sedimenata LK-3.

Uzorci iz jedinice LU-3-1 sadrže visoki udio frakcije pijeska (26-59%) i silta (40-70%). Dominiraju čestice veličine vrlo sitnog pijeska (24-37%) i vrlo krupnog silta (24-34%), posebice u uzorcima iz gornjeg dijela jedinice. S porastom dubine u jedinici LU-3-1 udio sitnozrnatijih frakcija silta postaje nešto značajniji. Udio čestica veličine glina varira od 1-5% (Tablica 14). Srednja veličina čestica u uzorcima iz ove jedinice je u rasponu od 37,37-73,36 µm (Slika 50).



Slika 51: Krivulje distribucije veličine čestica u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre sedimenata LK-3. A) LU-3-1, B) LU-3-2, C) LU-3-3, D) LU-3-4.

U uzorcima iz jedinice LU-3-2 udio čestica pijeska se blago smanjuje (2-50%), dok udio frakcije silta raste (47-91%). Dominiraju čestice vrlo sitnog pijeska (2-34%), vrlo krupnog silta (12-33%) i krupnog silta (13-28%). Udio frakcije gline raste, te je u rasponu od 2-12% (Tablica 14). Na slici prikaza udjela pojedinih frakcija uočava se daljni trend smanjenja veličine čestica s porastom dubine u sedimentima iz jedinice LU-3-2. Raspon srednje veličine čestica također odražava ovo smanjenje i iznosi od 13,9-63,17 µm (Slika 50).

U uzorcima iz jedinice LU-3-3 udio pijeska opet raste i varira od 6-56%, s najvećim udjelom čestica veličine vrlo sitnog pijeska (6-31%). Udio frakcije silta se smanjuje u odnosu na uzorke iz jedinice LU-3-2, ali je i dalje visok (43-84%). Udio glina je u rasponu od 1-11% (Tablica 14). Srednja veličina čestica u rasponu je od 13,74-73,67 µm (Slika 50).

Uzorke iz jedinice LU-3-4 obilježava promjena u udjelima frakcija pijeska, silta i gline. Udio čestica veličine pijeska znatno se smanjuje u odosu na uzorke iz prethodne jedinice i varira od 0-30%, udio silta ostaje visok (64-84%), dok udio gline raste (6-17%) (Tablica 14). Smanjuje se također i srednja veličina čestica, te je u rasponu od 6,5-35,4 μm (Slika 50).

Tablica 14: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

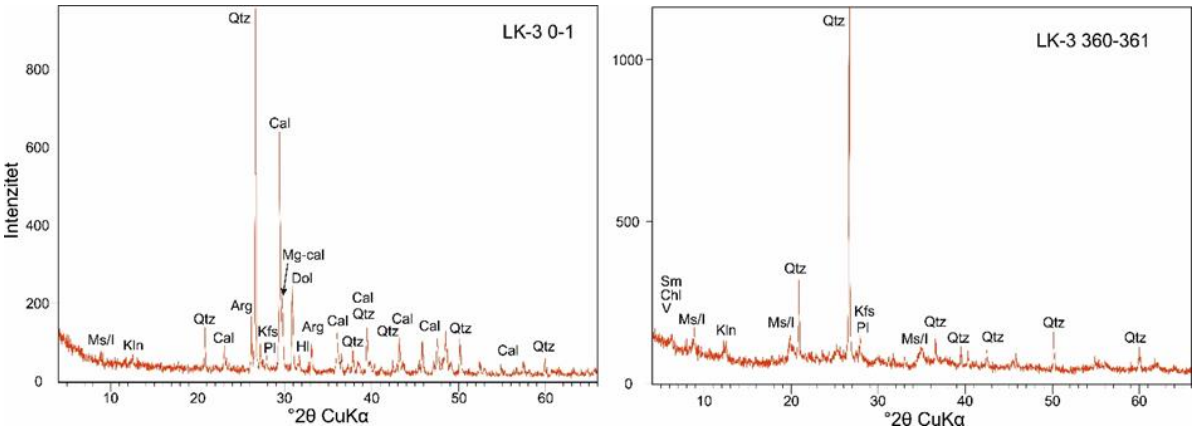
		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	40,75	28,68	30,92	11,82	29,51
	Standardna devijacija	9,89	12,53	15,78	12,96	14,30
	Min	25,53	2,18	5,94	0,02	0,02
	Max	59,45	50,35	56,13	29,91	59,45
KRUPNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
	Standardna devijacija	0,04	0,00	0,07	0,00	0,03
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	0,15	0,00	0,26	0,00	0,26
SREDNJI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	1,04	0,35	1,25	0,00	0,58
	Standardna devijacija	1,42	0,67	2,59	0,00	1,35
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	4,50	2,67	9,41	0,01	9,41
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	11,57	7,58	10,24	1,62	8,17
	Standardna devijacija	6,05	6,65	8,77	2,50	7,10
	Min	1,75	0,00	0,04	0,00	0,00
	Max	19,97	23,68	24,36	6,40	24,36
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	28,13	20,75	19,41	10,20	20,76
	Standardna devijacija	4,50	7,05	7,37	10,82	8,18
	Min	23,77	2,18	5,90	0,02	0,02
	Max	36,92	33,82	30,53	23,51	36,92
SILT (%)	Srednja vrijednost	55,92	65,87	63,52	77,12	64,88
	Standardna devijacija	8,75	10,93	13,54	8,26	11,88
	Min	39,70	46,76	42,71	64,42	39,70
	Max	69,93	90,81	84,10	84,25	90,81
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	29,82	25,40	20,59	15,57	24,40
	Standardna devijacija	2,72	5,04	3,52	9,94	6,24
	Min	24,03	12,27	15,01	5,38	5,38
	Max	34,16	33,35	25,87	29,52	34,16
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	14,36	18,30	17,85	18,09	17,61
	Standardna devijacija	3,22	3,51	4,03	2,17	3,68
	Min	8,04	12,62	12,06	15,71	8,04
	Max	19,52	28,13	24,56	22,05	28,13
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	5,58	10,09	11,14	16,17	10,10
	Standardna devijacija	2,23	3,97	3,59	5,02	4,49
	Min	1,17	4,75	6,29	9,35	1,17
	Max	8,79	21,21	16,81	21,65	21,65
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	3,60	7,27	8,32	15,51	7,58
	Standardna devijacija	1,86	3,47	3,46	6,80	4,53
	Min	0,08	2,28	3,42	6,92	0,08
	Max	6,30	15,92	14,80	22,53	22,53
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	2,56	4,81	5,62	11,77	5,19
	Standardna devijacija	1,38	2,16	2,66	5,82	3,36
	Min	0,01	1,49	1,96	5,05	0,01
	Max	4,67	9,94	10,94	18,49	18,49
GLINA (%)	Srednja vrijednost	3,33	5,45	5,56	11,07	5,61
	Standardna devijacija	1,47	2,22	2,75	5,28	3,11
	Min	0,85	1,94	1,17	5,67	0,85
	Max	5,40	11,55	10,80	16,79	16,79

5.2.3.5 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

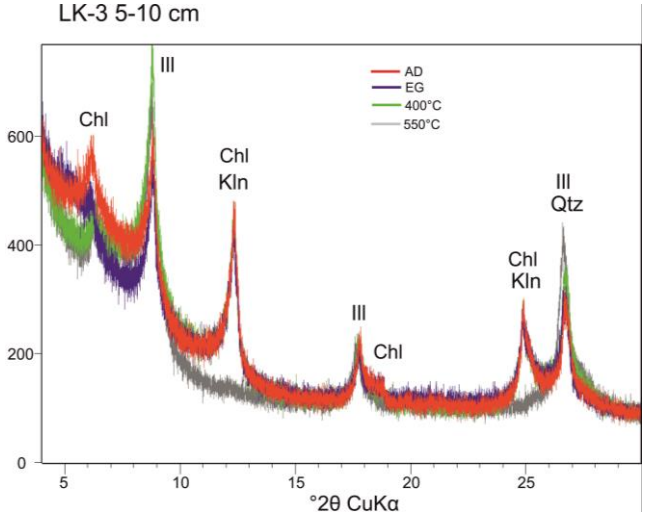
Napravljena je analiza ukupnog mineralnog sastava na 12 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-3, te je određen sastav minerala glina na 3 uzorka (Tablica 15). Identičan mineralni sastav obilježava uzorke iz jednice LU-3-1 i LU-3-2 (Tablica 15, Slika 52). Osim kvarca, važna mineralna komponenta sedimenta su karbonatni minerali (kalcit, magnezijski kalcit, aragonit i dolomit), a također su određeni i halit, muskovit/illit, kaolinit i plagioklasi. Halit potječe iz porne vode. Analiza netopivog ostatka na po jednom uzorku iz jednica LU-3-1 i LU-3-2 ukazala je na prisutnost pirita, te je omogućila precizniju determinaciju sastava minerala glina (klorit, illit i kaolinit) (Tablica 15, Slika 53). Uzorke iz jedinice LU-3-3 dominantno gradi kvarc. Mineralni sastav uzoraka iz gornjeg dijela jedinice sličan je prethodno opisanim jedinicama. U uzorcima iz donjeg dijela jedinice LU-3-3 su prisutni pirit, plagioklasi, K-feldspati, muskovit/illit i kaolinit, dok kalcit nije značajnije zastupljen (Tablica 15). Uzorke iz najdonje jedinice LU-3-4 također dominantno gradi kvarc. Dva analizirana uzorka iz ove jedinice pokazuju varijacije u mineralnom sastavu. Naime, u uzorku s dubine 360-361 cm određeni su i muskovit/illit, smektit ili klorit, kaolinit, plagioklasi i K-feldspati, dok uzorak s dubine 350-351 cm obilježava i prisutnost kalcita, halita, te pirita (Slika 52). Analiza minerala glina ukazala je na zastupljenost klorita, illita i kaolinita (Tablica 15).

Tablica 15: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-3. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Pl-plagioklas, Kfs-K-feldspat, Chl-klorit, Kln- neuređen kaolinit, KlnD-uređen kaolinit, Py-pirit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA			JEDINICA
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA	
0-1	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
		5-10	Qtz, Py, Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln	Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-3-1
50-51	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
115-116	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
210-211	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
220-221	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
		220-225	Qtz, Dol, Py, Pl, Ms/I	Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-3-2
225-226	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
243-244	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
270-271	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Pl, Ms/I, Kln				
300-301	Qtz, Cal, Mg-cal, Hl, Arg, Dol, Ms/I, Pl, Kln				LU-3-3
330-331	Qtz, Cal jako nizak, Hl, Py, Pl, Kfs, Ms/I, Kln				
350-351	Qtz, Cal, Hl, Py, Pl, Kfs, Ms/I, Kln				
360-361	Qtz, Ms/I, Sm ili Chl, Kln, Pl, Kfs				
		360-365	Qtz, Ms/I, Sm ili Chl, Kln, Pl, Kfs	Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-3-4



Slika 52: Rendgenogrami uzoraka iz jedinice LU-3-1 (0-1 cm) i LU-3-4 (360-361 cm) iz jezgre sedimenata LK-3. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Pl-plagioklas, Kfs-kalijski feldspat, Kln-kaolinit.



Slika 53: Rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku iz jedinice LU-3-1 (0-5 cm) iz jezgre sedimenata LK-3. Simboli (Kretz, 1983): Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550 °C.

5.2.3.6 Analiza odabranih glavnih i elemenata u tragovima upotrebom masenog spektrometra s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS)

Određen je kemijski sastav na 51 uzorku iz jezgre sedimenata LK-3. Osnovni statistički parametri koncentracija odabranih elemenata Ca, Mg, Ti, Fe, K, Al, P, S, Sr, Cu, Pb, Mo i Mn u uzorcima iz jedinica LU-3-1, LU-3-2, LU-3-3 i LU-3-4 prikazani su u Tablici 16. Slika 54 prikazuje distribuciju elemenata s promjenom dubine, dok je na Slici 55 prikazana distribucija odabranih omjera elemenata s promjenom dubine. U Prilogu 3 dani su rezultati koncentracija odabranih elemenata na pojedinačnim uzorcima.

Uzorci iz jedinice LU-3-1 sadrže najviši udio Ca (21,46-28,67%), koji je u uzorcima iz jedinice LU-3-2 također relativno visok (11,97-22,4%) u odnosu na jedinice LU-3-3 (5,35-9,15%) i LU-3-4 (4,85-7,53%) (Tablica 16). Smanjenje udjela Ca s povećanjem dubine dobro se uočava na Slici 54.

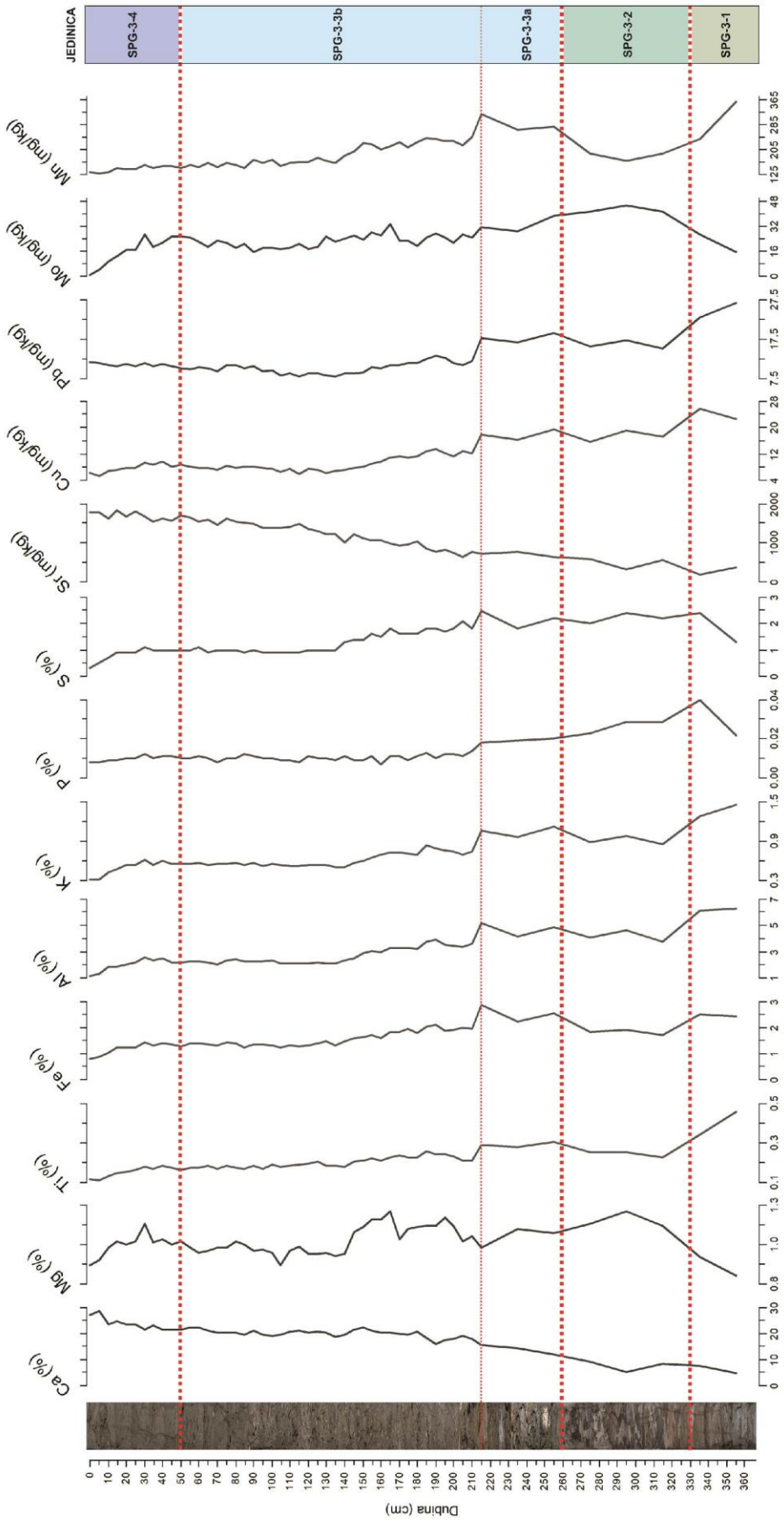
Tablica 16: Osnovni statistički parametri odabranih glavnih i elemenata u tragovima u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
Ca (%)	Srednja vrijednost	23,73	19,54	7,65	6,19	19,22
	Standardna devijacija	2,36	2,26	2,02	1,90	4,92
	Min	21,46	11,97	5,35	4,85	4,85
	Max	28,67	22,40	9,15	7,53	28,67
Mg (%)	Srednja vrijednost	1,05	1,08	1,20	0,91	1,07
	Standardna devijacija	0,07	0,09	0,05	0,08	0,09
	Min	0,92	0,92	1,17	0,85	0,85
	Max	1,18	1,26	1,26	0,97	1,26
Ti (%)	Srednja vrijednost	0,15	0,21	0,24	0,40	0,21
	Standardna devijacija	0,02	0,04	0,01	0,08	0,06
	Min	0,11	0,17	0,23	0,34	0,11
	Max	0,19	0,30	0,25	0,46	0,46
Fe (%)	Srednja vrijednost	1,20	1,65	1,83	2,48	1,60
	Standardna devijacija	0,21	0,39	0,10	0,05	0,43
	Min	0,79	1,24	1,73	2,44	0,79
	Max	1,43	2,89	1,92	2,51	2,89
K (%)	Srednja vrijednost	0,50	0,65	0,91	1,37	0,66
	Standardna devijacija	0,10	0,16	0,06	0,12	0,22
	Min	0,31	0,51	0,86	1,28	0,31
	Max	0,62	1,12	0,98	1,45	1,45
Al (%)	Srednja vrijednost	2,03	2,86	4,14	6,21	2,89
	Standardna devijacija	0,44	0,84	0,44	0,12	1,11
	Min	1,19	2,05	3,73	6,12	1,19
	Max	2,59	5,21	4,61	6,29	6,29
P (%)	Srednja vrijednost	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01
	Standardna devijacija	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	Min	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
	Max	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04
S (%)	Srednja vrijednost	0,85	1,36	2,20	1,85	1,32
	Standardna devijacija	0,25	0,45	0,20	0,78	0,52
	Min	0,30	0,90	2,00	1,30	0,30
	Max	1,10	2,50	2,40	2,40	2,50
Sr (mg/kg)	Srednja vrijednost	1697,73	1164,43	489,33	279,00	1205,02
	Standardna devijacija	100,31	318,76	154,12	132,94	438,18
	Min	1549,00	629,00	312,00	185,00	185,00
	Max	1839,00	1655,00	591,00	373,00	1839,00
Cu (mg/kg)	Srednja vrijednost	7,78	9,73	17,43	24,25	10,33
	Standardna devijacija	1,35	3,30	1,85	2,33	4,52
	Min	5,30	6,00	15,60	22,60	5,30
	Max	9,60	19,40	19,30	25,90	25,90
Pb (mg/kg)	Srednja vrijednost	10,98	10,81	16,00	24,90	11,70
	Standardna devijacija	0,46	2,60	1,06	2,69	3,69
	Min	10,20	7,90	15,20	23,00	7,90
	Max	11,60	19,20	17,20	26,80	26,80
Mo (mg/kg)	Srednja vrijednost	16,12	23,15	42,67	20,85	22,69
	Standardna devijacija	8,62	4,98	2,20	8,27	8,18
	Min	0,70	15,30	41,30	15,00	0,70
	Max	26,60	38,60	45,20	26,70	45,20
Mn (mg/kg)	Srednja vrijednost	142,55	197,57	183,00	298,00	188,78
	Standardna devijacija	8,68	43,01	13,00	84,85	49,27
	Min	128,00	144,00	168,00	238,00	128,00
	Max	154,00	318,00	191,00	358,00	358,00

Udio Mg u uzorcima iz jedinice LU-3-1 je u rasponu od 0,92-1,18%, u uzorcima iz jedinice LU-3-2 varira od 0,92-1,26%, u uzorcima iz jedinice LU-3-3 od 1,17-1,26%, te je u uzorcima iz jedinice LU-3-4 u rasponu od 0,85-0,97% (Tablica 16). Udjeli Mg rastu u sedimentima od jedinice LU-3-1 do jedinice LU-3-3, dok se udio smanjuje u sedimentima jedinice LU-3-4 (Slika 54). Udio Ti varira kroz jezgru LK-3 od 0,11-0,46%, a najniži je u uzorcima iz jedinice LU-3-1 (0,11-0,19%). S povećanjem

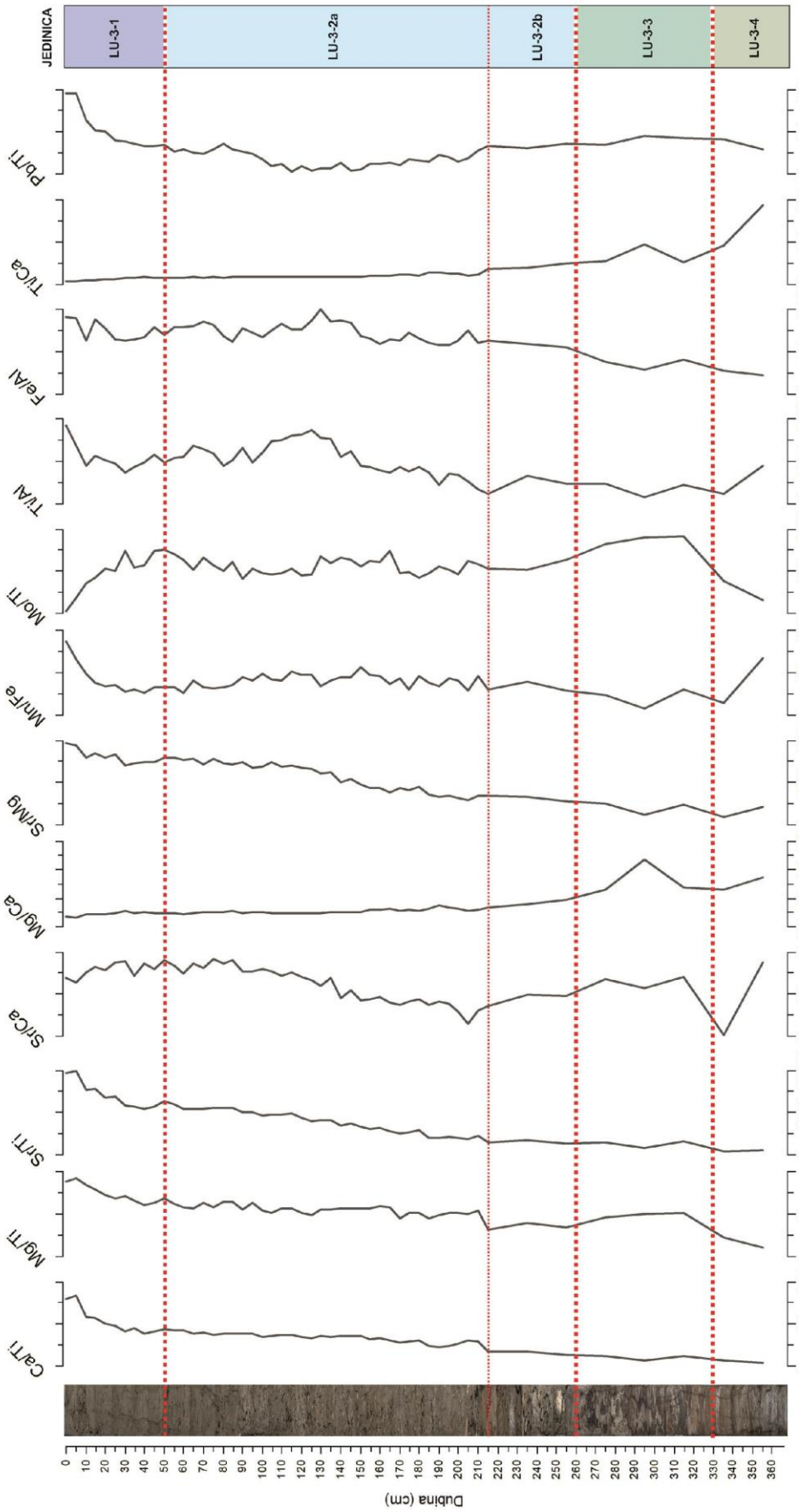
dubine jezgre raste i udio Ti (Slika 54), u uzorcima iz jedinica LU-3-2 (0,17-0,3%), LU-3-3 (0,23-0,25%) i LU-3-4 (0,34-0,46%) (Tablica 16). Udio Fe je u rasponu od 0,79-1,43% u uzorcima iz jedinice LU-3-1, od 1,24-2,89% u uzorcima iz jedinice LU-3-2, od 1,73-1,92% u uzorcima iz jedinice LU-3-3, te od 2,44-2,51% u uzorcima iz jedinice LU-3-4 (Tablica 16). Izražen je porast koncentracija Fe s porastom dubine. Sličan trend zabilježen je u distribuciji prethodno opisanog Ti, te Al i K (Slika 54). Udio Al je niži u uzorcima iz jedinica LU-3-1 (1,19-2,59%) i LU-3-2 (2,05-5,21%), dok su više koncentracije određene u uzorcima iz jedinica LU-3-3 (3,73-4,61%) i LU-3-4 (6,12-6,29%) (Tablica 16). Niži udio K također je izmjeren u uzorcima iz jedinica LU-3-1 (0,31-0,62%) i LU-3-2 (0,51-1,12%), dok je porast ovog elementa zabilježen u uzorcima iz jedinica LU-3-3 (0,86-0,98%) i LU-3-4 (1,28-1,45%) (Tablica 16). Udjeli P su relativno niski i dosta ujednačeni kroz jezgru (0,01-0,04%), iako se može pratiti trend povećanja P s porastom dubine jezgre, kao i kod prethodno opisanih elemenata (Tablica 16, Slika 54). Uzorci iz jedinice LU-3-1 sadrže najniži udio S (0,3-1,10%), koji je nešto veći u uzorcima iz donjih jedinica (LU-3-2: 0,9-2,5%; LU-3-3: 2-2,4%; LU-3-4: 1,3-2,4%).

Najviše koncentracije Sr izmjerene su u uzorcima iz jedinice LU-3-1 (1549-1839 mg/kg). U sedimentima jedinice LU-3-2 (629-1655 mg/kg), LU-3-3 (312-591 mg/kg) i LU-3-4 (185-373 mg/kg) koncentracije se snižavaju (Tablica 16). Distribucija Sr kroz jezgru slična je distribuciji Ca (Slika 54). Koncentracije Cu u rasponu su od 5,3-25,9 mg/kg. U uzorcima iz jedinice LU-3-1 određene su najniže koncentracije ovog elementa (5,3-9,6 mg/kg), te je zabilježen porast prema donjim dijelovima jezgre, odnosno jedinicama LU-3-2 (6-19,4 mg/kg), LU-3-3 (15,6-19,3 mg/kg) i LU-3-4 (22,6-25,9 mg/kg) (Tablica 16, Slika 54). Olovo ima veoma sličnu distribuciju kroz jezgru (Slika 54). Uzorci iz gornjih jedinica jezgre sedimenata LK-3 sadrže niže koncentracije Pb (LU-3-1: 10,2-11,6 mg/kg; LU-3-2: 7,9-19,2 mg/kg i LU-3-2: 15,2-17,2 mg/kg), u odnosu na uzorke iz najdonje jedinice LU-3-4 gdje su izmjerene najviše koncentracije ovog elementa (23-26,8 mg/kg) (Tablica 16). Koncentracije Mo imaju veliki raspon u jezgri sedimenata LK-3, od 0,7 mg/kg do 45,2 mg/kg. U uzorcima iz jedinice LU-3-3 određene su najviše koncentracije Mo (41,3-45,2 mg/kg). U sedimentima iz jedinica LU-3-2 (15,3-38,6 mg/kg) i LU-3-4 (15-26,7) koncentracije su također visoke, dok je smanjenje koncentracije ovog elementa uočeno u uzorcima iz jedinice LU-3-1 (0,7-26,6 mg/kg) (Tablica 16, Slika 54). U uzorcima iz jedinice LU-3-1 (128-154 mg/kg) izmjerene su najniže koncentracije Mn, dok su uzorcima iz jedinica LU-3-2 (144-318 mg/kg), LU-3-3 (168-191 mg/kg) i LU-3-4 (raspon od 238-358 mg/kg) koncentracije više (Tablica 16).



Slika 54: Distribucija odabranih glavnih i elemenata u tragovima u jezgri sedimenata LK-3.

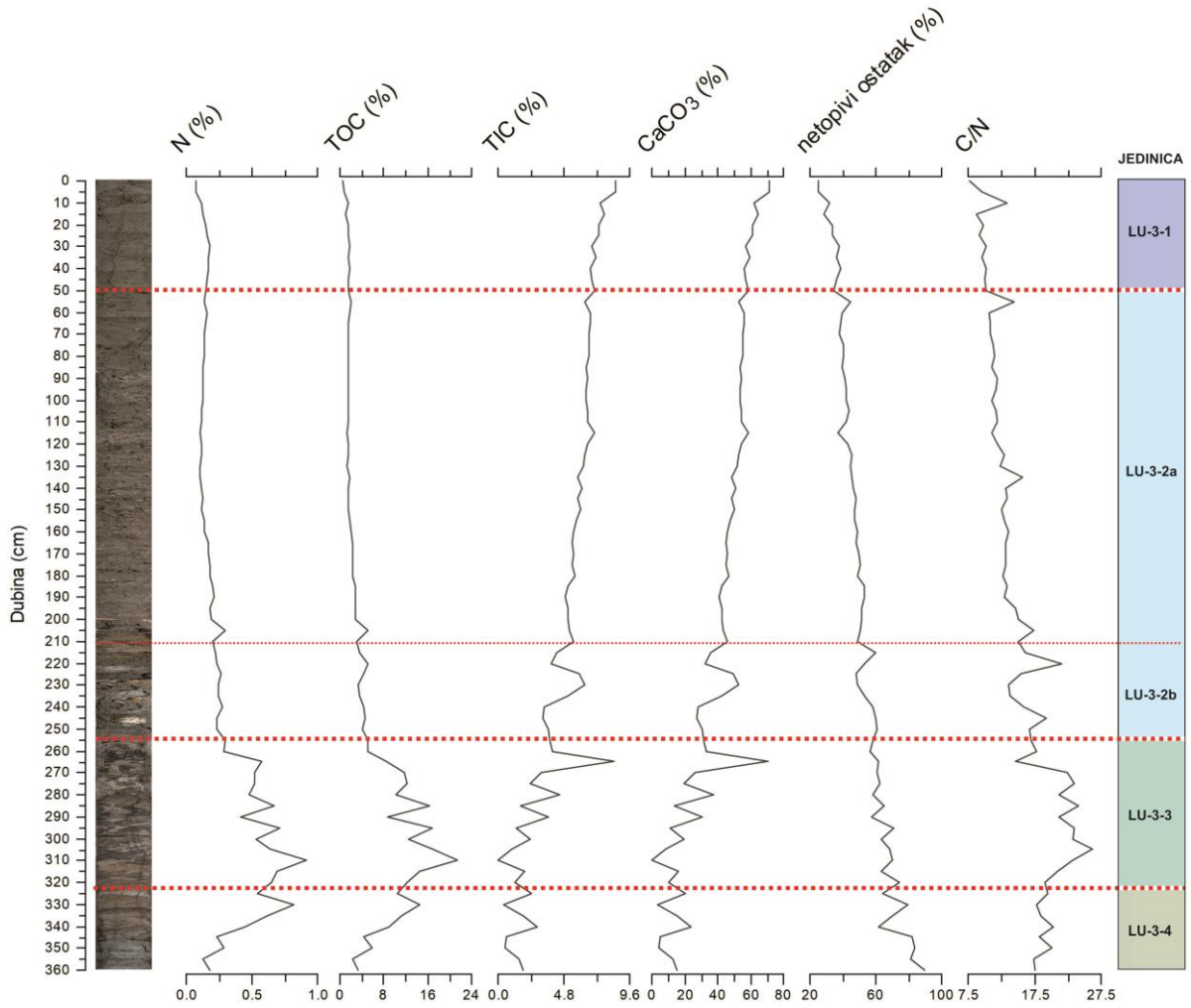
Promjene u omjerima odabranih elemenata (Ca/Ti, Mg/Ti, Sr/Ti, Sr/Ca, Mg/Ca, Sr/Mg, Mn/Fe, Mo/Ti, Ti/Al, Fe/Al, Ti/Ca i Pb/Ti) u jezgri sedimenata LK-3 prikazane su na Slici 55. Omjer Ca/Ti ima trend smanjenja u sedimentima prema dnu jezgre, od jedinice LU-3-1 prema jedinici LU-3-4. Veoma slične krivulje distribucije kroz jezgru sedimenata LK-3 imaju i omjeri Mg/Ti, Sr/Ti i Sr/Mg (Slika 55). Omjeri Mg/Ca i Ti/Ca niski su u gornjem dijelu jezgre (jedinice LU-3-1 i LU-3-2). U uzorcima iz jedinica LU-3-3 i LU-3-4 omjeri se povećavaju, s izraženim maksimumom na 296. i 355. cm jezgre. Distribucija omjera Sr/Ca duž jezgre sedimenata LK-3 mijenja se u izdvojenim jedinicama. Sedimenti jedinice LU-3-1 obilježeni su visokim omjerom Sr/Ca. U sedimentima jedinice LU-3-2 omjer se prvo blago smanjuje u podjedinici LU-3-2a, te potom raste u podjedinici LU-3-2b. Pri prelasku iz jedinice LU-3-2 u jedinicu LU-3-3 omjer u sedimentima nastavlja rasti, te se potom naglo smanjuje na dubini od 335 cm, nakon čega ponovno raste. Omjer Mn/Fe se smanjuje u sedimentima s dubinom jezgre (od jedinice LU-3-1 prema jedinici LU-3-4). Najviši omjer određen je u najgornjih 10 cm jezgre. Omjer Mo/Ti ima suprotnu distribuciju. U uzorcima iz jedinice LU-3-1 omjer Ti/Al je visok. Izraženiji porast ovog omjera može se uočiti u uzorcima iz podjedinice LU-3-2a, s najvišim vrijednostima u intervalu od 105-140 cm jezgre. Do smanjenja omjera dolazi u sedimentima jedinica LU-3-3 i LU-3-4. Omjer Fe/Al ima trend smanjenja od vrha (jedinica LU-3-1) prema dnu jezgre (jedinica LU-3-4). Pb/Ti omjer je visok u sedimentima jedinice LU-3-1, posebice u intervalu od 0-10 cm (Slika 55).



Slika 55: Distribucija odabranih omjera elemenata u jezgri sedimenata LK-3.

5.2.3.7 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Udjeli ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC), te netopivog ostatka određeni su na ukupno 73 uzorka iz jezgre sedimenata LK-3. Izračunat je udio kalcij karbonata ($CaCO_3$) i C/N omjer. Na Slici 56 prikazane su varijacije u distribuciji udjela i omjera s dubinom jezgre, dok su u Prilogu 5 prikazani numerički rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima. U Tablici 17 dani su osnovni statistički parametri određenih udjela i C/N omjera u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre sedimenata LK-3.



Slika 56: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-3.

Udio N u jezgri sedimenata LK-3 u rasponu je od 0,07-0,92%. U uzorcima iz jedinice LU-3-1 udio N je nizak (0,07-0,18%) (Tablica 17). Najniži udio u cijeloj jezgri određen je na dubini jezgre od 5 cm (0,07%), nakon čega dolazi do blagog porasta udjela u sedimentima prema kraju jedinice LU-3-1 (Slika 56). Sedimenti jedinice LU-3-2 također su obilježeni niskim udjelom N (0,1-0,3%). Udio N je visok (0,41-0,92%) u uzorcima iz jedinice LU-3-3, s maksimumom na dubini od 310 cm. Do smanjenja

udjela dolazi u sedimentima jedinice LU-3-4 u odnosu na jedinicu LU-3-3, te izmjereni udjeli variraju između 0,13-0,61% (Tablica 17, Slika 56).

Tablica 17: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
N (%)	Srednja vrijednost	0,14	0,18	0,62	0,32	0,27
	Standardna devijacija	0,04	0,06	0,14	0,18	0,20
	Min	0,07	0,10	0,41	0,13	0,07
	Max	0,18	0,30	0,92	0,61	0,92
TOC (%)	Srednja vrijednost	1,38	2,51	13,34	6,00	4,71
	Standardna devijacija	0,41	1,26	3,62	3,54	4,82
	Min	0,61	1,18	8,44	2,26	0,61
	Max	1,81	5,22	21,42	11,35	21,42
TIC (%)	Srednja vrijednost	7,42	5,62	2,48	1,54	4,96
	Standardna devijacija	0,64	1,02	2,12	0,85	2,20
	Min	6,76	3,23	0,05	0,55	0,05
	Max	8,57	7,00	8,52	2,81	8,57
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	61,81	46,84	20,67	12,87	41,28
	Standardna devijacija	5,35	8,46	17,67	7,12	18,35
	Min	56,31	26,93	0,39	4,62	0,39
	Max	71,37	58,33	70,96	23,42	71,37
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	32,84	47,89	65,79	78,34	51,56
	Standardna devijacija	4,85	6,37	6,31	10,34	14,20
	Min	24,91	36,89	57,43	62,00	24,91
	Max	39,01	60,45	79,61	90,10	90,10
C/N	Srednja vrijednost	9,86	13,74	21,50	18,70	15,05
	Standardna devijacija	1,41	2,48	2,97	1,23	4,45
	Min	7,65	10,66	14,74	17,35	7,65
	Max	13,41	21,69	26,17	20,36	26,17

Udio TOC-a u jezgri sedimenata LK-3 u rasponu je od 0,61-21,42%. Najmanji udio određen je u površinskom dijelu jezgre (Slika 56). U sedimentima jedinice LU-3-1 udio je rasponu od 0,61-1,81% (Tablica 17). Udio TOC-a u sedimentima jedinice LU-3-2 je u rasponu od 1,18-5,22%, dok u sedimentima jedinice LU-3-3 dolazi do značajnog porasta udjela (8,44-21,42%). Sedimenti jedinice LU-3-4 obilježeni su smanjenjem udjela TOC-a (2,26-11,35%) (Tablica 17, Slika 56).

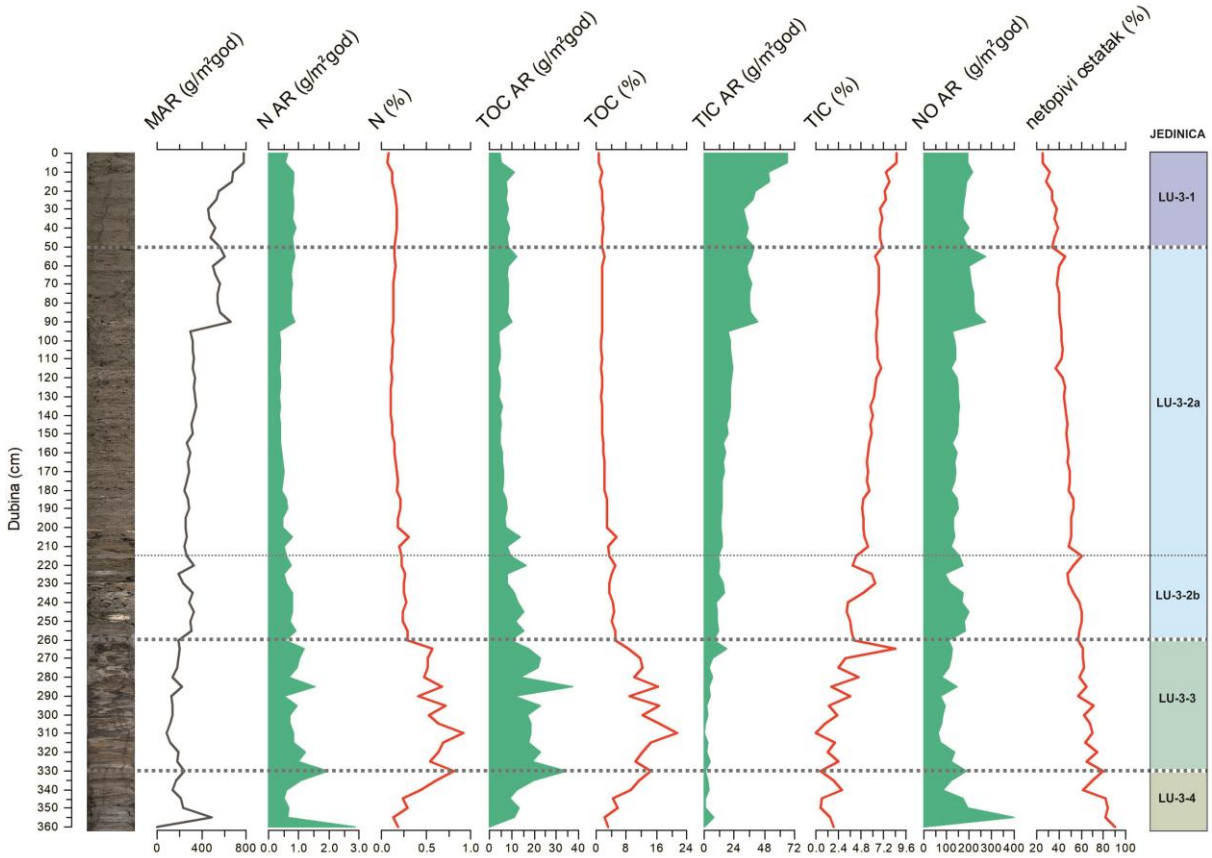
Udio TIC-a u jezgri sedimenata LK-3 varira od 0,05-8,57%. Najviši udio određen je u uzorcima iz jedinice LU-3-1 (6,76-8,57%) (Tablica 17). S povećanjem dubine jezgre udio TIC-a u sedimentima se smanjuje, od jedinica LU-3-2 (3,23-7%) i LU-3-3 (0,05-8,52%) do jedinice LU-3-4 (0,55-2,81%). Iznimka je uzorak na dubini od 265 cm (jedinica LU-3-3) u kojem je određen udio TIC-a od 8,52%. Udio $CaCO_3$ u jezgri sedimenata LK-3 je u rasponu od 0,39-71,37% (Tablica 17, Slika 56).

Udio netopivog ostatka varira od 24,91-90,1%. Do povećanja ovog udjela dolazi s povećanjem dubine jezgre, od sedimenata jedinice LU-3-1 (24,91-39,01%), LU-3-2 (36,89-60,45%), LU-3-3 (57,43-79,61%) do sedimenata jedinice LU-3-4 (62-90,1%) (Tablica 17, Slika 56).

Omjer C/N je u rasponu od 7,65-26,17. Sedimenti jedinice LU-3-1 obilježeni su najnižim omjerom u cijeloj jezgri (7,65-13,41). U uzorcima iz jedinice LU-3-2 dolazi do porasta C/N omjera (10,66-21,69), koji se nastavlja i uzorcima iz jedinice LU-3-3 (14,74-26,17). Visoki omjer također je određen u uzorcima iz jedinice LU-3-4 (17,35-20,36) (Tablica 17, Slika 56).

5.2.3.8 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR)

Brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR) izračunate su na 73 uzorka iz jezgre sedimenata LK-3 (Slika 57). Prikaz osnovnih statističkih parametara dan je u Tablici 18, dok su u Prilogu 6 dani rezultati izračuna na pojedinačnim uzorcima.



Slika 57: Varijacije u brzini akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka s dubinom u jezgri sedimenata LK-3.

U jezgri sedimenata LK-3 MAR je u rasponu od 1,68-779,22 g/m^{2}god. Najveći fluks određen je u sedimentima iz jedinice LU-3-1 (461,85-779,22 g/m^{2}god) (Slika 57, Tablica 18). Do smanjenja MAR-a dolazi s povećanjem dubine jezgre LK-3 (Slika 57). Izračunati MAR u sedimentima iz jedinice LU-3-2 je u rasponu 191,7-660,02 g/m^{2}god, u uzorcima iz jedinice LU-3-3 od 88,26-240,09 g/m^{2}god, te uzorcima iz jedinice LU-3-4 od 1,68-488,91 g/m^{2}god (Tablica 18).

Tablica 18: Osnovni statistički parametri fluksa sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-3.

		LU-3-1	LU-3-2	LU-3-3	LU-3-4	UKUPNO JEZGRA
MAR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	589,49	343,68	162,54	207,87	334,82
	Standardna devijacija	119,00	115,39	46,24	160,19	169,66
	Min	461,85	191,70	88,26	1,68	1,68
	Max	779,22	660,02	240,09	488,91	779,22
N AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	0,78	0,57	1,00	1,07	0,73
	Standardna devijacija	0,10	0,18	0,38	0,92	0,38
	Min	0,56	0,34	0,52	0,50	0,34
	Max	0,90	0,92	1,96	2,90	2,90
TOC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	7,77	7,99	21,15	11,00	10,73
	Standardna devijacija	1,71	3,33	7,13	6,46	6,76
	Min	4,74	3,80	11,02	0,05	0,05
	Max	11,14	16,42	37,07	19,79	37,07
TIC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	44,38	19,88	4,22	2,90	19,17
	Standardna devijacija	12,94	9,26	4,28	2,73	15,45
	Min	31,38	7,74	0,04	0,03	0,03
	Max	66,76	42,95	17,60	7,69	66,76
NO AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	188,65	160,26	107,53	162,92	154,64
	Standardna devijacija	13,92	40,64	35,94	134,42	55,57
	Min	171,57	92,47	62,19	1,51	1,51
	Max	217,33	272,31	191,12	398,06	398,06

Fluks N u analiziranoj jezgri varira između 0,34-2,9 g/m^{2}god. Niži N AR određen je u sedimentima jedinice LU-3-1 (0,56-0,9 g/m^{2}god) i LU-3-2 (0,34-0,92 g/m^{2}god). Fluks raste u sedimentima jedinice LU-3-3, te je u rasponu od 0,52-1,96 g/m^{2}god. U sedimentima jedinice LU-3-4 izračunat je N AR od 0,5-2,9 g/m^{2}god (Tablica 18, Slika 57).

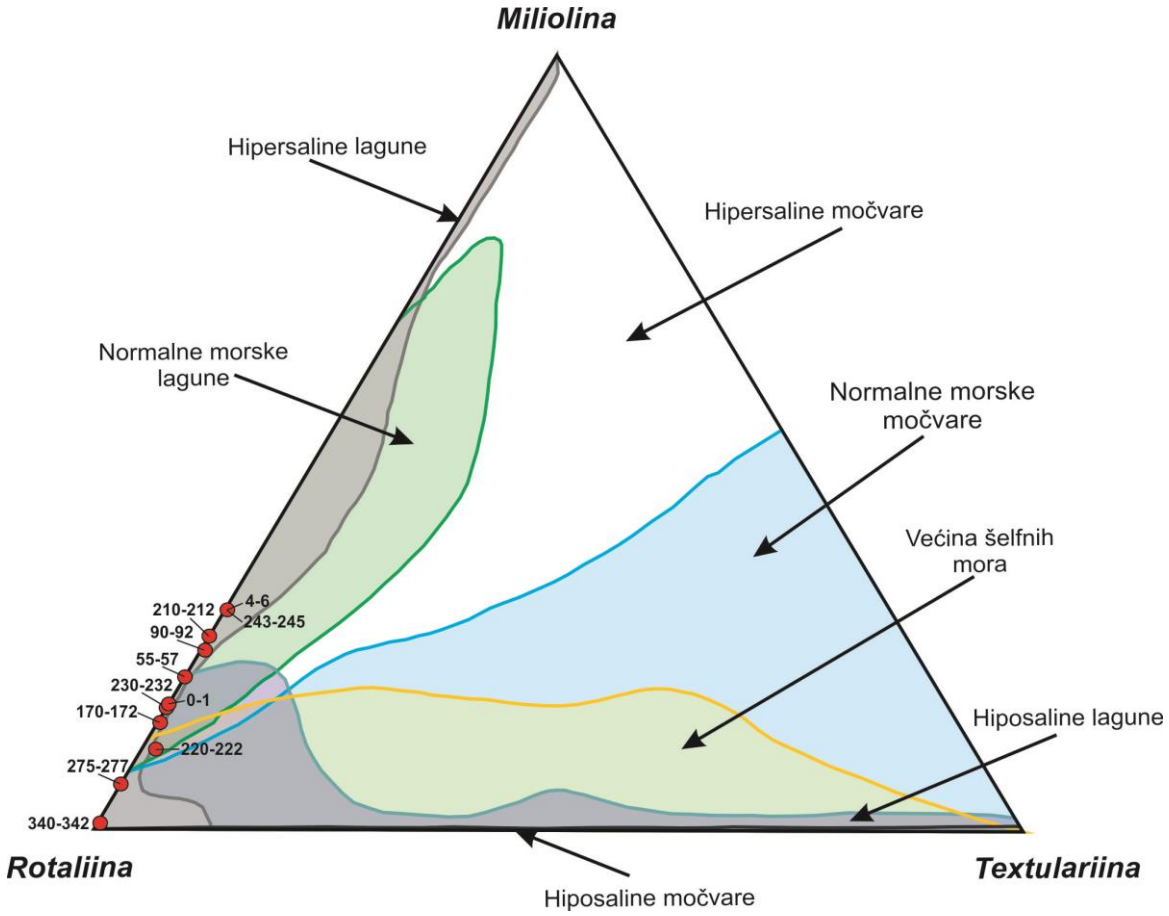
Fluks TOC-a u jezgri LK-3 je u rasponu od 0,05-37,07 g/m^{2}god. U sedimentima jedinice LU-3-1 TOC AR je od 4,74-11,14 g/m^{2}god, u jedinici LU-3-2 od 3,8-16,42 g/m^{2}god, u jedinici LU-3-3 od 11,02-37,07 g/m^{2}god, te u jedinici LU-3-4 od 0,05-19,79 g/m^{2}god (Tablica 18). TOC AR raste s dubinom jezgre, do kraja jedinice LU-3-3 nakon čega dolazi do smanjenja fluksa (Slika 57).

Izračunat je fluks TIC-a u rasponu od 0,03-66,7 g/m^{2}god. Generalno, TIC AR se snižava s porastom dubine jezgre LK-3 (Slika 57). TIC AR u uzorcima iz jedinice LU-3-1 varira od 31,38-66,7 g/m^{2}god, u uzorcima iz LU-3-2 od 7,74-42,95 g/m^{2}god, u uzorcima iz LU-3-3 od 0,04-17,60 g/m^{2}god, te u uzorcima iz jedinice LU-3-4 od 0,03-7,69 g/m^{2}god (Tablica 18).

Netopivi ostatak je akumuliran brzinom od 1,51-398,06 g/m^{2}god u jezgri sedimenata LK-3. U sedimentima jedinice LU-3-1 NO AR varira od 171,57-217,33 g/m^{2}god (Tablica 18, Slika 57). NO AR je u sedimentima jedinice LU-3-2 u rasponu od 92,47-272,31 g/m^{2}god, u LU-3-3 od 62,19-191,12 g/m^{2}god, a u LU-3-4 od 1,51-398,06 g/m^{2}god (Tablica 18).

5.2.3.9 Rezultati analize foraminiferske zajednice

U 12 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-3 analizirana je zajednica foraminifera. Prepoznato je 106 vrsta i 40 rodova foraminifera. Od ukupnog broja određenih vrsta njih 55 pripada podredu Rotaliina, 48 podredu Miliolina, te 3 podredu Textulariina. U uzorcima nema planktonskih foraminifera, već su sve određene vrste bentičke. Popis determiniranih rodova i vrsta foraminifera u uzorcima iz jezgre sedimenata LK-3 dan je u Prilogu 7. Table I-V pokazuju jedinke iz analiziranih jezgara. Na Slici 58 prikazani su uzorci iz jezgre LK-3 u trokomponentnom dijagramu na temelju udjela podredova i odgovarajućim okolišima (Murray, 1973).



Slika 58: Trokomponentni dijagram prema Murray (1973) s uzorcima iz jezgre sedimenata LK-3 (crveno).

Iz jedinice LU-3-1 analizirani su uzorci iz intervala 0-1 cm i 4-6 cm. Određena su ukupno 22 roda, te 37 vrsta foraminifera u uzorku 0-1 cm. Najveći broj vrsta je iz podreda Rotaliina (22), dok je manje vrsta iz podreda Miliolina (15). Najveći udio jedinki također je iz podreda Rotaliina (85%). Jedinke iz podreda Miliolina su manje zastupljene (15%). Dominante vrste u uzorku su: *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) (23,1%), *H. depressula* (11,9%) i *Gavelinopsis praegeri* (Heron-Allen & Earland, 1913) (10,5%). Srednje zastupljene vrste su: *A. tepida*, *Asterigerinata mamilla* (Williamson,

1848) i *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland, 1930 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,85, indeks ravnomjernosti je 0,78, dok je Fisher α indeks 12,37 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 4-6 cm prepoznato je 20 rodova i 45 vrsta foraminifera. Od navedenog broja vrsta njih 26 pripada podredu Rotaliina, dok 19 vrsta pripada podredu Miliolina. Oko 72% izdvojenih jedinki foraminifera je iz podreda Rotaliina, te oko 28% iz podreda Miliolina. Dominantne vrste su *A. tepida* (10,87%) i *Cribroelphidium gerthi* (Van Voorthuysen, 1957) (20,5%), dok su srednje zastupljene vrste *Asterigerinata adriatica* Haake, 1977, *E. translucens*, *Peneroplis pertusus* (Forskål, 1775), *Quinqueloculina bosciana* d'Orbigny, 1839, *Quinqueloculina schlumbergeri* (Wiesner, 1923) i *Rosalina floridensis* (Cushman, 1930) (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,08, indeks ravnomjernosti je 0,8, dok je Fisher α indeks 15,15 (Prilog 7).

U jedinici LU-3-2 izabrani su sljedeći intervali u kojima je analizirana zajednica foraminifera: 55-57 cm, 90-92 cm, 170-172 cm, 210-212 cm, 220-222 cm, 230-232 cm i 243-245 cm. U uzorku iz intervala 55-57 cm prepoznate su 42 vrste foraminifera, koje se mogu svrstati u 20 rodova. Većina vrsta (24) je iz podreda Rotaliina, dok je 18 vrsta iz podreda Miliolina. Od ukupno izbrojanih 289 jedinki, oko 81% pripada podredu Rotaliina, dok oko 19% pripada podredu Miliolina. U uzorku su dominantne vrste *A. tepida* (17,6%) i *C. gerthi* (17,3%), dok su srednje zastupljene vrste *Ammonia beccarii* (Linné,1758), *Elphidium fichtelianum* (d'Orbigny, 1846), *E. translucens* i *Porosononion* sp.1 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,03, indeks ravnomjernosti je 0,8, dok je Fisher α indeks 13,98 (Prilog 7).

Ukupno je determinirano 20 rodova i 43 vrste foraminifera u uzorku iz intervala od 90-92 cm. Od navedenog broja vrsta njih 24 pripada podredu Rotaliina, 18 podredu Miliolina, dok jedna vrsta pripada podredu Textulariina. Oko 77% izdvojenih jedinki foraminifera je iz podreda Rotaliina, 22,7% iz podreda Miliolina, te 0,3% iz podreda Textulariina. U uzorku dominiraju jedinke *Ammonia* sp. (16,78%), dok su srednje zastupljene vrste *A. beccarii*, *Elphidium* sp., *C. gerthi*, *E. fichtelianum*, *H. germanica*, *Triloculina oblonga* (Montagu, 1803) i *R. floridensis* (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,11, indeks ravnomjernosti je 0,82, dok je Fisher α indeks 15,01 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 170-172 cm određeno je 19 rodova i 47 vrsta foraminifera. Najveći broj vrsta je iz podreda Rotaliina (29), dok je nešto manje vrsta iz podreda Miliolina (18). Ukupno je izbrojano 437 jedinki, od čega je 86,73% iz podreda Rotaliina, te 13,27% iz podreda Miliolina. U uzorku dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (28,6%) i *C. gerthi* (11,44%), dok su jedinke vrsta *A. beccarii*, *E. Fichtelianum*, *E. translucens* i *H. germanica* nešto manje zastupljene (Prilog 7). Jedinke su

dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,81, indeks ravnomjernosti je 0,72, dok je Fisher α indeks 14,15 (Prilog 7).

Ukupno 46 vrsta i 17 rodova foraminifera prepoznato je u uzorku iz intervala od 210-212 cm. Od navedenog broja vrsta, 26 vrsta je iz podreda Rotaliina, dok 20 vrsta pripada podredu Miliolina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 75,5%, dok je udio jedinki iz podreda Miliolina 24,5%. Dominantne vrste u uzorku su *A. tepida* (26,16%) i *C. gerthi* (15,89%). Srednje zastupljene vrste su: *Ammonia* sp., *A. beccarii* i *Q. bosciana* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,86, indeks ravnomjernosti je 0,74, dok je Fisher α indeks 16,08 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala od 220-222 cm determinirana su 23 roda i 50 vrsta foraminifera. Od ukupnog broja vrsta njih 31 pripada podredu Rotaliina, 15 podredu Miliolina, te 3 podredu Textulariina. Ukupno 88,6% jedinki je iz podreda Rotaliina, dok je 10,2% jedinki iz podreda Miliolina, te 1,2% jedinki iz podreda Textulariina. Dominantne vrste u uzorku su: *A. tepida* (17,9%), *Ammonia* sp. (10,1%) i *C. gerthi* (13,4%). Srednje zastupljene vrste su: *A. beccarii*, *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen & Earland, 1913), *E. fichtelianum*, *E. translucens*, *Haynesina* sp.1 i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,06, indeks ravnomjernosti je 0,78, dok je Fisher α indeks 16,75 (Prilog 7).

Prepoznato je 20 rodova i 37 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 230-232 cm. Najveći je broj vrsta (22) iz podreda Rotaliina, dok je 15 vrsta iz podreda Miliolina. Udio podreda Rotaliina među prepoznatim jedinkama iznosi 84,7%, dok je udio podreda Miliolina 15,3%. U uzorku dominiraju vrste *A. tepida* (28,4%) i *C. gerthi* (21,3%), dok su srednje zastupljene vrste *E. fichtelianum* i *Porosononion* sp.1 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,61, indeks ravnomjernosti je 0,72, dok je Fisher α indeks 11,04 (Prilog 7).

Rezultati su pokazali da zajednicu uzorka iz intervala 243-245 cm čini 37 vrsta i 19 rodova. Od navedenog broja vrsta njih 21 je iz podreda Rotaliina, dok je 16 vrsta iz podreda Miliolina. Oko 72% izdvojenih jedinki foraminifera je iz podreda Rotaliina, dok oko 28% zajednice čine jedinke iz podreda Miliolina. U zajednici dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (27,4%) i *E. translucens* (11,6%), dok su srednje zastupljene vrste *Ammonia* sp., *C. gerthi* i *Quinqueloculina seminula* (Linné, 1758) (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,74, indeks ravnomjernosti je 0,75, dok je Fisher α indeks 11,78 (Prilog 7).

U jedinici LU-3-3 analiziran je uzorak iz intervala 275-277 cm. Određeno je 20 rodova i 34 vrsta foraminifera. Ukupno 24 vrste pripadaju podredu Rotaliina, a 10 podredu Miliolina. Od 330 jedinki, oko 95% je iz podreda Rotaliina, dok je oko 5% jedinki iz podreda Miliolina. Izrazita je dominacija vrste *A. tepida*, koja čini 46,4% zajednice. Manje su zastupljene vrste *A. beccarii*, *C. gerthi*,

E. fichtelianum i *E. translucens* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,23, indeks ravnomjernosti je 0,63, dok je Fisher α indeks 9,9 (Prilog 7).

Analizirani su uzorci iz intervala 340-342 cm i 349-350 cm iz jedinice LU-3-4. U uzorku s dubine 340-342 cm prepoznato je 10 rodova i 19 vrsta foraminifera. Od ukupnog broja vrsta njih 18 pripada podredu Rotaliina, dok 1 pripada podredu Miliolina. Većina jedinki (99,6%) je iz podreda Rotaliina, dok je 0,4% jedinki iz podreda Miliolina. Dominantne vrste su *A. tepida* (23,1%) i *H. depressula* (19,7%). Srednje zastupljene vrste su *A. beccarii*, *A. mamilla* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,2, indeks ravnomjernosti je 0,73, dok je Fisher α indeks 5,27 (Prilog 7).

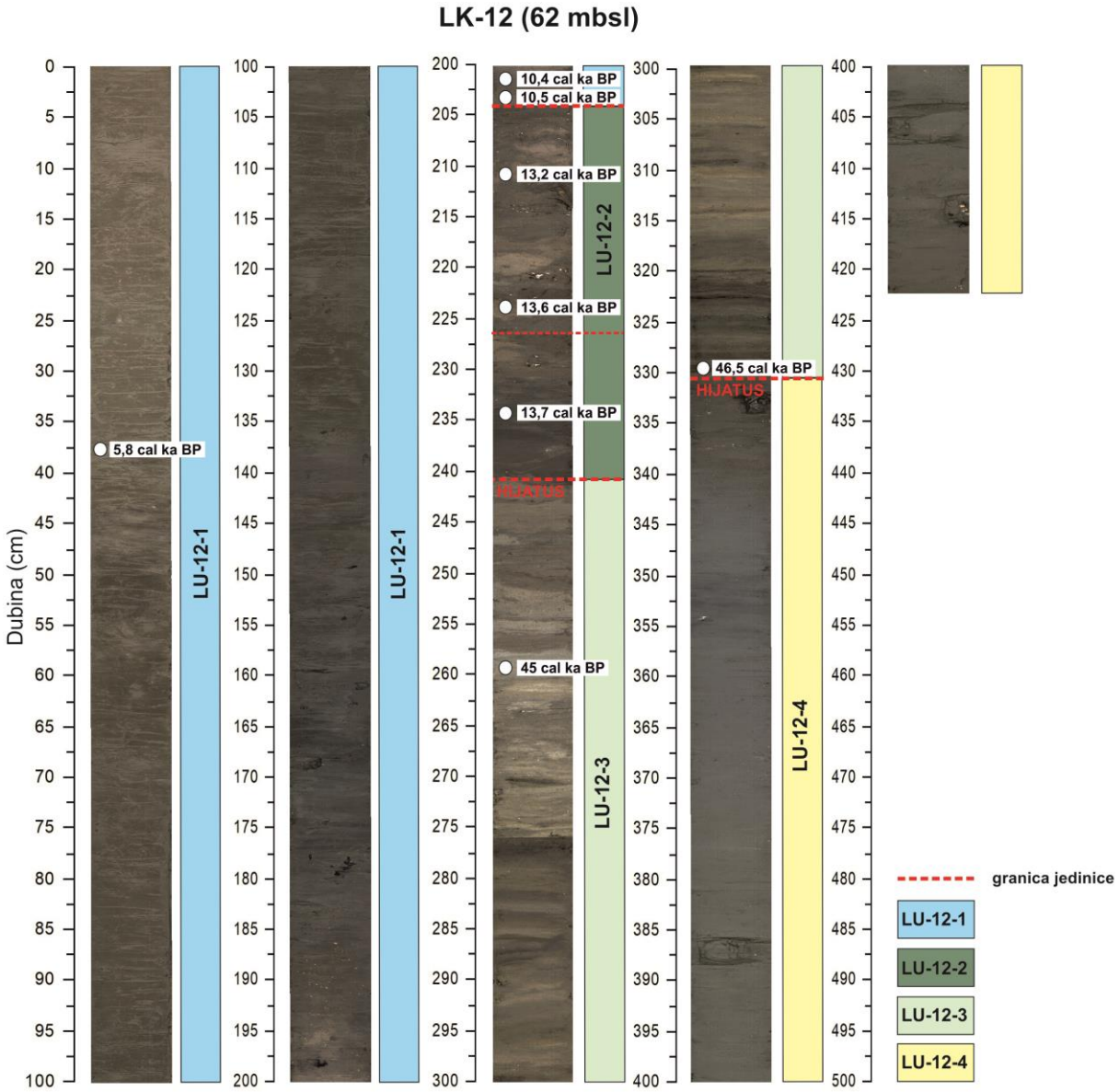
U uzorku iz intervala 349-350 cm izbrojano je svega 16 jedinki foraminifera. Određena su 4 roda i 6 vrsta, a sve jedinke pripadaju podredu Rotaliina. Gotovo 44% jedinki pripada vrsti *A. tepida*, a manje su zastupljene vrste *H. depressula*, *A. parkinsoniana*, *A. beccarii* i *A. mamilla* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Indeksi raznolikosti nisu izračunati za uzorak, zbog malog broja jedinki (16).

5.2.4 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-12

Jezgra sedimenata LK-12, dužine 422 cm, izbušena je u Lošinjskom kanalu na dubini mora od 62 m.

5.2.4.1 Opis jezgre sedimenata

U gornjem dijelu jezgre LK-12 (jedinica LU-12-1) sediment je tamno smeđe do sive boje (Slika 59). Od makrofosilnih ostataka pronađeni su mekušci *Mytilus* sp. i *Cerastoderma* sp. Od 204. cm jezgre (početak jedinice LU-12-2) sediment je nešto svjetliji s izmjenom svjetlo i tamno smeđih proslojaka (podjedinica LU-12-2a). U najdonjih 10 cm jedinice (podjedinica LU-12-2b) sediment je tamniji u odnosu na sediment iz gornjeg dijela jedinice (Slika 59).

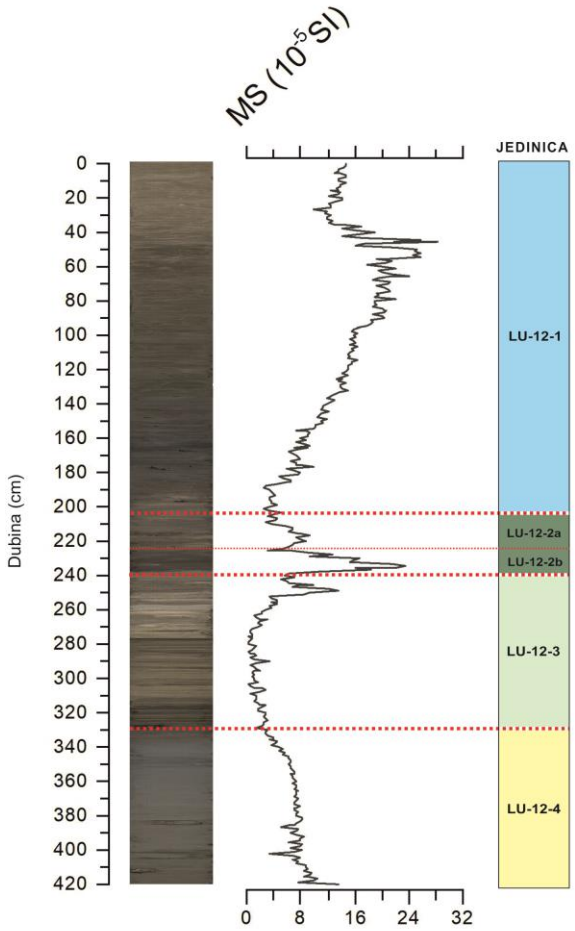


Slika 59: Prikaz jezgre sedimenata LK-12 i izdvojenih jedinica.

U sedimentima jedinice LU-12-2 osobito su brojne kućice gastropoda *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), *Theodoxus* sp. i *Turritella* sp. Sediment jedinice LU-12-3 je laminiran i svjetliji. Gornji dio sedimenata jedinice (240-280 cm) obilježen je debljim laminama svjetlo sive do svjetlo smeđe boje. Prema donjem dijelu jedinice LU-12-3 dolazi do promjene, te su lamine znatno tanje i tamnije (Slika 59). Pronađeni su ostaci gastropoda *B. tentaculata*, dok su od 286. cm do kraja jedinice osobito brojni operkulumi gastropoda. Od 329. cm do kraja jezgre (jedinica LU-12-4) sediment je sive boje i homogen (Slika 59). Brojni su ostaci makrofosila, školjkaša, gastropoda i ježinaca. Prepoznati su rodovi mekušaca *Cerastoderma* sp., *Turritella* sp. i *Cerithium* sp. U sedimentu iz gornjeg dijela jedinice LU-12-4 ostaci makrofosila su fragmentirani.

5.2.4.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) u jezgri sedimenata LK-12 varira od 0,2-28,3 x 10^{-5} SI (Slika 60, Tablica 19). Visoki MS (2,5-28,3 x 10^{-5} SI) obilježava sedimente iz jedinice LU-12-1 (Tablica 19). Susceptibilitet je konstantan od vrha jezgre do dubine od 37 cm, nakon čega raste i doseže maksimum u intervalu od 38-55 cm. U sedimentima iz donjeg dijela jedinice LU-12-1 MS se smanjuje.



Slika 60: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.

Tablica 19: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	13,68	9,31	2,59	6,92	9,50
	Standardna devijacija	5,55	5,69	2,58	1,75	6,31
	Min	2,50	2,90	0,20	2,90	0,20
	Max	28,30	23,60	13,60	13,70	28,30

U sedimentu iz jedinice LU-12-2 izmjeren MS je u rasponu od 2,9-23,6 x 10^{-5} SI (Tablica 19). Susceptibilitet raste u sedimentu iz podjedinice LU-12-2a, te se potom snižava na početku podjedinice LU-12-2b. U intervalu od 233-236 cm MS je visok (Slika 60). U sedimentu iz jedinice LU-12-3 MS ima raspon od 0,2-13,6 x 10^{-5} SI (Tablica 19). U sedimentima ove jedinice postoje značajne razlike u MS. Na početku jedinice izražen je maksimum na dubini od 248-249 cm, dok je donji dio jedinice obilježen najnižim MS u cijeloj jezgri sedimenata. U sedimentu iz jedinice LU-12-4 MS varira od 2,9-13,7 x 10^{-5} SI, s rastom prema kraju jezgre (Tablica 19, Slika 60).

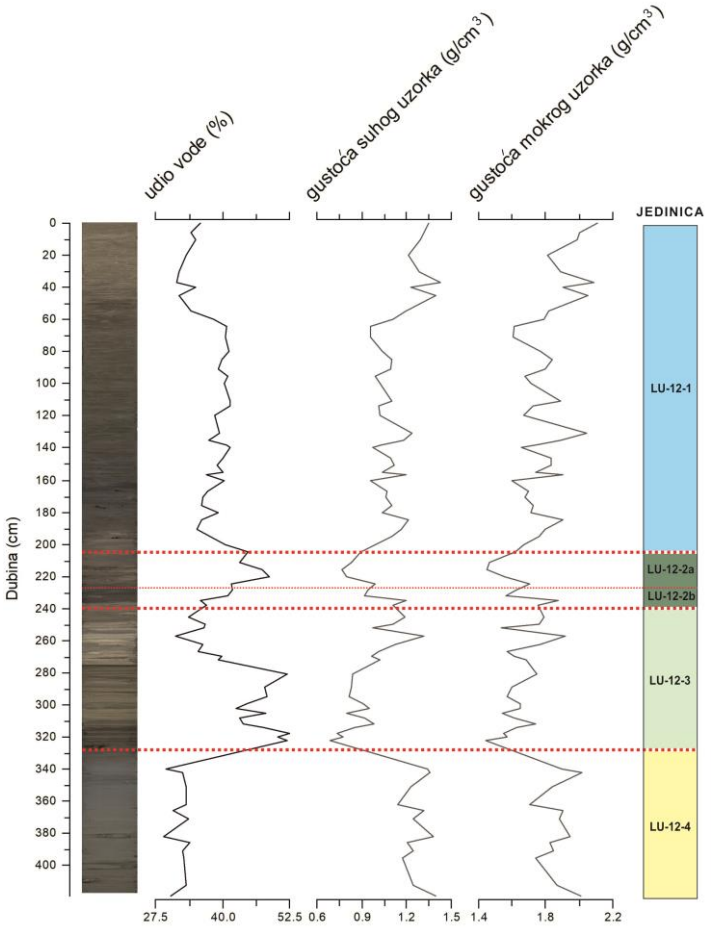
5.2.4.3 Rezultati odredbe udjela vode i gustoće suhog i mokrog uzorka

Na ukupno 78 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12 određen je udio vode, te gustoća suhog i mokrog uzorka. Slika 61 je grafički prikaz rezultata, dok su u Prilogu 1 dani numerički rezultati analiza. U Tablici 20 su navedeni osnovni statistički parametri udjela vode, te gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima svake jedinice.

Udio vode u analiziranoj jezgri je u rasponu od 29-52%. U sedimentima jedinice LU-12-1 udio varira od 32-42%. Niži udio određen je u gornjem dijelu jezgre (interval od 0-50 cm). Uzorke iz jedinice LU-12-2 obilježava porast udjela vode (36-49%). U uzorcima iz jedinice LU-12-3 udio (31-52%) se prvo snižava te potom značajno raste. Najveći udio vode određen je u sedimentima u intervalu od 272-329 cm. U uzorcima iz jedinice LU-12-4 udio je niži (29-34%) (Tablica 20, Slika 61).

Gustoća mokrog uzorka varira od 1,44-2,11 g/cm^3 u jezgri sedimenata LK-12. U uzorcima iz jedinice LU-12-1 gustoća je u rasponu od 1,6-2,11 g/cm^3, sa sniženjem prema kraju jedinice. Sedimenti iz jedinice LU-12-2 imaju raspon gustoće mokrog uzorka od 1,45-1,87 g/cm^3, a sedimenti iz jedinice LU-12-3 od 1,44-1,92 g/cm^3. Gustoća raste u uzorcima iz jedinice LU-12-4 i u rasponu je od 1,71-2,01 g/cm^3 (Tablica 20, Slika 61).

Gustoća suhog uzorka pokazuje varijacije od 0,69-1,43 g/cm^3. U sedimentima iz jedinice LU-12-1 gustoća je u rasponu između 0,96-1,43 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-12-2 između 0,77-1,20 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-12-3 između 0,69-1,32 g/cm^3, te u sedimentima iz jedinice LU-12-4 između 1,14-1,4 g/cm^3 (Tablica 20, Slika 61).



Slika 61: Prikaz varijacija u udjelu vode, gustoći suhog i mokrog uzorka s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.

Tablica 20: Osnovni statistički parametri izračuna udjela vode, gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
UDIO VODE (%)	Srednja vrijednost	37,84	42,39	43,11	32,07	38,83
	Standardna devijacija	2,98	4,25	6,64	1,68	5,58
	Min	31,53	35,90	31,33	29,11	29,11
	Max	41,55	48,70	52,47	33,88	52,47
GUSTOĆA MOKROG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	1,81	1,62	1,65	1,87	1,76
	Standardna devijacija	0,14	0,14	0,11	0,09	0,15
	Min	1,60	1,45	1,44	1,71	1,44
	Max	2,11	1,87	1,92	2,01	2,11
GUSTOĆA SUHOG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	1,13	0,94	0,94	1,27	1,08
	Standardna devijacija	0,13	0,14	0,16	0,08	0,18
	Min	0,96	0,77	0,69	1,14	0,69
	Max	1,43	1,20	1,32	1,40	1,43

5.2.4.4 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

Granulometrijske analize napravljene su na ukupno 87 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12. Na Slici 62 prikazana je raspodjela udjela pojedinih frakcija u siliciklastičnoj+karbonatnoj i siliciklastičnoj komponenti, te se može vidjeti razlika u dobivenim rezultatima primjenom različitih metoda pripreme uzoraka. Tablice 21 i 22 daju prikaz osnovnih statističkih parametara

granulometrijskih analiza u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12. Rezultati granulometrijskih analiza na pojedinačnim uzorcima dani su u Prilogu 2.

5.2.4.4.1 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične+karbonatne komponente metodom laserske difrakcije

Rezultati odredbe veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti jezgre sedimenata LK-12 ukazali su da je udio silta u rasponu od 64-92%. Udio vrlo krupnog silta varira od 0-40%, krupnog silta od 0-30%, srednjeg silta od 7-26%, sitnog silta od 7-29%, te vrlo sitnog silta od 4-30%. Određen je udio čestica veličine glina od 3-36%, dok je udio pijeska u rasponu od 0-15%. Udio sitnog pijeska je nizak (0-0,1%), dok udio vrlo sitnog pijeska varira od 0-15% (Tablica 21). Svi analizirani uzorci su loše sortirani (Prilog 2), a srednja veličina čestica je od 2,8-33,21 μm (Slika 62). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 63).

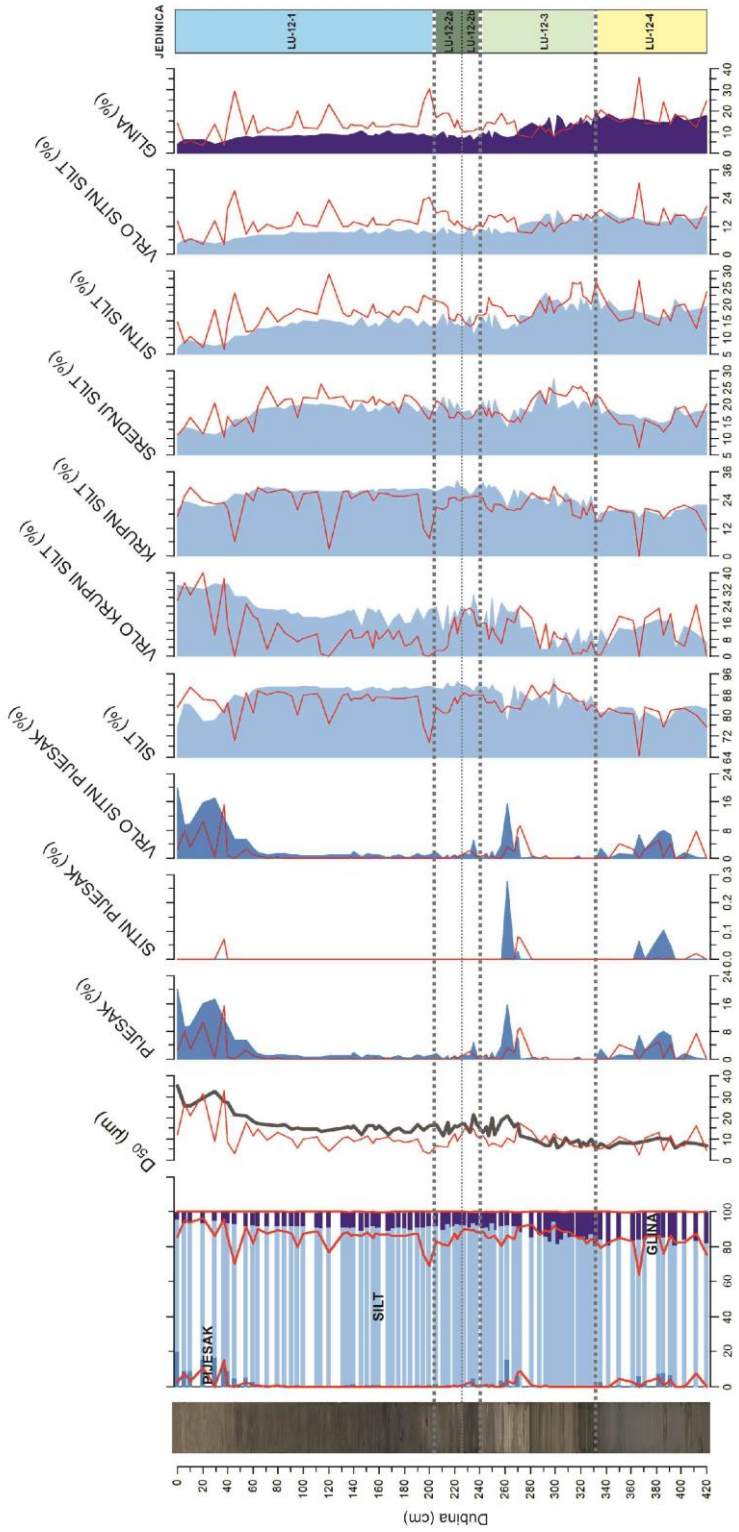
Postoje razlike u udjelima određenih frakcija siliciklastične+karbonatne komponente u sedimentima iz izdvojenih jedinica (Slika 62). Sedimente najgornje jedinice LU-12-1 dominantno grade čestice veličine silta (69-91%). Udjeli vrlo krupnog silta (0-40%), krupnog silta (3-29%), srednjeg silta (10-26%), sitnog silta (6-29%) i vrlo sitnog silta (4-27%) veoma su varijabilni u različitim uzorcima jedinice. Siliciklastična+karbonatna komponenta sedimenata iz jedinice LU-12-1 sadrži značajniji udio čestica veličine gline (3-31%), dok je udio pijeska u rasponu od 0-15% (Tablica 21). Srednja veličina čestica u svim uzorcima iz jedinice varira od 3,32-33,21 μm (Slika 62).

U sedimentu iz jedinice LU-12-2 najviše je čestica veličine silta (81-89%), s većim udjelima srednjeg (16-21%), sitnog (13-21%) i vrlo sitnog silta (10-18%) u gornjem dijelu jedinice (interval 204-220 cm), dok udio vrlo krupnog silta (3-23%) raste u sedimentu iz donjeg dijela jedinice (podjedinica LU-12-2b). Udio čestica veličine glina u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti je u rasponu od 10-19%, dok je udio frakcije pijeska znatno niži (0-2%) (Tablica 21). Određena je srednja veličina čestica svih uzoraka u rasponu od 6,07-15,75 μm (Slika 62).

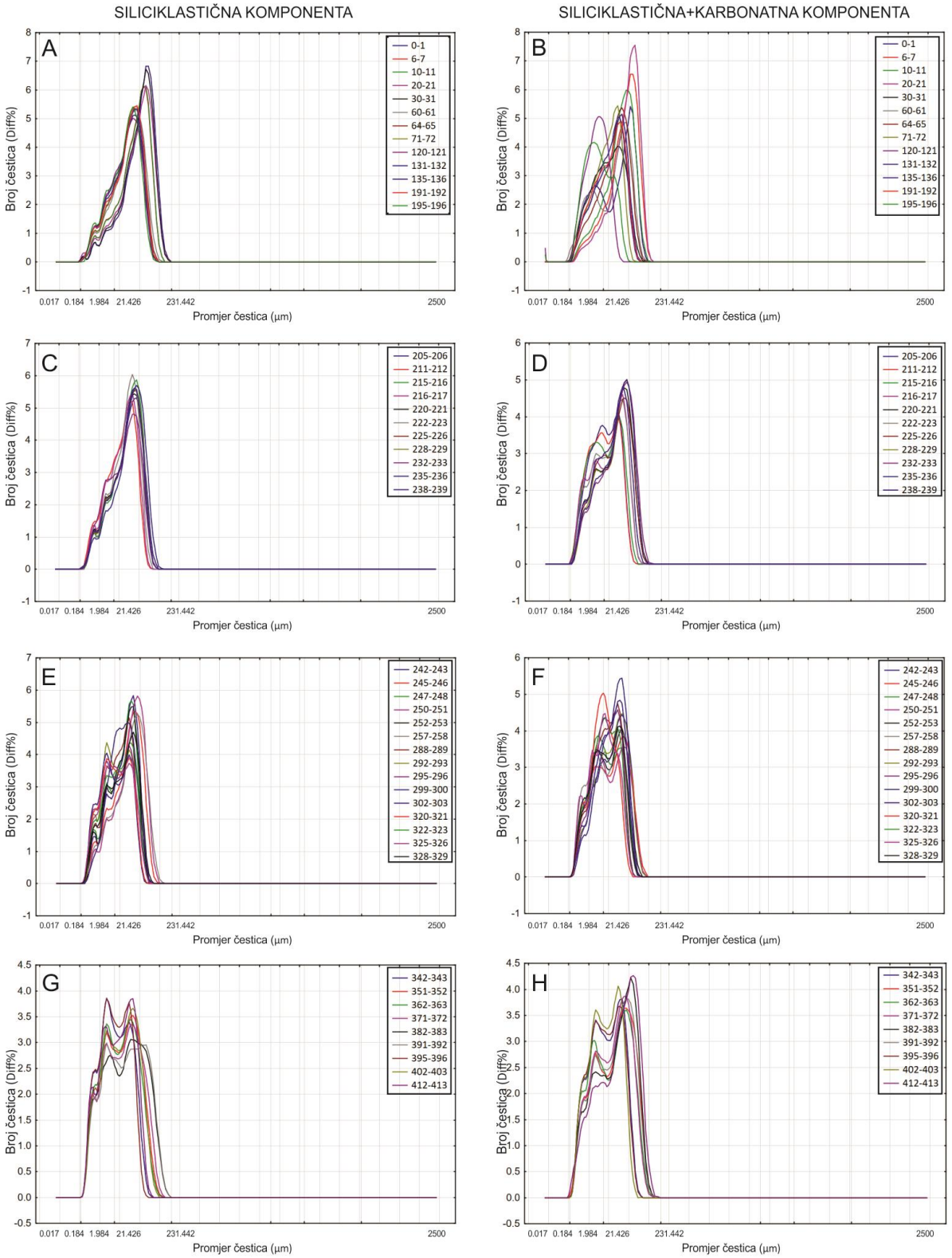
Udio silta je visok u sedimentima iz jedinice LU-12-3, te varira od 81-92%. Udjeli krupnog (16-30%), srednjeg (15-26%), sitnog (14-27%) i vrlo sitnog silta (9-17%) su viši u uzorcima iz donjeg dijela jedinice. Udio čestica veličine glina je u rasponu od 7-19%, sa značajnijim porastom ove frakcije u uzorcima iz gornjeg dijela jedinice LU-12-3 (240 cm) (Tablica 21, Slika 62). Pijesak je zastupljen u udjelu do 9% u uzorku na dubini od 272 cm. Srednja veličina čestica u uzorcima iz jedinice LU-12-3 varira od 6,42-17,61 μm (Slika 62).

Siliciklastična+karbonatna komponenta sedimenata iz najdonje jedinice LU-12-4 dominantno sadrži siltozni materijal (64-83%). Međutim, udio silta je niži u odnosu na prethodno opisane jedinice. Udjeli vrlo krupnog silta (0-25%), krupnog silta (0-22%), srednjeg silta (7-23%), sitnog silta (13-27%) i

vrlo sitnog silta (11-30%) veoma su varijabilni. Udio pijeska raste i u rasponu je od 0-8%. Udio gline također se povećava i doseže vrijednost od 36% (366 cm) (Tablica 21, Slika 62). U uzorcima iz jedinice LU-12-4 srednja veličina čestica je u rasponu od 2,8-33,21 µm (Slika 62).



Slika 62: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti (crvene linije), te siliciklastičnoj komponenti (plave siluete) jezgre sedimenata LK-12.



Slika 63: Krivulje distribucije veličine čestica u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-12: A) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-1, B) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-1, C) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-2, D) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-2, E) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-3, F) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-3, G) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-4, H) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-12-4.

Tablica 21: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	1,24	0,67	1,07	1,89	1,22
	Standardna devijacija	3,21	0,78	2,43	2,48	2,66
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	15,24	2,35	9,12	7,52	15,24
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
	Standardna devijacija	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	0,07	0,00	0,08	0,02	0,08
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	1,24	0,67	1,06	1,89	1,22
	Standardna devijacija	3,20	0,78	2,41	2,47	2,65
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	15,17	2,35	9,04	7,50	15,17
SILT (%)	Srednja vrijednost	85,18	85,23	86,22	79,58	84,59
	Standardna devijacija	4,93	3,09	3,08	5,05	4,78
	Min	69,37	80,86	80,93	64,31	64,31
	Max	91,06	88,74	92,34	83,34	92,34
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,49	13,49	9,94	10,99	11,64
	Standardna devijacija	10,25	7,66	6,84	9,11	8,84
	Min	0,00	2,64	0,96	0,00	0,00
	Max	39,75	22,85	24,04	24,58	39,75
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	23,47	23,73	21,89	16,91	21,99
	Standardna devijacija	6,41	2,04	3,49	5,68	5,61
	Min	3,01	20,09	15,92	0,03	0,03
	Max	29,32	25,80	30,00	21,66	30,00
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	18,95	17,56	20,62	16,03	18,79
	Standardna devijacija	3,95	1,66	3,73	4,30	4,00
	Min	10,41	15,87	14,79	7,18	7,18
	Max	26,13	21,03	25,55	22,98	26,13
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	16,74	16,61	19,84	18,98	17,98
	Standardna devijacija	4,45	2,50	3,40	4,72	4,20
	Min	6,39	13,27	14,17	12,50	6,39
	Max	28,97	20,90	26,81	26,96	28,97
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	13,53	13,82	13,93	16,67	14,19
	Standardna devijacija	5,04	3,01	2,49	4,81	4,26
	Min	4,18	10,24	9,08	10,77	4,18
	Max	27,11	18,43	17,17	30,14	30,14
GLINA (%)	Srednja vrijednost	13,58	14,11	12,71	18,53	14,19
	Standardna devijacija	5,83	3,71	3,03	6,16	5,29
	Min	3,45	9,84	7,41	12,29	3,45
	Max	30,63	19,13	19,05	35,69	35,69

5.2.4.4.2 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične komponente metodom laserske difrakcije

Granulometrijska analiza siliciklastične komponente u jezgri sedimenata LK-12 ukazala je na dominaciju materijala veličine silta, u rasponu od 75-94%. Velika je varijabilnost pojedinih frakcija silta, s udjelom vrlo krupnog silta od 0-35%, krupnog silta od 14-32%, srednjeg silta od 10-28%, sitnog silta od 7-25%, te vrlo sitnog silta od 4-18%. Udio čestica veličine glina je u rasponu od 4-20%. Udio vrlo sitnog pijeska iznosi od 0-20% (Tablica 22). Svi analizirani uzorci su loše sortirani, dok je srednja veličina čestica u rasponu od 5,46-35,19 μm (Prilog 2). Postoje razlike u udjelima određenih frakcija u uzorcima iz izdvojenih jedinica. Posebice su značajne promjene u udjelima komponenata frakcije silta duž jezgre (Slika 62). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 63).

Siliciklastičnu komponentu sedimenata iz jedinice LU-12-1 dominantno grade čestice veličine silta (75-91%), s najvećim udjelom vrlo krupnog (13-35%) i krupnog silta (20-29%). Udio silta raste u sedimentima od vrha jezgre prema dnu jedinice LU-12-1, s izraženim porastom na dubini od 45 cm. Vrlo sitni pijesak zastupljen je u udjelu do 20%. Do smanjenja udjela ove frakcije dolazi u sedimentima u donjem dijelu jedinice (interval 60-204 cm). Udio čestica veličine glina u sedimentima raste s dubinom jedinice LU-12-1, te je u rasponu od 4-10% (Tablica 22, Slika 62). Određena je srednja veličina čestica siliciklastične komponente u uzorcima u rasponu od 12,06-35,19 μm (Prilog 2).

Sedimente iz jedinice LU-12-2 obilježava visoki udio silta (89-92%), s manjim smanjenjem ove frakcije u uzorcima iz podjedinice LU-12-2a. Udjeli vrlo krupnog (11-29%), krupnog (26-32%), srednjeg (13-28%), sitnog (11-17%) i vrlo sitnog (6-12%) silta variraju. U sedimentima iz podjedinice LU-12-2b nešto je veći udio vrlo krupnog silta u odnosu na sedimente iz podjedinice LU-12-2a (Slika 62). Udio čestica veličine gline u rasponu je od 6-10%, dok je udio pijeska nizak (0-5%) (Tablica 22). Srednja veličina zrna u uzorcima iz jedinice LU-12-2 varira od 11,57-21,68 μm (Prilog 2).

U siliciklastičnoj komponenti uzoraka iz jedinice LU-12-3 dominiraju čestice veličine silta (77-94%), dok je udio čestica veličine glina (6-18%) i pijeska (0-16%) niži. Najviše je krupnog silta (21-31%), a vrlo krupni silt (3-28%), srednji silt (13-28%), sitni (12-23%) i vrlo sitni silt (8-18%) su podjednako zastupljeni (Tablica 22, Slika 62). U uzorcima iz donjeg dijela jedinice prevladavaju sitnozrnatije frakcije silta (Slika 62). Određena je srednja veličina čestica siliciklastične komponente u uzorcima iz jedinice LU-12-3 u rasponu od 5,92-20,84 μm (Prilog 2).

Sedimente iz jedinice LU-12-4 također dominantno gradi silt (77-84%). Udio čestica veličine gline varira od 14-20%, a pijeska od 0-8% (Slika 62). Podjednaka je zastupljenost svih frakcija silta (Tablica 22). Srednja veličina čestica u uzorcima iz jedinice LU-12-4 varira od 5,46-10,66 μm (Prilog 2).

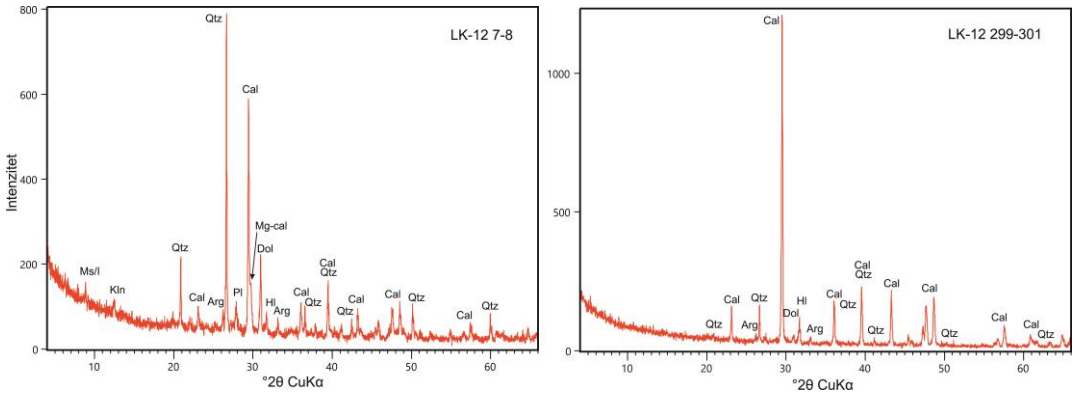
Tablica 22: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	3,57	1,19	1,22	2,73	2,46
	Standardna devijacija	5,26	1,33	3,32	3,10	4,18
	Min	0,15	0,04	0,00	0,00	0,00
	Max	20,22	4,90	15,62	8,13	20,22
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	3,56	1,19	1,21	2,71	2,45
	Standardna devijacija	5,22	1,33	3,26	3,07	4,15
	Min	0,15	0,04	0,00	0,00	0,00
	Max	20,03	4,90	15,34	8,02	20,03
SILT (%)	Srednja vrijednost	88,47	91,14	86,95	80,97	87,16
	Standardna devijacija	4,05	1,08	3,72	2,10	4,53
	Min	75,36	89,07	76,78	77,28	75,36
	Max	91,20	92,81	94,40	83,70	94,40
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	23,07	20,72	11,76	11,33	17,64
	Standardna devijacija	6,10	5,20	7,46	5,43	8,32
	Min	13,32	10,89	3,23	0,31	0,31
	Max	34,73	29,28	27,51	17,41	34,73
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	26,86	28,84	25,12	18,56	25,28
	Standardna devijacija	2,50	1,61	3,24	2,21	4,08
	Min	19,87	25,84	20,56	14,07	14,07
	Max	29,16	32,15	31,11	21,90	32,15
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	17,47	18,62	19,50	17,20	18,16
	Standardna devijacija	2,99	1,93	2,88	2,35	2,87
	Min	10,13	15,37	12,94	14,42	10,13
	Max	20,70	21,98	27,83	23,45	27,83
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,76	13,91	17,67	18,50	15,24
	Standardna devijacija	2,66	1,92	3,40	2,40	3,72
	Min	6,71	10,47	11,79	15,71	6,71
	Max	16,24	17,00	23,34	24,56	24,56
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	8,30	9,05	12,90	15,37	10,85
	Standardna devijacija	1,78	1,46	3,09	1,54	3,52
	Min	4,29	6,72	7,62	13,43	4,29
	Max	11,09	11,75	18,41	18,04	18,41
GLINA (%)	Srednja vrijednost	7,96	7,67	11,83	16,31	10,38
	Standardna devijacija	1,41	1,13	3,48	1,68	3,82
	Min	4,41	6,03	5,59	14,22	4,41
	Max	10,47	10,13	17,93	19,56	19,56

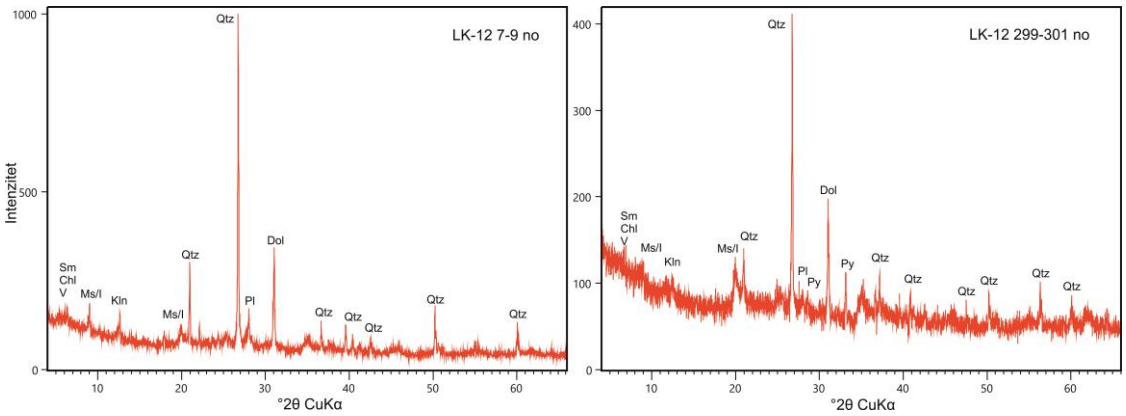
5.2.4.5 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

Mineralni sastav 26 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12 prikazan je u Tablici 23. Na 5 uzoraka napravljena je determinacija minerala glina (Tablica 23). U ukupnom sastavu uzoraka iz jedinice LU-12-1 prevladavaju kvarc, kalcit i dolomit. U uzorcima iz donjeg dijela jedinice značajnije je zastupljen aragonit, dok u gornjem plagioklasi. Također su determinirani i halit, muskovit/illit, kaolinit, amfiboli, dok je u jednom uzorku (38-39 cm) identificiran visoko-magnezijski kalcit (Tablica 23, Slika 64, 65). Halit je nastao sekundarno iz porne vode. Analiza minerala glina na jednom uzorku iz jedinice LU-12-1 ukazala je na prisutnost smektita, klorita, illita i uređenog i neuređenog kaolinita. Sastav minerala glina u svim analiziranim uzorcima iz jezgre sedimenata LK-12 je sličan, osim što se u jednom uzorku

pojavljuje samo neuređen kaolinit (Tablica 23, Slika 66). Sedimente iz jedinice LK-12-2 grade kvarc, aragonit, kalcit i dolomit, a također su prisutni i halit, plagioklasi, muskovit/illit, kaolinit i plagioklasi. U jednom uzorku (229-230 cm) određeni su amfiboli. Ukupni mineralni sastav 6 uzoraka iz jedinice LU-12-3 ukazao je na značajnu promjenu i dominaciju kalcita u svim uzorcima. Osim kalcita, u uzorcima iz donjeg dijela jedinice određeni su i kvarc, dolomit, halit, aragonit i muskovit/illit. U uzorcima iz gornjeg dijela jedinice osim navedenih minerala prisutni su također plagioklasi i kaolinit, dok dolomit postaje značajnije zastupljen (Tablica 23, Slika 64, 65). U sedimentima iz jedinice LU-12-4 prevladava kvarc, te karbonatni minerali (dolomit, kalcit i aragonit). Od ostalih minerala određeni su halit, te muskovit/illit i kaolinit (isključivo u gornjem dijelu jedinice), plagioklasi (isključivo u donjem dijelu jedinice), dok su K-feldspati i gips utvrđeni u najdonjem uzorku (>398 cm) (Tablica 23).



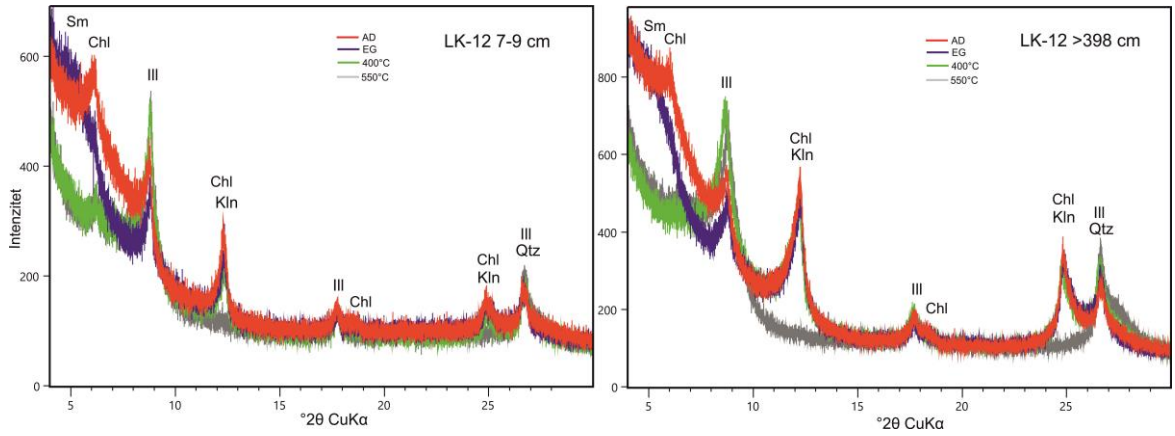
Slika 64: Rendgenogrami uzorka iz jedinice LU-12-1 (7-8 cm) i uzorka iz jedinice LU-12-3 (290-301 cm). Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Pl-plagioklas, Kln-kaolinit.



Slika 65: Rendgenogrami netopivih ostataka uzorka iz jedinice LU-12-1 (7-9 cm) i uzorka iz jedinice LU-12-3 (290-301 cm). Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Dol-dolomit, Py-pirit, Pl-plagioklas, Sm-smektit, Chl-klorit, V-vermikulit, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit.

Tablica 23: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-12. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Sm-smektit, Ill-illit, Pl-plagioklas, Kfs-K-feldspat, Chl-klorit, A-amfibol, Kln- neuređen kaolinit, KlnD-uređen kaolinit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA			JEDINICA
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA	
7-8	Qtz, Cal, Dol, Arg, Pl, Hl, Ms/I, Kln	7-9	Qtz, Dol, Pl, Sm/V/Chl	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	
38-39	Qtz, Cal, Dol, Arg, Mg-cal, Pl, Ms/I, Kln, Hl				
56-57	Qtz, Cal, Dol, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Hl, Arg				
81-82	Qtz, Cal, Dol, Pl, Ms/I, Kln, Hl, Arg				
115-116	Qtz, Cal, Dol, Pl, Arg, Ms/I, Kln, Hl, A				LU-12-1
139-140	Qtz, Cal, Dol, Pl, Arg, Ms/I, Kln, Hl, A				
158-159	Qtz, Cal, Dol, Arg, Pl, Ms/I, Kln, A, Hl				
177-178	Qtz, Cal, Dol, Arg, Pl, Ms/I, Kln, Hl				
187-188	Qtz, Cal, Dol, Arg, Pl, Hl, Ms/I, Kln				
201-202	Qtz, Cal, Dol, Arg, Pl, Ms/I, Kln, Hl				
202-203	Qtz, Arg, Cal, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Kln				
212-213	Qtz, Arg, Cal, Dol, Pl, Hl, Ms/I, Kln	212-214	Qtz, Dol, Ms/I, Pl, Py	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	
221-222	Qtz, Arg, Cal, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Kln				LU-12-2
229-230	Qtz, Cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Kln, A				
232-233	Qtz, Arg, Cal, Dol, Pl, Hl, Ms/I, Kln	232-233	Qtz, Dol, Pl, Ms/I, Kln, Py	Sm, Chl, Ill, KlnD	
239-240	Cal, Dol, Qtz, Hl, Arg, Pl, Ms/I				
251-252	Cal, Dol, Qtz, Hl, Pl, Ms/I, Kln				
268-269	Cal, Dol, Qtz, Arg, Hl, Pl, Ms/I				
300-301	Cal, Qtz, Hl, Dol, Arg	300-302	Qtz, Dol, Py, Pl	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-12-3
309-310	Cal, Qtz, Dol, Hl, Arg				
319-320	Cal, Qtz, Dol, Hl, Arg, Ms/I				
341-342	Qtz, Dol, Cal, Arg, Hl, Ms/I				
352-353	Qtz, Dol, Cal, Arg, Hl, Ms/I, Kln				
372-373	Qtz, Cal, Dol, Arg, Hl, Pl				LU-12-4
396-397	Qtz, Dol, Cal, Arg, Hl, Pl				
>398	Qtz, Dol, Cal, Arg, Ms/I, Hl, Pl, Kfs, Gp	>398	Qtz, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	



Slika 66: Rendgenogrami identificiranih minerala glina u uzorku iz jedinice LU-12-1 (7-9 cm) i uzorku iz jedinice LU-12-4 (>398 cm). Simboli (Kretz, 1983): Sm-smektit, Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550°.

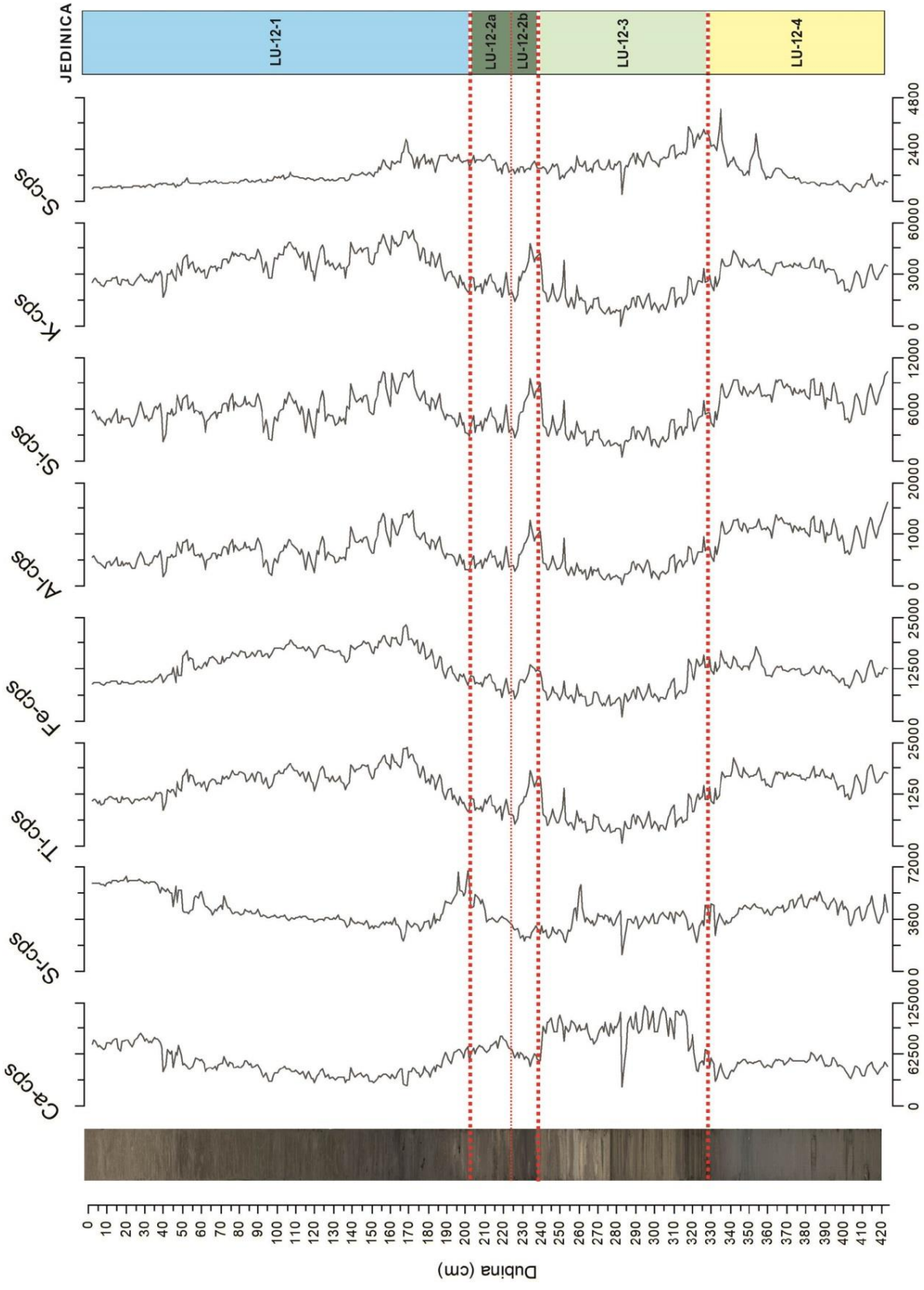
5.2.4.6 Analiza kemijskog sastava jezgre upotrebom µXRF skenera jezgara

Na Slici 67 i 68 prikazane su promjene odabranih elemenata i omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-12. U Prilogu 4 dani su numerički rezultati mjerenja odabranih elemenata na µXRF skeneru jezgara i izračunati omjeri elemenata.

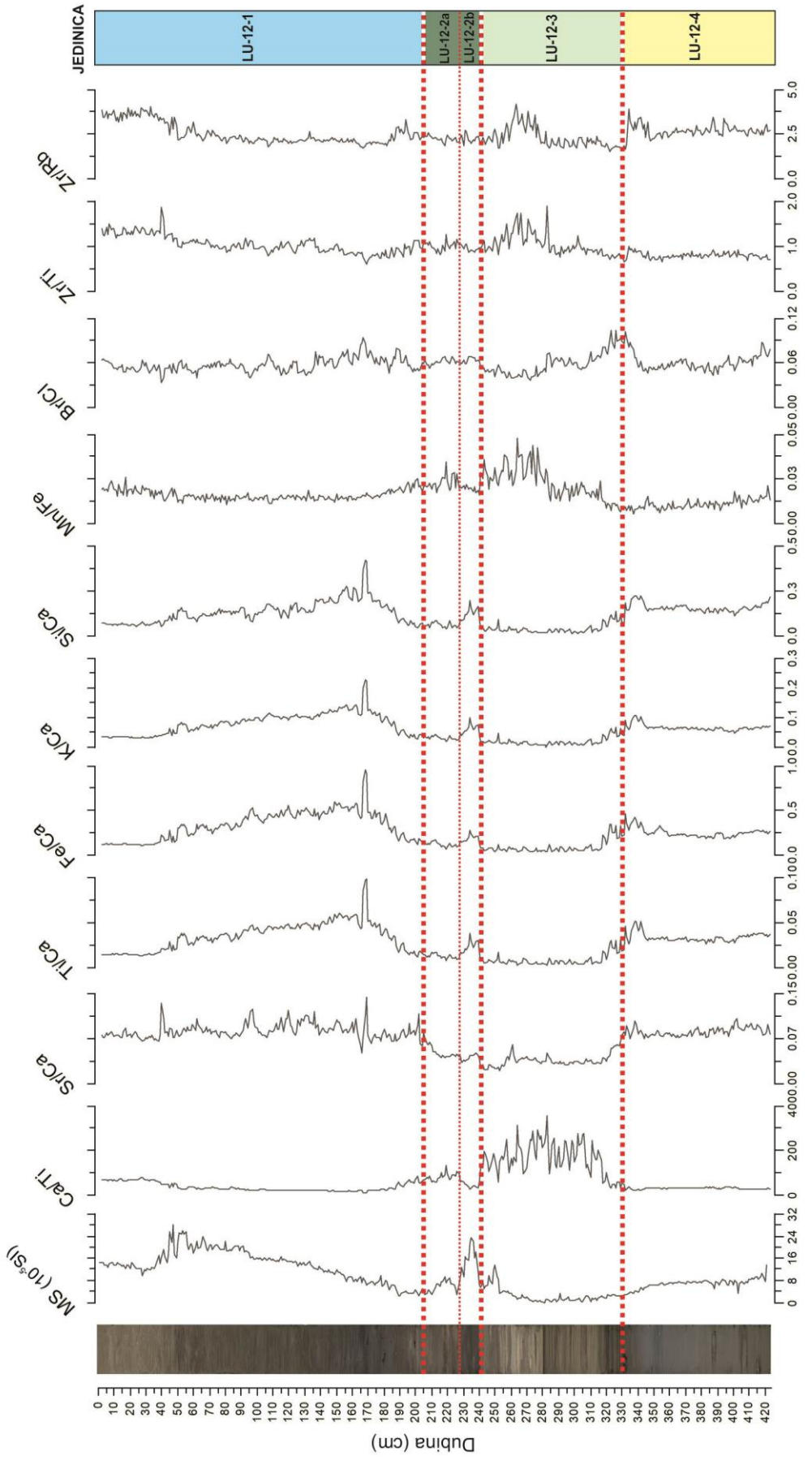
Gornji i donji dio jezgre (jedinice LU-12-1 i LU-12-4) obilježeni su nižim omjerom Ca/Ti i nižim Ca (cps). U sedimentima iz najgornjeg dijela jedinice LU-12-1 (0-50 cm) omjer Ca/Ti, te Ca (cps) su nešto viši u odnosu na ostatak jedinice gdje dolazi do smanjenja navedenih kemijskih komponenata. Sedimente podjedinice LU-12-2a karakterizira manji porast Ca/Ti i Ca (cps) u odnosu na prethodnu jedinicu, te potom smanjenje u podjedinici LU-12-2b. U sedimentima iz jedinice LU-12-3 Ca/Ti i Ca (cps) naglo rastu (Slika 67, 68). Varijacije Sr (cps) uzduž jezgre sedimenata LK-12 su izrazite. Ovaj element ima visok relativni udio u sedimentima iz jedinice LU-12-1, posebice u intervalima od 0-50 cm i 188-203 cm. U sedimentima iz jedinice LU-12-2 smanjuje se Sr (cps), te potom raste u sedimentima iz jedinica LU-12-3 i LU-12-4 (Slika 67). Omjer Sr/Ca ima suprotan trend u odnosu na prethodno opisani omjer Ca/Ti. Viši Sr/Ca određen je u sedimentima iz jedinice LU-12-1. U intervalu jezgre od 204-329 cm, u jedinicama LU-12-2 i LU-12-3, omjer Sr/Ca je nizak. Najniži omjer određen je u intervalu jezgre od 240-255 cm. Do manjeg porasta ovog omjera dolazi u sedimentima iz jedinice LU-12-3. Nagle varijacije u omjeru Sr/Ca uočavaju se na 204. cm i 329. cm jezgre (Slika 68).

Pokazatelji terigenog donosa, Ti (cps), Fe (cps), Al (cps), K (cps) i Si (cps), odnosno njihovi omjeri Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca, imaju veoma sličnu distribuciju u jezgri (Slika 67, 68). U sedimentima jedinice LU-12-1 relativni udjeli navedenih elemenata i omjeri su visoki, te generalno rastu do 185. cm jezgre nakon čega dolazi do njihovog smanjenja. Smanjenje se nastavlja i u sedimentima iz podjedinice LU-12-2a. Nagli porast može se uočiti u intervalu od 226-240 cm (podjedinica LU-12-2b), dok se u sedimentima iz jedinice LU-12-3 relativni udjeli i omjeri elemenata smanjuju. Sedimenti iz

jedinice LU-12-4 obilježeni su porastom udjela elemenata i omjera Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca (Slika 67, 68).



Slika 67: Varijacije odabranih elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.



Slika 68: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.

Sedimenti iz najgornjeg dijela jezgre LK-12 (jedinica LU-12-1) imaju niski omjer Mn/Fe. U sedimentima iz jedinice LU-12-2 omjer blago raste do 226. cm (podjedinica LU-12-2a), nakon čega se smanjuje do kraja jedinice (podjedinica LU-12-2b). Izražen je porast omjera Mn/Fe u sedimentima jedinice LU-12-3. Sedimenti iz jedinice LU-12-4 obilježeni su smanjenjem ovog omjera (Slika 68).

Omjer Br/Cl i S (cps) su niži u sedimentima iz jedinica LU-12-1 i LU-12-2 u odnosu na sedimente iz jedinice LU-12-3, u kojoj navedene kemijske komponente značajnije rastu u intervalu od 310-329 cm. Nakon dostizanja maksimuma dolazi do njihovog smanjenja u sedimentima iz jedinice LU-12-4 (Slika 67, 68).

Omjeri Zr/Ti i Zr/Rb viši su u sedimentima iz jedinice LU-12-1 u odnosu na sedimente iz jedinice LU-12-2, posebice u najgornjih 40 cm jezgre. Najviši omjeri Zr/Ti i Zr/Rb dostiguti su u intervalu jezgre 254-286 cm (jedinica LU-12-3). U donjem dijelu sedimenata iz jedinice LU-12-3 omjeri se snižavaju, te potom značajnije rastu na početku jedinice LU-12-4 (Slika 68).

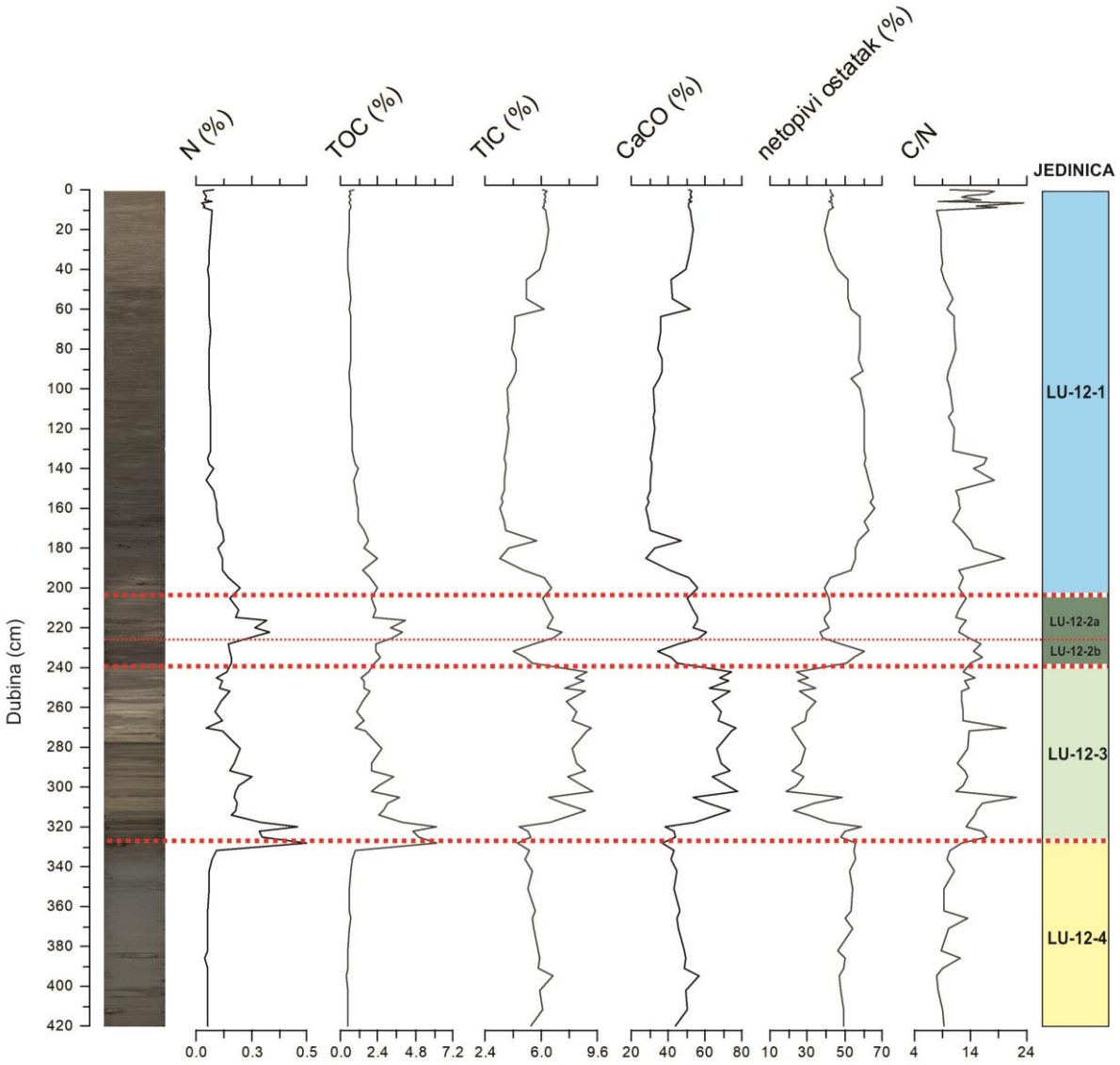
5.2.4.7 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Promjene u udjelima ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC), kalcij karbonata ($CaCO_3$), netopivog ostatka, te u omjeru C/N na 95 uzoraka iz jezgre LK-12 prikazane su na Slici 69. Osnovni statistički parametri navedenih kemijskih komponenata u sedimentima iz izdvojenih jedinica prikazani su u Tablici 24, dok su u Prilogu 5 dani numerički rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima.

Udio N u jezgri LK-12 u rasponu je od 0,03-0,5%. Najmanji udio ovog elementa određen je u površinskim dijelovima jezgre (jedinica LU-12-1) u rasponu od 0,03-0,20% (Tablica 24, Slika 69). U sedimentima iz jedinice LU-12-2 dolazi do povećanja udjela N (0,14-0,34%), s maksimumom u intervalu od 215-226 cm (podjedinica LU-12-2a). Udio N se prvo smanjuje u uzorcima iz jedinice LU-12-3, s minimumom na dubini od 270. cm (0,05%), te potom raste u intervalu od 314-329 cm (do 0,5%). U sedimentima iz jedinice LU-12-4 udio N se ponovno smanjuje, te je u rasponu od 0,04-0,09% (Tablica 24, Slika 69).

U jezgri LK-12 udio TOC-a u rasponu je od 0,42-6,18%. Sedimenti iz jedinice LU-12-1 obilježeni su nižim udjelom TOC-a (0,49-2,4%), s blagim porastom prema kraju jedinice. U uzorcima iz jedinice LU-12-2 TOC naglo raste i u rasponu je od 2-4,2%. Maksimum je određen u uzorcima iz podjedinice LU-12-2a. Udio TOC-a u sedimentima iz jedinice LU-12-3 je veoma varijabilan (0,96-6,18%), sa značajnijim porastom u donjem dijelu jedinice (interval 314-329 cm). U sedimentima iz jedinice LU-12-4 TOC je nizak (0,42-0,97%) (Tablica 24, Slika 69).

Udio TIC-a u jezgri LK-12 varira od 3,37-9,32%. Najniži udjeli određeni su u uzorcima iz jedinice LU-12-1 (3,37-6,68%). Udio raste u sedimentima iz jedinice LU-12-2, te je u rasponu od 4,17-7,31%. Visok TIC obilježava uzorke iz jedinice LU-12-3 (4,44-9,32%), s maksimumom na dubini od 302 cm. U uzorcima iz jedinice LU-12-4 udio se smanjuje (5-6,77%). Izračunati udio $CaCO_3$ u jezgri je u rasponu od 28,07-77,6% (Tablica 24, Slika 69).



Slika 69: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.

U analiziranim uzorcima udio netopivog ostatka je u rasponu od 19,03-66,42%. Najviši udio određen je u sedimentima iz jedinice LU-12-1 na dubini od 160 cm. U sedimentima iz jedinice LU-12-2 (36,67-60,57%) prvo dolazi do smanjenja ovog udjela (podjedinica LU-12-2a), te potom porasta (podjedinica LU-12-2b). Najniži udio netopivog ostatka određen je u sedimentima iz jednice LU-12-3

(19,03-56,06%), dok je u sedimentima iz jedinice LU-12-4 udio netopivog ostatka ponovno visok (46,07-55,46%) (Tablica 24, Slika 69).

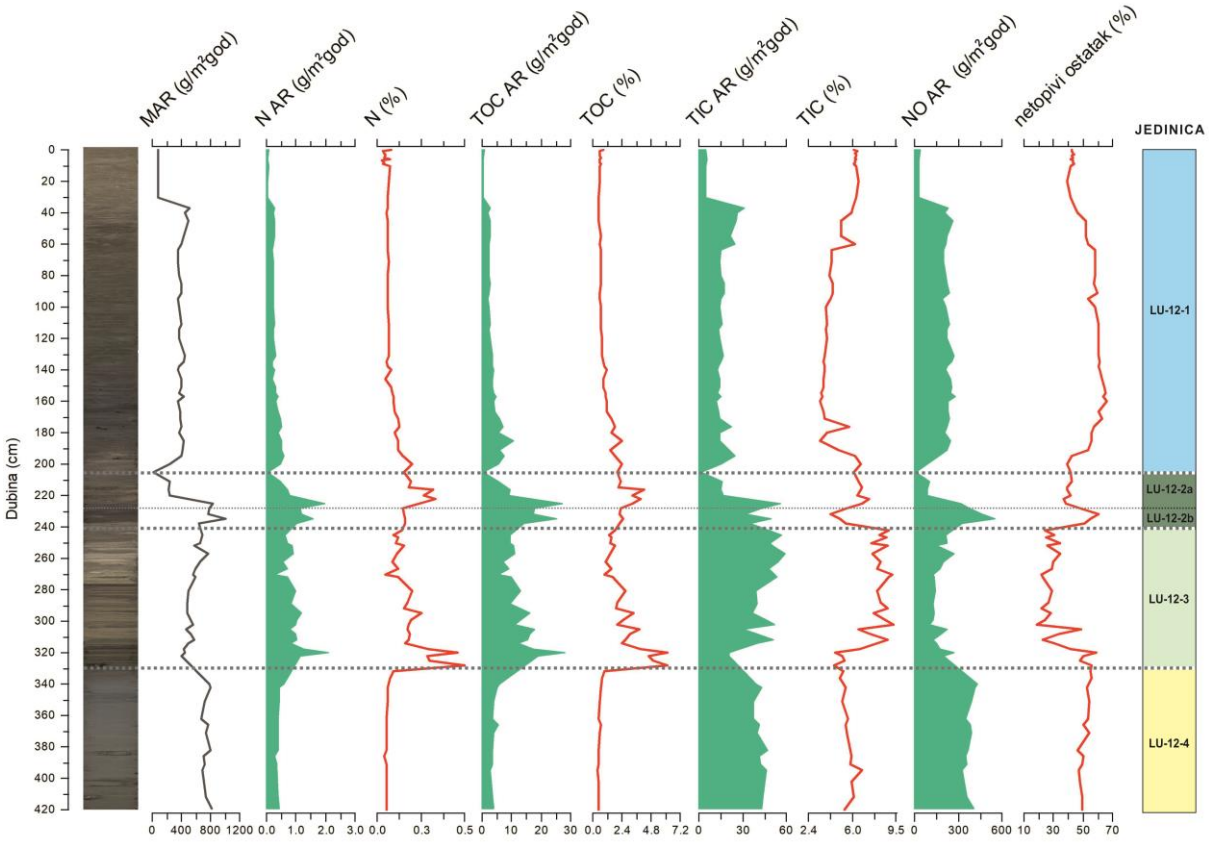
C/N omjer varira između 7,95-23,57. U najgornjem dijelu jezgre (jedinica LU-12-1) određeni su najviši omjeri, a u sedimentima iz ove jedinice izračunat je i najniži omjer u cijeloj jezgri. U uzorcima iz ostalih jedinica jezgre LK-12 C/N omjer je varijabilan (11,49-16,08 u sedimentima iz jedinice LU-12-2, od 11,36-22,19 u sedimentima iz jedinice LU-12-3, od 7,95-13,57 u sedimentima iz jedinice LU-12-4) (Tablica 24, Slika 69).

Tablica 24: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
N (%)	Srednja vrijednost	0,07	0,21	0,19	0,06	0,12
	Standardna devijacija	0,03	0,07	0,11	0,01	0,09
	Min	0,03	0,14	0,05	0,04	0,03
	Max	0,20	0,34	0,50	0,09	0,50
TOC (%)	Srednja vrijednost	0,89	2,75	2,69	0,56	1,53
	Standardna devijacija	0,47	0,79	1,50	0,15	1,27
	Min	0,49	2,00	0,96	0,42	0,42
	Max	2,40	4,20	6,18	0,97	6,18
TIC (%)	Srednja vrijednost	4,91	6,05	7,68	5,64	5,88
	Standardna devijacija	1,18	0,94	1,45	0,46	1,62
	Min	3,37	4,17	4,44	5,00	3,37
	Max	6,68	7,31	9,32	6,77	9,32
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	40,93	50,4	63,95	46,99	48,98
	Standardna devijacija	9,82	7,83	12,06	3,82	13,50
	Min	28,07	34,74	37,02	41,61	28,07
	Max	55,61	60,93	77,66	56,43	77,66
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	52,84	44,87	32,67	51,06	46,35
	Standardna devijacija	8,67	7,68	11,31	3,05	12,20
	Min	39,02	36,66	19,03	46,07	19,03
	Max	66,42	60,57	59,06	55,46	66,42
C/N	Srednja vrijednost	12,53	13,45	14,19	9,85	12,68
	Standardna devijacija	3,48	1,54	2,57	1,54	3,13
	Min	7,95	11,49	11,36	7,95	7,95
	Max	23,57	16,08	22,19	13,57	23,57

5.2.4.8 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR)

Izračunata je brzina akumulacije (fluks) sedimenta, te odabranih kemijskih komponenata (TOC, TIC, N i netopivi ostatak) na 78 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-12. Napravljen je grafički (Slika 70) i tablični prikaz rezultata (Prilog 6). U Tablici 25 su prikazani osnovni statistički parametri izračunatog fluksa u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.



Slika 70: Varijacije u brzini akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka s dubinom u jezgri sedimenata LK-12.

Fluks sedimenta (MAR) u analiziranoj jezgri je u rasponu od 23,68-1004,26 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-12-1 vrijednosti variraju od 76,1-516,05 g/m^{2}god. U uzorcima iz gornjeg dijela jedinice fluks je niži u odnosu na uzorke iz donjeg dijela jedinice. Fluks sedimenta u rasponu od 23,68-1004,26 g/m^{2}god određen je u uzorcima iz jedinice LU-12-2, s maksimumom na dubini od 235 cm. Fluks do kraja jezgre, u uzorcima iz jedinica LU-12-3 (do 771,15 g/m^{2}god) i LU-12-4 (do 818,26 g/m^{2}god) ostaje visok (Tablica 25, Slika 70).

Fluks N u jezgri LK-12 varira od 0,04-2,09 g/m^{2}god, te je niži u gornjem i donjem dijelu jezgre (jedinica LU-12-1 (0,05-0,58 g/m^{2}god) i jedinica LU-12-4 (0,29-0,6 g/m^{2}god)). U sedimentima iz

jedinice LU-12-2 određen je N AR u rasponu od 0,04-1,99 g/m^{2}god, a u sedimentima iz jedinice LU-12-3 od 0,27-2,09 g/m^{2}god (Tablica 25, Slika 70).

Izračunat fluks TOC-a je u rasponu od 0,41-27,88 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-12-1 fluks varira između 0,41-10,51 g/m^{2}god, u sedimentima iz jedinice LU-12-2 između 0,47-27,22 g/m^{2}god, u sedimentima iz jedinice LU-12-3 između 5,43-27,88 g/m^{2}god i u sedimentima iz jedinice LU-12-4 između 2,90-5,84 g/m^{2}god (Tablica 25). Maksimum je određen u intervalima od 220-240 cm (jedinica LU-12-2), te 314-329 cm (jedinica LU-12-3) (Slika 70).

Fluks TIC-a u jezgri varira od 1,44-58,89 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-12-1 TIC AR je između 4,92-31,12 g/m^{2}god, dok je minimalni TIC AR izračunat u sedimentima iz jedinice LU-12-2 (1,44-56,26 g/m^{2}god). U uzorcima iz jedinica LU-12-3 (20,78-59,89 g/m^{2}god) i LU-12-4 (37,35-47,02 g/m^{2}god) TIC AR raste (Tablica 25, Slika 70).

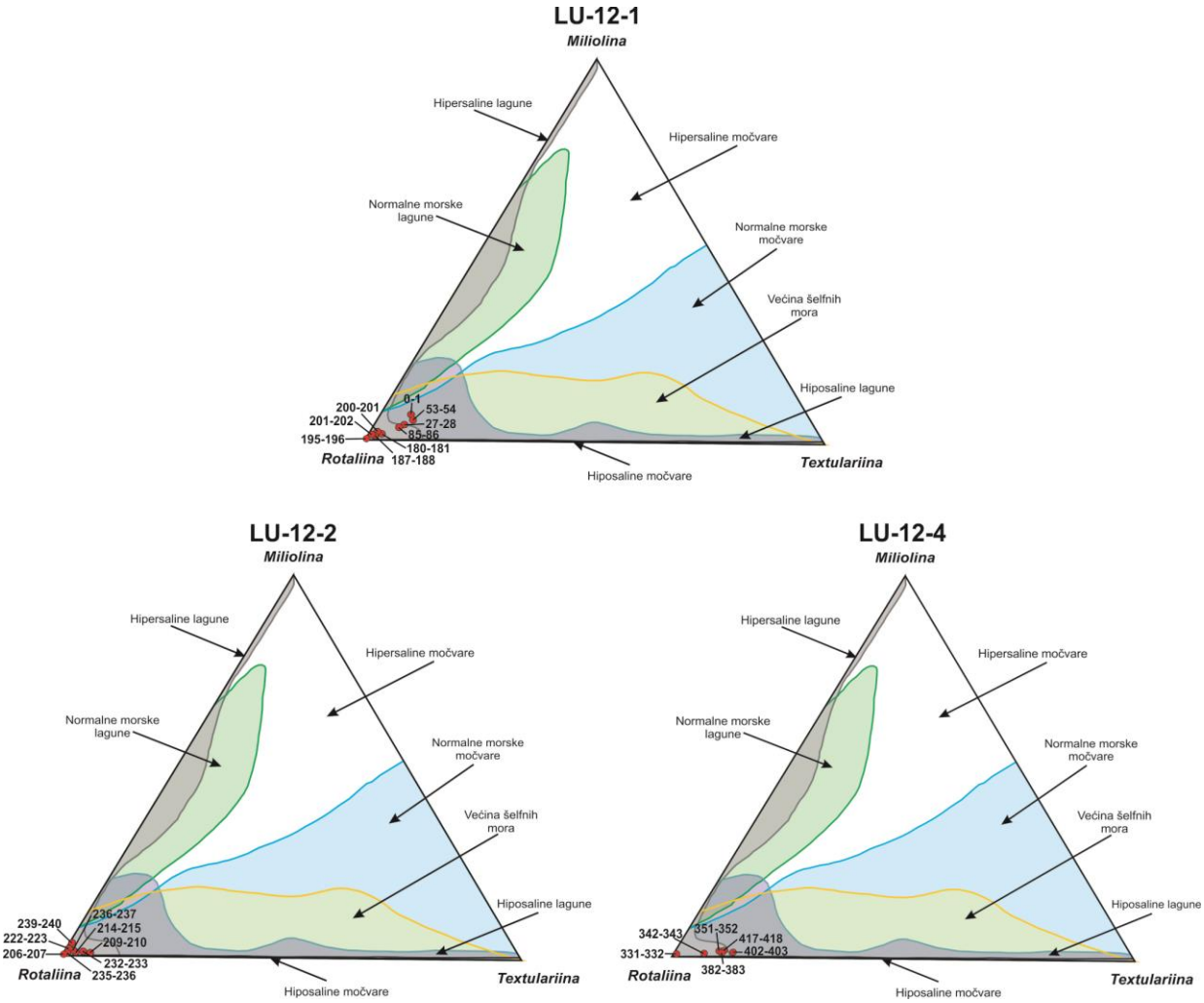
U analiziranoj jezgri NO AR varira od 9,79-552,95 g/m^{2}god. Gornji dio jezgre (jedinica LU-12-1) obilježen je NO AR u rasponu od 30,05-276,51 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-12-2 NO AR je od 9,79-552,95 g/m^{2}god, dok u uzorcima iz jedinice LU-12-3 varira od 105,42-269,12 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-12-4 (324,09-434,56 g/m^{2}god) fluks je viši u odnosu na sedimente iz jedinice LU-12-3 (Tablica 25, Slika 70).

Tablica 25: Osnovni statistički parametri brzine akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-12.

		LU-12-1	LU-12-2	LU-12-3	LU-12-4	UKUPNO JEZGRA
MAR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	351,13	529,12	550,65	744,74	483,38
	Standardna devijacija	117,91	349,49	93,19	49,05	205,30
	Min	76,10	23,68	403,04	666,35	23,68
	Max	516,05	1004,26	771,15	818,26	1004,26
N AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	0,28	0,99	0,93	0,41	0,55
	Standardna devijacija	0,14	0,58	0,36	0,07	0,42
	Min	0,05	0,04	0,27	0,29	0,04
	Max	0,58	1,99	2,09	0,60	2,09
TOC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	3,41	14,08	13,04	4,04	7,21
	Standardna devijacija	2,12	8,86	5,09	0,89	6,29
	Min	0,41	0,47	5,43	2,90	0,41
	Max	10,51	27,22	27,88	5,84	27,88
TIC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	15,59	29,50	43,38	42,00	28,38
	Standardna devijacija	6,09	18,39	11,40	3,12	15,88
	Min	4,92	1,44	20,78	37,35	1,44
	Max	31,12	56,26	58,89	47,02	58,89
NO AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	198,38	259,27	173,10	379,77	226,83
	Standardna devijacija	73,07	193,33	48,35	31,30	109,56
	Min	30,05	9,79	105,42	324,09	9,79
	Max	276,51	552,95	269,12	434,56	552,95

5.2.4.9 Rezultati analize foraminiferske zajednice

Analiza zajednice foraminifera napravljena je na 32 uzorka iz jezgre sedimenata LK-12. U uzorcima je prepoznato ukupno 113 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 54 različita roda. Od ukupnog broja određenih vrsta njih 80 pripada podredu Rotaliina, 29 podredu Miliolina, te 4 podredu Textulariina. Osim bentičkih foraminifera, u uzorku je determinirano i nekoliko jedinki planktonskih formi. Popis rodova i vrsta foraminifera, te rezultati izračuna indeksa bioraznolikosti u uzorcima priloženi su u Prilogu 7. U Tablama I-V su prikazane jedinke iz analiziranih jezgara s prostora Lošinjskoga kanala. Na Slici 71 označeni su analizirani uzorci iz izdvojenih jedinica jezgre sedimenata LK-12 u trokomponentnim dijagramima na temelju udjela podredova prema Murray (1973).



Slika 71: Trokomponentni dijagram prema Murray (1973) s uzorcima iz jezgre sedimenata LK-12 (crveno).

Iz jedinice LU-12-1 analizirani su sljedeći intervali: 0-1 cm, 27-28 cm, 53-54 cm, 85-86 cm, 180-181 cm, 187-188 cm, 195-196 cm, 200-201 cm i 201-202 cm. Određena su 34 roda i 60 vrsta foraminifera u površinskom uzorku jezgre sedimenata LK-12. Najveći broj vrsta je iz podreda Rotaliina (41), dok je nešto manje vrsta iz podreda Miliolina (16). Također su determinirane 3 vrste iz podreda

Textulariina. Najveći je udio jedinki iz podreda Rotaliina (87,7%). Jedinke iz podreda Miliolina i Textulariina su znatno manje zastupljene (12,3%). Dominantna vrsta u zajednici je *Epistominella* sp. (25,2%), dok su srednje zastupljene vrste *A. adriatica*, *H. depressula*, *Porosononion* sp.2, *Sahulia conica* (d'Orbigny, 1839) i *E. translucens* (Prilog 7). Također su određene 2 vrste planktonskih foraminifera (6 jedinki). Kućice jedinki su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,99, indeks ravnomjernosti je 0,73, dok je Fisher α indeks 17,09 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 27-28 cm prepoznato je 28 rodova i 47 vrsta foraminifera. Ukupno 36 vrsta pripada podredu Rotaliina, 9 podredu Miliolina, te 2 podredu Textulariina. Od izbrojane 424 jedinke, oko 90,5% pripada podredu Rotaliina, 3,5% podredu Miliolina, te 5,9% podredu Textulariina. Dominantne vrste u uzorku su *Epistominella* sp. i *E. translucens*, te navedene vrste čine gotovo 37% zajednice. Značajno manje su zastupljene vrste *A. adriatica*, *Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826, *H. germanica* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Osim bentičkih, uzorak također sadrži i planktonske foraminifere (2 vrste, 3 jedinke). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,95, indeks ravnomjernosti je 0,76, dok je Fisher α indeks 14,32 (Prilog 7).

Determinirano je 27 rodova i 47 vrsta foraminifera u uzorku s dubine 53-54 cm. Od navedenog broja vrsta njih 36 je iz podreda Rotaliina, 9 iz podreda Miliolina, te 2 iz podreda Textulariina. Izbrojane su 363 jedinke, od čega je 88,5% iz podreda Rotaliina, 4,7% iz podreda Miliolina, te 7,2% iz podreda Textulariina. Dominantne vrste u uzorku su: *Epistominella* sp. (35,8%) i *E. translucens* (12,4%). Srednje zastupljene vrste su: *Bulimina gibba* Fornasini, *B. marginata*, *Porosononion* sp.2 i *S. conica* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,69, indeks ravnomjernosti je 0,7, dok je Fisher α indeks 14,37 (Prilog 7).

U uzorku s dubine od 85-86 cm određena su 22 roda i 44 vrste foraminifera. Ukupno njih 37 pripada podredu Rotaliina, 5 podredu Miliolina, dok su 2 vrste iz podreda Textulariina. Oko 92% jedinki je iz podreda Rotaliina, 2,8% iz podreda Miliolina i 5,2% iz podreda Textulariina. Izbrojano je 611 jedinki, a 38,6% od tog broja su jedinke roda *Epistominella* sp. Jedinke vrste *E. translucens* također su značajnije zastupljene (15,1%). Srednje zastupljene vrste su *A. adriatica* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,48, indeks ravnomjernosti je 0,65, dok je Fisher α indeks 11,2 (Prilog 7).

Sveukupno je prepoznato 15 rodova i 29 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala od 180-181 cm. Najveći je broj vrsta (24) iz podreda Rotaliina, dok su 3 vrste iz podreda Miliolina, te 2 vrste iz podreda Textulariina. Udio podreda Rotaliina među prepoznatim jedinkama iznosi 96,7%, Miliolina 0,9%, te podreda Textulariina 2,34%. U uzorku dominiraju vrste *A. tepida* (39,1%) i *A. perlucida* (11,7%), dok su srednje zastupljene vrste *Elphidium* sp.2, *E. translucens*, *H. depressula*, *Nonionoides*

turgidus (Williamson, 1858) i *Porosononion* sp.1 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,26, indeks ravnomjernosti je 0,67, dok je Fisher α indeks 7,04 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala od 187-188 cm prisutno je 19 rodova i 32 vrste foraminifera. Od ukupnog broja vrsta njih 30 pripada podredu Rotaliina, 1 podredu Miliolina, te 2 podredu Textulariina. Oko 98,6% jedinki je iz podreda Rotaliina, 0,3% iz podreda Miliolina, te 1,1% jedinki iz podreda Textulariina. Dominantne vrste u uzorku su: *A. tepida* (28,5%), *A. perlucida* (16,9%). Srednje zastupljene vrste su: *Elphidium* sp.2, *C. gerthi*, *E. translucens*, *H. depressula*, *N. turgidus* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,47, indeks ravnomjernosti je 0,71, dok je Fisher α indeks 8,89 (Prilog 7).

Određeno je 6 rodova i 10 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 195-196 cm. Sve determinirane vrste su iz podreda Rotaliina. Dominantne vrste u uzorku su *A. tepida*, s udjelom u zajednici od oko 48%, te *Elphidium* sp.2 s udjelom od 43,7% (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 1,07, indeks ravnomjernosti je 0,45, dok je Fisher α indeks 2,01 (Prilog 7).

U uzorku s dubine 200-201 cm prepoznato je 18 rodova i 33 vrste foraminifera. Ukupno 28 vrsta je iz podreda Rotaliina, 3 iz podreda Miliolina, te 2 iz podreda Textulariina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina u zajednici iznosi 97,52%, iz podreda Miliolina 1,06%, te iz podreda Textulariina 1,42%. Dominantna vrsta u uzorku je *Elphidium* sp.2 (28%). Srednje zastupljene vrste su *Ammonia* sp., *A. tepida*, *A. perlucida*, *E. translucens*, *N. turgidus*, *Porosononion* sp.2 i *Epistominella* sp. (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,70, indeks ravnomjernosti je 0,76, dok je Fisher α indeks 10,11 (Prilog 7).

Određeno je 14 rodova i 21 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 201-202 cm. Najveći je broj vrsta (19) iz podreda Rotaliina, dok su po jedna vrsta iz podreda Miliolina i Textulariina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina je 99%, Miliolina 0,8%, te podreda Textulariina 0,5%. U uzorku dominiraju vrste *A. tepida* (57,2%) i *Elphidium* sp.2 (14,7%), dok su srednje zastupljene vrste *A. perlucida* i *E. translucens* (Prilog 7). Jedinke su općenito dobro očuvane, iako su kućice pojedinih jedinki bile abradirane. Shannon-Wiener indeks je 1,59, indeks ravnomjernosti je 0,51, dok je Fisher α indeks 5,39 (Prilog 7).

Analizirani su intervali 206-207 cm, 209-210 cm, 214-215 cm, 222-223 cm, 232-233 cm, 235-236 cm, 236-237 cm i 239-240 cm iz jedinice LU-12-2. U uzorku s dubine 206-207 cm prepoznato je 13 rodova i 21 vrsta foraminifera. Sve vrste su iz podreda Rotaliina. Izrazita je dominacija vrste *A. tepida*, koja čini 51,7% ukupne zajednice. Visoki je udio jedinki vrste *Elphidium* sp.2 (21,5%). Srednje zastupljena je vrsta *A. perlucida* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane, a kod 6 jedinki prepoznate su

morfološke abnormalnosti. Shannon-Wiener indeks je 1,72, indeks ravnomjernosti je 0,56, dok je Fisher α indeks 5,37 (Prilog 7).

Determinirano je 20 rodova i 39 vrsta foraminifera u uzorku s dubine od 209-210 cm. Najveći je broj vrsta (34) iz podreda Rotaliina, dok su 2 vrste iz podreda Miliolina, te 3 vrste iz podreda Textulariina. Izbrojano je 346 jedinki, od čega je 93,9% iz podreda Rotaliina, 0,6% iz podreda Miliolina, te 5,5% iz podreda Textulariina. U uzorku dominiraju vrste *E. translucens* (10,4%) i *Epistominella* sp. (14,2%). Srednje zastupljene vrste su *Ammonia* sp., *A. tepida*, *Elphidium* sp.2, *H. germanica*, *N. turgidus* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,04, indeks ravnomjernosti je 0,82, dok je Fisher α indeks 11,69 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 214-215 cm izbrojano je 105 jedinki foraminifera, te određeno 17 rodova i 23 vrste. Ukupno 21 vrsta pripada podredu Rotaliina, 1 podredu Miliolina, te 1 podredu Textulariina. Oko 97,1% jedinki je iz podreda Rotaliina, dok je 1% jedinki iz podreda Miliolina, te 1,9% jedinki iz podreda Textulariina. Dominantne vrste u uzorku su: *A. tepida* (30,5%) i *E. translucens* (15,2%). Srednje zastupljene vrste su *A. perlucida*, *Elphidium* sp.2, *H. germanica* i *N. turgidus* (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Mali broj jedinki u uzorku onemogućio je izračun indeksa bioraznolikosti.

Iz analiziranog intervala 222-223 cm izdvojeno je 48 jedinki, te 13 rodova i 19 vrsta bentičkih foraminifera. Od ukupnog broja prepoznatih vrsta njih 18 je iz podreda Rotaliina, dok 1 pripada podredu Miliolina. Oko 98% izbrojanih jedinki je iz podreda Rotaliina, dok je 2% jedinki iz podreda Miliolina. Dominantne vrste u uzorku su *A. tepida* (16,7%), *Porosononion* sp.2 (14,6%) i *E. translucens* (12,5%). Srednje zastupljene vrste su *Elphidium* sp.2, *C. gerthi*, *Nonionella opima* Cushman, 1947, *N. turgidus*, *Rosalina bradyi* (Cushman, 1915) i *Epistominella* sp. (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane. S obzirom na mali broj jedinki prisutnih u uzorku nije bilo moguće izračunati indekse bioraznolikosti.

Uzorak s dubine 232-233 cm sadrži 23 različite vrste foraminifera, te 15 rodova. Najviše je vrsta iz podreda Rotaliina (21), dok je znatno manje vrsta iz podreda Miliolina (1) i Textulariina (1). Određen je udio jedinki iz podreda Rotaliina od 95%, udio jedinki iz podreda Miliolina je 1,25%, dok je 3,75% jedinki iz podreda Textulariina. U uzorku dominiraju vrste *A. tepida* (16,3%), *A. perlucida* (10%) i *E. translucens* (10%). Srednje zastupljene vrste su *N. turgidus*, *Porosononion* sp.1 i *Elphidium* sp.2 (Prilog 7). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati zbog malog broja jedinki u uzorku (80). Od navedenog broja jedinki 13 kućica je bilo fragmentirano ili pokazivalo tragove abrazije.

U uzorku s dubine 235-236 cm prepoznato je 10 rodova i 18 vrsta foraminifera. Ukupno 17 vrsta je iz podreda Rotaliina, te je 1 vrsta iz podreda Textulariina. Najveći je udio jedinki iz podreda

Rotaliina, čak 98,9%. Jedinke iz podreda Textulariina znatno su manje zastupljene (1,1%). Dominantna vrsta u analiziranom uzorku je *A. tepida* (20,7%). Visok je udio vrsta *A. perlucida* (14,1%), *Elphidium* cf. *advenum* (Cushman, 1922) (10,9%) i *E. translucens* (15,2%). Vrste *Elphidium* sp.2, *H. depressula*, *N. turgidus* i *Porosononion* sp.2 su srednje zastupljene (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Mali broj jedinki u uzorku (92) onemogućio je izračun indeksa bioraznolikost.

Determinirano je 10 rodova i 19 vrsta foraminifera u intervalu od 236-237 cm. Od navedenog broja vrsta njih 17 pripada podredu Rotaliina, 1 podredu Miliolina, te 1 vrsta podredu Textulariina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 97%, iz podreda Miliolina 1,5%, te podreda Textulariina 1,5%. Dominantne vrste u uzorku su: *A. tepida* (21,2%), *A. perlucida* (10,6%) i *E. translucens* (13,6%). Srednje zastupljene vrste su: *Ammonia* sp., *C. gerthi* i *H. depressula* (Walker & Jacob, 1798) (Prilog 7). S obzirom na mali broj jedinki prisutnih u uzorku (66) nije bilo moguće izračunati indekse raznolikosti, a dio jedinki je također je imao fragmentirane ili abradirane kućice.

U uzorku iz intervala 239-240 cm određeno je 25 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 14 rodova. Ukupno 23 vrste su iz podreda Rotaliina, dok su 2 vrste iz podreda Miliolina. Od izbrojanih 89 jedinki, 96,6% je iz podreda Rotaliina, a 3,4% iz podreda Miliolina. Dominantne vrste u uzorku su *A. perlucida* (10,1%) i *Porosononion* sp.2 (10,1%). Srednje zastupljene vrste su *Elphidium* sp., *E. translucens*, *N. turgidus* i *Porosononion* sp.1 (Prilog 7). Većina kućica bila je fragmentirana i/ili abradirana. Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati zbog malog broja jedinki u uzorku.

Iz jedinice LU-12-3 analiza zajednice foraminifera napravljena je u intervalima 241-242 cm, 242-243 cm, 252-253 cm, 260-261 cm, 267-268 cm, 281-282 cm, 296-297 cm, 316-317 cm i 329-330 cm. Prepoznato je 14 rodova i 28 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 241-242 cm. Najveći broj vrsta je iz podreda Rotaliina (25), dok je znatno manje vrsta iz podreda Miliolina (1) i Textulariina (2). Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 97,4%, Miliolina 0,65%, te Textulariina 1,95%. U uzorku dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (14,2%), dok su srednje zastupljene vrste *A. perlucida*, *E. translucens*, *Porosononion* sp.2 i *Epistominella* sp. Važno je istaknuti da čak 16,8 jedinki nije bilo moguće odrediti na razini roda, zbog izrazite oštećenosti kućica (fragmentacija, abrazija, otapanje, ubušivanje) (Prilog 7). Mali broj jedinki u uzorku (155) onemogućio je izračun indeksa bioraznolikost.

U uzorku iz intervala 242-243 cm pronađene su svega 3 jedinke foraminifera, koje su determinirane na razini vrste, unatoč fragmentiranosti ili abradiranosti njihovih kućica (*A. tepida*, *A. adriatica* i *B. gibba*) (Prilog 7). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati.

Uzorak iz intervala 252-253 sadrži više jedinki foraminifera (50) u odnosu na prethodni uzorak. Određeno je 11 rodova i 16 vrsta. Potrebno je naglasiti da su jedinke koje i jesu identificirane na razini vrste bile abradirane, a čak 32% jedinki nije bilo moguće odrediti niti na razini roda. Među

identificiranim jedinkama dominiraju vrste iz podreda Rotaliina (15), dok je znatno manje vrsta iz podreda Textulariina (1). Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 98%, a iz podreda Textulariina 2%. Najviše jedinki pripada vrstama *A. tepida* (10%), *E. translucens* (8%) i *Epistominella* sp. (8%) (Prilog 7). S obzirom na mali broj jedinki prisutnih u uzorku (50) nisu izračunati indeksi bioraznolikosti.

Određeno je 13 rodova i 29 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 260-261 cm. Ukupno 26 vrsta je iz podreda Rotaliina, 1 iz podreda Miliolina, te 2 iz podreda Textulariina. Oko 95% prepoznatih jedinki je iz podreda Rotaliina, 1,09% iz podreda Miliolina i 3,8% iz podreda Textulariina. U zajednici dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (24,7%) i *C. gerthi* (11%) dok su manje zastupljene jedinke vrsta *A. perlucida*, *Elphidium* sp.2, *E. translucens*, *Porosononion* sp.2 i *N. turgidus* (Prilog 7). Kućice foraminifera su relativno dobro očuvane u usporedbi s prethodnim uzorcima. Shannon-Wiener indeks je 2,68, indeks ravnomjernosti je 0,8, dok je Fisher α indeks 9,75 (Prilog 7).

Determinirano je 14 rodova, te 33 vrste foraminifera u uzorku s dubine 267-268 cm. Od ukupnog broja prepoznatih vrsta njih 32 su iz podreda Rotaliina, dok je 1 iz podreda Textulariina. Gotovo sve jedinke su iz podreda Rotaliina, dok je oko 0,3% jedinki iz podreda Textulariina. U uzorku dominiraju jedinke koje zbog iznimno loše očuvanosti kućica (abrazija) nije bilo moguće razlikovati na razini roda, s udjelom od 54,7%. Od prepoznatih vrsta najveći je udio jedinki vrsta *H. depressula* (6,6%), *A. tepida* (6%) i *A. mamilla* (5,2%) (Prilog 7). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati.

Uzorak u intervalu 281-282 cm sadrži 15 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 9 različitih rodova. Sve vrste su iz podreda Rotaliina. U uzorku dominiraju jedinke vrsta *E. translucens* (14,8%) i *Haynesina* sp.1 (14,8%). Srednje zastupljena vrsta je *H. depressula*, dok 14,8% jedinki nije bilo moguće odrediti na razini roda i vrste zbog abradiranosti njihovih kućica (Prilog 7). Kućice foraminifera iz ovog uzorka također su bile bioerodirane. S obzirom da uzorak sadrži 27 jedinki nisu izračunati indeksi bioraznolikosti.

Sveukupno 10 jedinki foraminifera (3 roda i 4 vrste) određeno je u uzorku iz intervala 296-297 cm. Sve vrste su iz podreda Rotaliina. Prepoznate su *A. perlucida*, *B. gibba*, *B. marginata*, *Elphidium* sp., dok 40% jedinki nije bilo moguće determinirati niti na razini roda, zbog značajne abradiranosti kućica (Prilog 7). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati.

U uzorku s dubine 316-317 cm prepoznato je 6 rodova i 10 vrsta foraminifera. Sve izbrojane jedinke (47) su iz podreda Rotaliina, te su veoma abradiranih kućica. Stoga čak 63,8% jedinki nije bilo moguće identificirati na razini roda. Prepoznate su vrste *A. tepida*, *A. mamilla*, *A. perlucida*, *Bolivina* sp.1, *Elphidium* sp., *E.* cf. *advenum*, *E. margaritaceum* i *E. translucens*. Jedinke navedenih vrsta također su bile iznimno loše očuvanosti (Prilog 7). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati zbog malog broja jedinki u uzorku (47).

Ukupno su izbrojane 102 jedinke foraminifera u najdonjem uzorku iz jedinice LU-12-3 (interval 329-330), koje se mogu svrstati u 10 rodova i 20 vrsta. Sve prepoznate vrste pripadaju podredu Rotaliina. Međutim, u uzorku nije bilo moguće odrediti rod više od 48% prisutnih jedinki. Od prepoznatih vrsta najveći je udio vrste *A. mamilla* (6,9%), *A. tepida* (5,9%) i *Elphidium* sp. (4,9%) (Prilog 7). Očuvanost kućica foraminifera u uzorku je loša (abradirane i fragmentirane kućice). Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati zbog nedovoljnog broja jedinki u uzorku.

U izdvojenoj jedinici LU-12-4 pregledani su uzorci iz intervala: 331-332 cm, 342-343 cm, 351-352 cm, 382-383 cm, 402-403 cm, 417-418 cm. Određeno je 12 rodova i 29 vrsta foraminifera u uzorku s dubine 331-332 cm. Prepoznate vrste pripadaju iskjučivo podredu Rotaliina, dok jedinke iz drugih podredova nisu određene u ovom uzorku. U zajednici dominiraju vrste *A. tepida* (43,2%) i *A. perlucida* (13%), dok su srednje zastupljene vrste *E. translucens* i *C. gerthi* (Prilog 7). Značajan broj kućica jedinki u uzorku bio je abradiran (44), a nekoliko jedinki (4) imalo je i morfološke abnormalnosti. Shannon-Wiener indeks je 2,19, indeks ravnomjernosti je 0,65, dok je Fisher α indeks 8,05 (Prilog 7).

Prepoznato je 25 rodova i 47 vrsta foraminifera u uzorku s dubine 342-343 cm, te je izbrojano 677 jedinki. Od tog broja 93,8% jedinki je iz podreda Rotaliina, 0,4% iz podreda Miliolina, te 5,8% iz podreda Textulariina. Dominantne vrste su *A. perlucida* (14,5%), *E. translucens* (12,7%) i *H. germanica* (10,5%). Srednje zastupljene vrste su *A. tepida*, *Bulimina elongata* d'Orbigny, 1826, *H. depressula* i *Porosononion* sp.2 (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,00, indeks ravnomjernosti je 0,78, dok je Fisher α indeks 11,8 (Prilog 7).

Uzorak s dubine 351-352 cm sadrži sveukupno 53 različite vrsta foraminifera, te 25 rodova. Najviše je vrsta iz podreda Rotaliina (42), dok je nešto manje vrsta iz podreda Miliolina (8) i Textulariina (3). Određen je udio jedinki iz podreda Rotaliina od 89,8%, udio jedinki iz podreda Miliolina je 1,5%, dok je 8,7% jedinki iz podreda Textulariina. U uzorku dominiraju jedinke vrste *A. perlucida* (17,1%), *E. translucens* (14,3%) i *B. elongata* (11,8%). Srednje zastupljene vrste su *A. tepida*, *H. depressula*, *Porosononion* sp.2, *Textularia bocki* Höglund, 1947 i *S. conica* (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane, a nekoliko jedinki (3) ima morfološke abnormalnosti. Shannon-Wiener indeks je 2,96, indeks ravnomjernosti je 0,74, dok je Fisher α indeks 13,74 (Prilog 7).

U uzorku s dubine 382-383 cm prepoznato je 35 vrsta i 20 rodova foraminifera. Ukupno 30 vrsta pripada podredu Rotaliina, 3 podredu Miliolina, te 2 vrste podredu Textulariina. Najveći je udio jedinki iz podreda Rotaliina (89,6%). Jedinke iz podreda Textulariina manje su zastupljene (9,4%), dok je iznimno nizak udio jedinki iz podreda Miliolina (1%). Dominantne vrste su: *A. perlucida* (12,3%), *E. translucens* (16,2%) i *H. depressula* (12,3%). Srednje zastupljene vrste su: *B. gibba*, *Porosononion*

sp.2, *S. conica* i *Epistominella* sp. (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,80, indeks ravnomjernosti je 0,78, dok je Fisher α indeks 10,57 (Prilog 7).

Sveukupno 47 vrsta i 24 roda foraminifera determinirano je u uzorku iz intervala 402-403 cm. Od navedenog broja vrsta 43 vrste su iz podreda Rotaliina, 2 iz podreda Miliolina, te 2 vrste iz podreda Textulariina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 87,1 %, iz podreda Miliolina 1,1%, te iz podreda Textulariina 11,8%. Dominantne vrste u uzorku su: *A. perlucida* (13,4%) i *E. translucens* (13,7%). Srednje dominantne vrste su *B. elongata*, *B. gibba*, *G. praegeri*, *Porosononion* sp.2, *T. bocki* i *S. conica* (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane, a 2 jedinke su morfološki deformirane. Shannon-Wiener indeks je 3,11, indeks ravnomjernosti je 0,80, dok je Fisher α indeks 14,93 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 417-418 cm određeno je 47 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 27 roda. Ukupno 39 vrsta pripada podredu Rotaliina, 5 podredu Miliolina, te 3 podredu Textulariina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 89%, udio jedinki iz podreda Miliolina je 1,5%, dok je 9,6% jedinki iz podreda Textulariina. U uzorku je dominantna vrsta *Epistominella* sp. (14,4%). Srednje zastupljene vrste su *A. tepida*, *A. perlucida*, *B. elongata*, *B. gibba*, *E. translucens*, *Haynesina* sp.1, *H. depressula*, *N. turgidus*, *Porosononion* sp.2, *T. bocki* i *S. conica* (Prilog 7). Kućice jedinki su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,19, indeks ravnomjernosti je 0,82, dok je Fisher α indeks 13,28 (Prilog 7).

5.2.4.10 Rezultati analize ostrakodne zajednice

Napravljena je analiza ostrakodne zajednice na 4 uzorka iz jedinice LU-12-2 i 3 uzorka iz jedinice LU-12-3 s ciljem preciznije determinacije paleookoliša i varijacija u salinitetu.

U uzorku s dubine 205-206 cm (LU-12-2) određene su sljedeće ostrakodne vrste: *Cyprideis torosa* (Jones, 1850), *Darwinula stevensoni* (Brady & Robertson, 1870), *Candona* cf. *angulata* G. W. Muller, 1900, *Candona* sp., *Limnocythere inopinata* (Baird, 1843). Osim ostrakoda u uzorku je pronađeno i dosta krhotina mekušaca, nekoliko oogonija hara, operkulumi i dio čeljusti mikromamalije.

Ostrakodna fauna iz uzorka s dubine 214-215 cm (LU-12-2) dominantno je izgrađena od jedinki vrste *C. torosa*. Pronađeno je puno adultnih jedinki koje su bez kvržica. U uzorku su određene i sljedeće ostrakodne vrste: *D. stevensoni*, *C.* cf. *angulata*, *Candona* sp., *Costa* sp., *Semicytherura* sp., *L. inopinata*.

Oko 90% ostrakodne zajednice u uzorku 235-236 cm (LU-12-2) čine jedinke vrste *C. torosa*. Determinirane su i *Candona* ex. gr. *neglecta* i *Callistocythere* sp. U uzorku su pronađeni kristalići gipsa.

U uzorku s dubine 239-240 cm (prijelaz LU-12-2/LU-12-3) prisutne su jedinke vrste *C. torosa*. Pronađeno je više jedinki bez kvržica. Određena je i *Candona* sp., kao i agregati pirita, gipsa, biljni plod, mekušci i dijelovi briozoa.

Uzorak s dubine 252-253 cm (LU-12-3) obilježavaju jedinke ostrakodne vrste *C. torosa* sa značajnim brojem kvržica na površini ljušturica. Od ostalih rodova i vrsta određeni su i *Cytheromorpha fuscata* (Brady, 1869), *D. stevensoni*, *C.* cf. *angulata* (više adultnih jedinki), *Candona* sp., *Cypria* sp., *L. inopinata*, *Ilyocpris* cf. *decipiens*. Operkulumi, spikule spužve i gastropodi su također prisutni u analiziranom uzorku.

U ostrakodnoj fauni uzorka s dubine 267-268 cm (LU-12-3) dominiraju jedinke vrste *C. torosa.* Jedinke imaju sve više kvržica na površini ljušturica. Zajednica je raznolika, a određene su sljedeće vrste: *C. fuscata*, *Costa* sp., *C.* cf. *angulata*, *Cypria* sp., *Paralimnocythere* cf. *pasmmophila*, *Ilyocypris* sp. (krhotine), *D. stevensoni*. Pronađeni su i operkulumi, gastropodi, mekušci i oogonije.

U uzorku s dubine od 329-330 cm (LU-12-3) najbrojnija je vrsta *C. torosa* i ima je više od 85% u ukupnoj fauni. Zastupljene su juvenilne (puno više) i adultne jedinke. Na površinih manjeg broja ljušturica naziru se kvržice. Pronađen je i rod *Candona* sp. Gotovo sve pronađene jedinke ovog roda su juvenilne, ali ima i adultnih koje su polomljene. Nađene su i dvije ljušturice vrste *C. fuscata*. U uzorku su također izdvojeni gastropodi, operkulumi, nekoliko oogonija hara i silicijske spikule spužvi.

5.2.4.11 Rezultati palinološke analize

Palinološka analiza napravljena je na po dva uzorka iz jedinica LU-12-1, LU-12-2 i LU-12-3. Ukupno su analizirana 3 uzorka iz jedinice LU-12-4. Rezultati provedene analize prikazani su u Tablici 26. Ova metoda omogućila je detaljniju odredbu promjena u vegetacijskom pokrovu tijekom kasnog kvartara, te samim time i klimatsku, odnosno plaeookolišnu rekonstrukciju istraživanog prostora.

U uzorku s dubine 159-160 cm (LU-12-1) najbrojniji je pelud bora (*Pinus* sp.) uz koji su česte zelene alge *Pediastrum* sp. i *Botryococcus* sp., ali i foraminifere i marinske dinociste. Brojne su i spore paprati (*Polypodium* sp.), pelud glavočika (Asteraceae), dok je nešto rjeđi pelud četinjača jele (*Abies* sp.) i smreke (*Picea* sp.) te listopadnog drveća hrasta (*Quercus* sp.), lipe (*Tilia* sp.), lješnjaka (*Corylus* sp.) i bukve (*Fagus* sp.).

Analiziran je uzorak s dubine od 203-204 cm (LU-12-1) u kojemu su dominantne zelene alge *Pediastrum* sp.i *Botryococcus* sp. uz koje postoji brojni pelud bora (*Pinus* sp.) i nešto manje brojni pelud glavočika (Asteraceae), pelina (*Artemisia* sp.) i trava (Poaceae), uz pelud listopadnog drveća i marinske dinociste.

U uzorku iz intervala 215-216 cm (LU-12-2) uz česte zelene alge *Botryococcus* sp. i *Pediastrum* sp., javlja se i *Coelastrum* sp. i cijanobakterija *Gloeotrichia* sp.*,* te pelud glavočika (Asteraceae), malobrojni pelud listopadnog drveća lipe (*Tilia* sp.), lješnjaka (*Corylus* sp.) i bukve (*Fagus* sp.).

Analiza uzorka s dubine 223-224 cm (LU-12-2) pokazala je malu raznolikost očuvane zajednice. Uglavnom su zastupljeni pelud bora i zelene alge *Pediastrum* sp., te u nešto manjoj mjeri *Botryococcus* sp. i pelud pelina (*Artemisia* sp.).

U uzorku iz intervala 248-249 cm (LU-12-3) dominiraju fitoklasti, a od palinomorfa najviše je peluda bora i zelenih algi *Pediastrum* sp. te u nešto manjoj mjeri peluda zelene alge *Botryococcus* sp.*,* smreke (*Picea* sp.), loboda (Chenopodiaceae), cijanobakterije *Gloeotrichia* sp. i dinociste *Lingulodinium* sp.

Raznovrsna zajednica palinomorfa određena je u uzorku s dubine 317-318 cm (LU-12-3). Osim dominantnog peluda bora i zelene alge *Botryococcus* sp., brojne su i alge *Pediastrum* sp., cijanobakterije *Gloeotrichia* sp.*,* marinske dinociste (*Spiniferites* sp.) kao i pelud smreke (*Picea* sp.), hrasta (*Quercus* sp.) i trava (Poaceae), loboda (Chenopodiaceae), uz koje se javlja pelud pelina (*Artemisia* sp.), glavočika (Asteraceae) i spore mahovina (*Sphagnum* sp.).

U uzorku iz intervala 333-334 cm (LU-12-4) relativno su brojna peludna zrna bora, a određen je i pelud pelina *Artemisia* sp. i trava, foraminifere i zelena alga *Botryococcus* sp.

Osim peluda bora u uzorku iz intervala 348-349 cm (LU-12-4) prepoznate su foraminifere i u nešto manjem broju marinske dinociste i pirit. Važno je spomenuti i nalaz peluda pelina *Artemisia* sp. i trava.

U posljednjem analiziranom uzorku, sa samog kraja jezgre (interval 403-404 cm; LU-12-4), brojna su peludna zrna bora i listopadnog drveća, uz značajan udio marinskih dinocista (*Polysphaeridium* sp.), foraminifera, te pirita.

*Tablica 26: Rezultati palinološke analize.*NPP- ne-peludni palinomorfi.

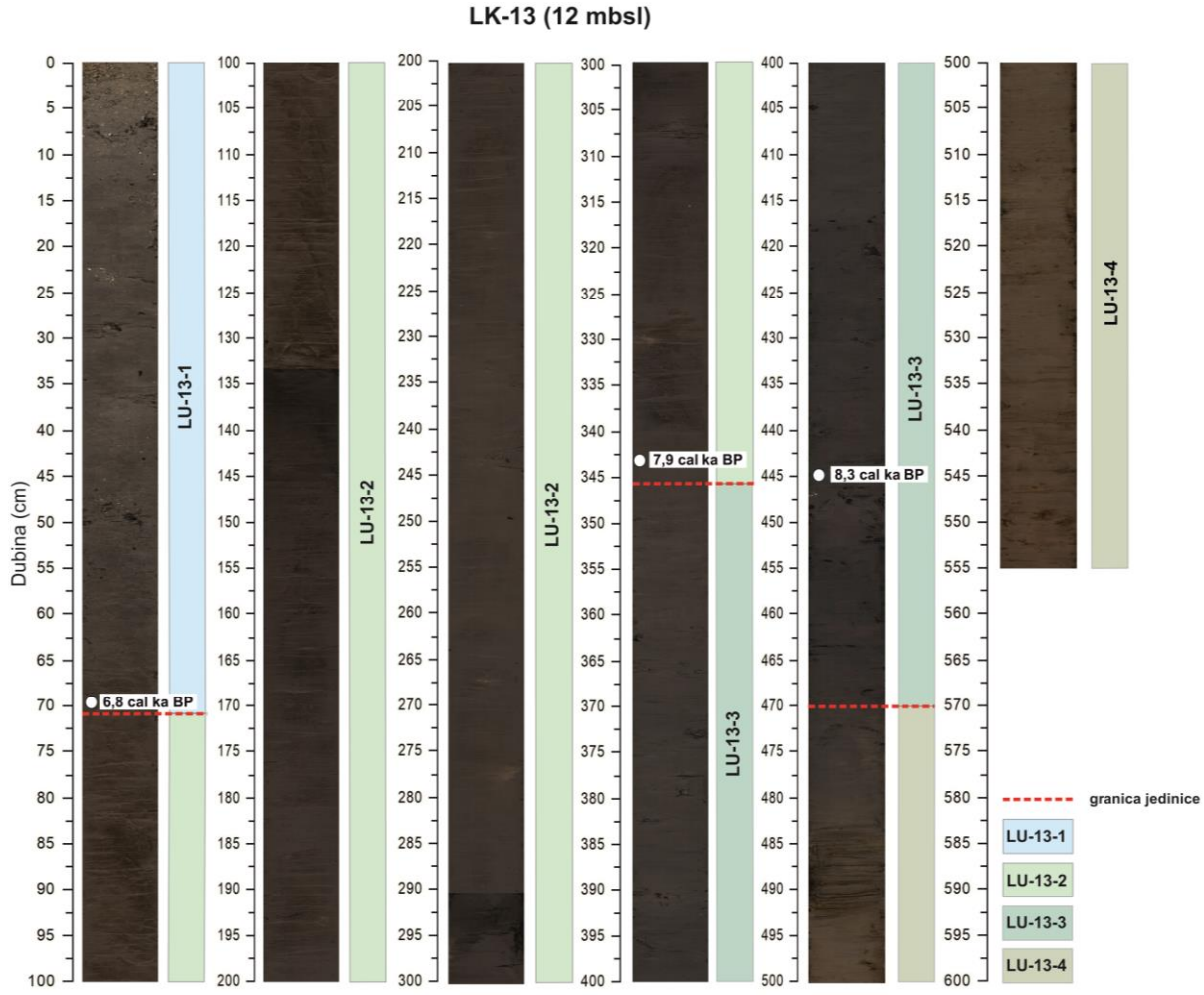
Uzorak (cm)	Palinomorfe
159-160	*Pinus* sp., *Pediastrum* sp., *Quercus* sp., Cichoriaceae, Asteraceae, *Erica* sp., *Polypodium* sp., *Botryococcus* sp., *Lingulodinium* sp., *Cleistosphaeridium* sp.?, NPP
203-204	*Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp., *Pinus* sp., *Quercus* sp., Asteraceae, Poaceae, *Artemisia* sp., *Tilia* sp., *Lingulodinium* sp., *Spiniferites* sp., *Polysphaeridium* sp.
215-216	*Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp., *Pinus sp., Picea* sp., *Fagus* sp., *Corylus* sp., *Tilia* sp., Cichoriaceae, Asteraceae, Poaceae, *Coelastrum* sp., *Gloeotrichia* sp.
223-224	*Pinus* sp., *Pediastrum* sp., *Botryococcus* sp., *Quercus* sp., *Artemisia* sp.
248-249	*Pediastrum* sp., *Botryococcus* sp., *Pinus sp., Picea* sp., *Quercus* sp., Poaceae, *Artemisia* sp., *Chenopodium* sp., *Lingulodinium* sp., *Gloeotrichia* sp., *Spirogyra* sp.
317-318	*Pinus* sp., *Botryococcus* sp., *Pediastrum* sp., *Sphagnum* sp., *Picea* sp., *Quercus* sp., Asteraceae, Cichoriaceae, Poaceae, *Artemisia* sp., *Chenopodium* sp., *Gloeotrichia* sp., *Spiniferites* sp.
333-334	*Botryococcus* sp., *Pinus* sp., *Pediastrum* sp., Poaceae, *Artemisia* sp., *Plantago* sp., Foraminifera
348-349	*Pinus* sp., *Picea* sp., Poaceae, *Artemisia* sp., *Corylus* sp., *Polypodium* sp., *Polysphaeridium* sp., NPP, Foraminifera
403-404	*Pinus* sp., *Picea* sp., *Quercus* sp., Cichoriaceae, Asteraceae, *Carpinus* sp., Foraminifera, *Polysphaeridium* sp., *Spiniferites* sp.

5.2.5 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-13

Jezgra sedimenata LK-13, dužine 554 cm, izbušena je u sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala na dubini mora od 12 m.

5.2.5.1 Opis jezgre sedimenata

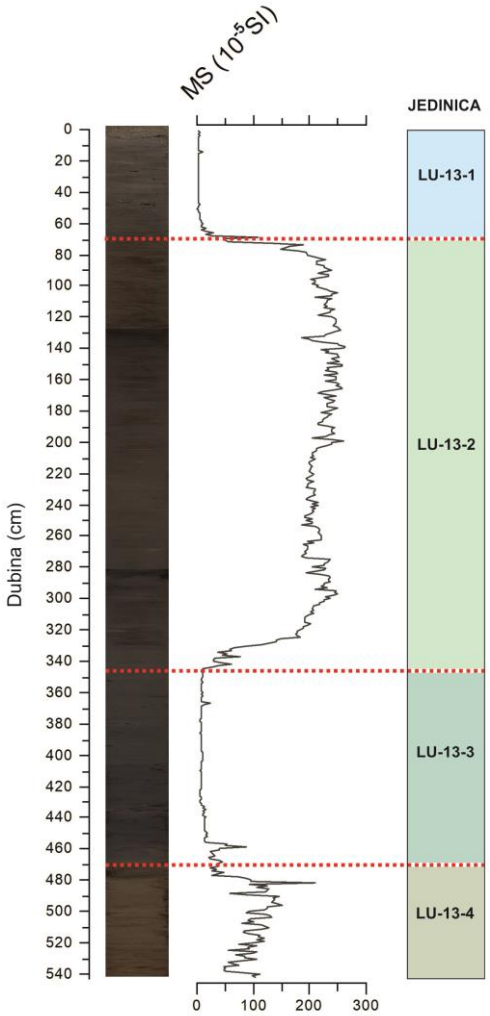
Sediment jedinice LU-13-1 (0-71 cm) je tamno smeđe do sive boje, te je krupnozrnatiji u najgornjih 10 cm jezgre (Slika 72). Osobito su brojni ostaci mekušaca (koponošci-*Dentalium dentalis* Linnæus, 1758, gastropodi-*Turritella* sp.). Jedinke mekušaca dobro su očuvane, iako su također mnogobroje krhotine mekušaca, posebice u donjem dijelu jedinice. U jedinici LU-13-2 sediment je tamno smeđe boje i sitnozrnat (Slika 72). Ostaci makrofosila iznimno su loše očuvani i fragmentirani. U intervalu od 346-470 cm (jedinica LU-13-3) sediment je tamno sive boje (Slika 72). Pronađene su cijele jedinke školjkaša i gastropoda (npr. *Turritella* sp.), kao i njihove krhotine. U sedimentu iz donjeg dijela jedinice (>450 cm) prisutni su i biljni ostaci. Jedinica LU-13-4 (470-556 cm) sadrži sediment smeđe boje s piritiziranim dijelovima biljaka (Slika 72).



Slika 72: Prikaz jezgre sedimenata LK-13 i izdvojenih jedinica.

5.2.5.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

U jezgri sedimenata LK-13 magnetski susceptibilitet (MS) u rasponu je od 1,3-263,0 x 10^{-5} SI. U sedimentima iz najgornje jedinice LU-13-1 MS ima raspon od 1,3-110,1 x 10^{-5} SI (Tablica 27), te se povećava od vrha jezgre prema dnu jedinice (Slika 73). MS naglo raste u sedimentima iz jedinice LU-13-2, doseže maksimum u jezgri, te varira od 37,9-263,0 x 10^{-5} SI. Izmjeren MS u sedimentima iz jedinice LU-13-3 u rasponu je od 5,1-78,3 x 10^{-5} SI, te je niži u odnosu na MS u sedimentima iz jedinice LU-13-2. U sedimentima iz jedinice LU-13-4 MS varira od 22,0-209,6 x 10^{-5} SI (Tablica 27). Niži MS izmjeren je u sedimentima iz najgornjeg dijela jedinice (interval 470-480 cm) (Slika 73).



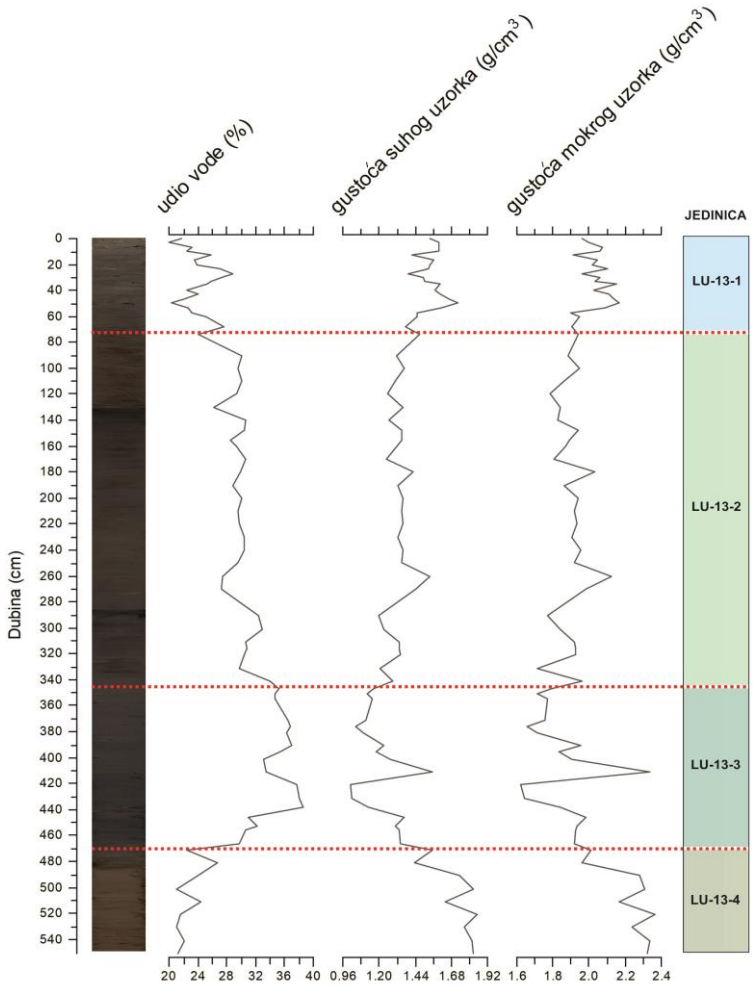
Slika 73: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.

Tablica 27: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13.

		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	8,22	214,45	12,90	86,81	121,16
	Standardna devijacija	16,15	32,17	11,89	38,23	97,83
	Min	1,30	37,90	5,10	22,00	1,30
	Max	110,10	263,00	78,30	209,60	263,00

5.2.5.3 Rezultati odredbe udjela vode i gustoće suhog i mokrog uzorka

Udio vode, te gustoća suhog i mokrog uzorka određeni su na 74 uzorka iz jezgre sedimenata LK-13. Rezultati su prikazani grafički (Slika 74), te tablično (Prilog 1). U Tablici 28 su navedeni osnovni statistički parametri udjela vode, te gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz svake jedinice.



Slika 74: Prikaz varijacija u udjelu vode, gustoći suhog i mokrog uzorka s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.

Udio vode u svim analiziranim uzorcima u rasponu je od 20-39%. U uzorcima iz jedinice LU-13-1 udio varira od 20-29%, dok u uzorcima iz jedinice LU-13-2 od 24-34%. U sedimentima iz jedinice LU-13-3 udio vode značajnije raste te je u rasponu od 30-39%. Sedimenti jedinice LU-13-4 obilježeni su smanjenjem udjela vode (21-27%) (Tablica 28, Slika 74).

Određena je gustoća mokrog uzorka u jezgri LK-13 od 1,62-2,37 g/cm^3. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 gustoća varira između 1,89-2,17 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-13-2 između 1,71-2,12 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-13-3 između 1,62-2,33 g/cm^3, te u sedimentima iz jedinice LU-13-4 od 1,96-2,37 g/cm^3 (Tablica 28). Od vrha jezgre prema jedinici LU-13-3 gustoća

mokrog uzorka se smanjuje, te u sedimentima navedene jedinice doseže minimalne vrijednosti prije porasta u sedimentima iz jedinice LU-13-4 (Slika 74).

Slična je distribucija gustoće suhog uzorka u jezgri sedimenata LK-13, s rasponom od 1,01-1,85 g/cm^3. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 gustoća varira od 1,38-1,73 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-13-2 od 1,20-1,54 g/cm^3, u sedimentima iz jedinice LU-13-3 od 1,01-1,55 g/cm^3, dok u sedimentima iz najdonje jedinice LU-13-4 od 1,44-1,85 g/cm^3 (Tablica 28, Slika 74).

Tablica 28: Osnovni statistički parametri udjela vode, gustoće suhog i mokrog uzorka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13.

		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
UDIO VODE (%)	Srednja vrijednost	24,13	29,77	34,78	22,74	28,54
	Standardna devijacija	2,43	1,92	2,70	1,93	4,90
	Min	20,05	24,08	29,81	21,00	20,05
	Max	28,79	33,99	38,66	26,68	38,66
GUSTOĆA MOKROG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	2,03	1,90	1,84	2,22	1,96
	Standardna devijacija	0,08	0,08	0,17	0,15	0,17
	Min	1,89	1,71	1,62	1,96	1,62
	Max	2,17	2,12	2,33	2,37	2,37
GUSTOĆA SUHOG UZORKA (g/cm^3)	Srednja vrijednost	1,54	1,34	1,20	1,72	1,41
	Standardna devijacija	0,09	0,07	0,14	0,14	0,20
	Min	1,38	1,20	1,01	1,44	1,01
	Max	1,73	1,54	1,55	1,85	1,85

5.2.5.4 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

Na ukupno 72 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-13 određena je veličina čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj i siliciklastičnoj komponenti. Slike 75 i 76 su grafički prikaz rezultata, dok su numerički rezultati analize dani u Prilogu 2. Osnovni statistički parametri granulometrijskih analiza u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre prikazani su u Tablici 29 i 30.

4.2.5.4.1 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične+karbonatne komponente metodom laserske difrakcije

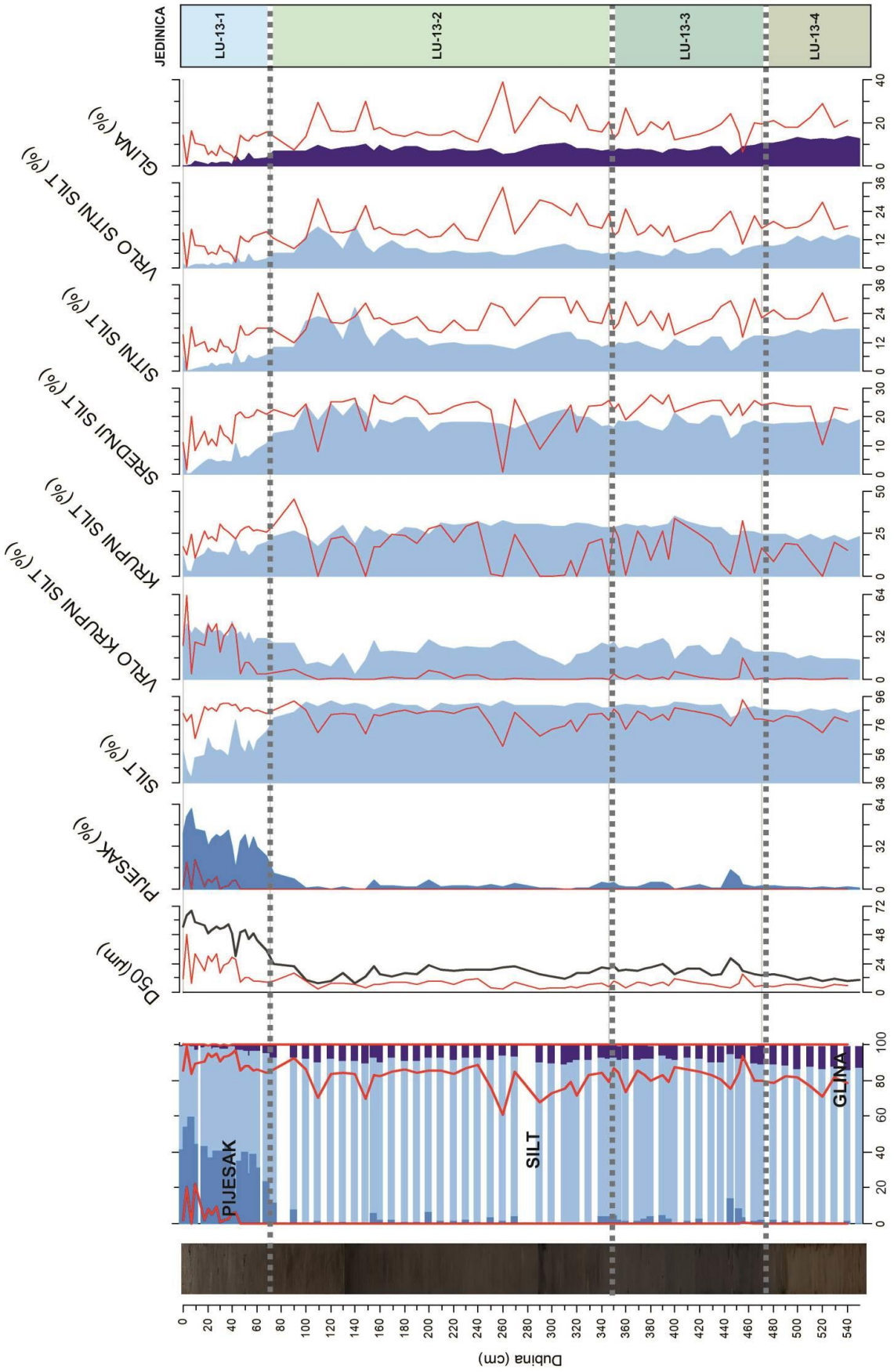
Udio pijeska u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti jezgre sedimenata LK-13 je u rasponu od 0-22%, udio silta varira od 61-93%, dok je udio gline niži i u rasponu od 1-39%. U frakciji pijeska najveći udio ima vrlo sitni pijesak (0-22%). Velike su varijacije u određenim udjelima frakcije silta. Vrlo krupni silt je u uzorcima jezgre sedimenata LK-13 prisutan u rasponu od 0-63%, krupni silt od 0-45%, srednji silt od 1-28%, sitni silt od 0-33% i vrlo sitni silt od 1-34% (Tablica 29). Uzorci su loše do vrlo loše sortirani. Izuzetak je uzorak na dubini od 3 cm (jedinica LU-13-1) koji je umjereno dobro sortiran (Prilog 2). Određena je srednja veličina čestica siliciklastične+karbonatne komponente u rasponu od 2,47-47,89 μm. Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne i trimodalne, dok jedan uzorak ima polimodalnu krivulju distribucije (Slika 76).

Manje varijacije u udjelima različitih frakcija siliciklastične+karbonatne komponente sedimenta određene su u izdvojenim jedinicama jezgre LK-13 (Slika 75). U uzorcima iz jedinice LU-13-1 dominira silt, s udjelom između 67-92% (Tablica 29). Varijabilni su udjeli vrlo krupnog (4-63%), krupnog (11-30%), srednjeg (1-22%), sitnog (0-19%) i vrlo sitnog silta (1-16%). Krupnije frakcije silta su zastupljenije u najgornjem dijelu jezgre (Slika 75, Tablica 29). Udio čestica veličine glina u rasponu je od 1-16%. Pijesak (isključivo vrlo sitni pijesak) doseže udio od 22% (Tablica 29). Srednja veličina čestica određena analizom uzoraka iz jedinice LU-13-1 u rasponu je od 7,56-47,89 μm (Slika 75).

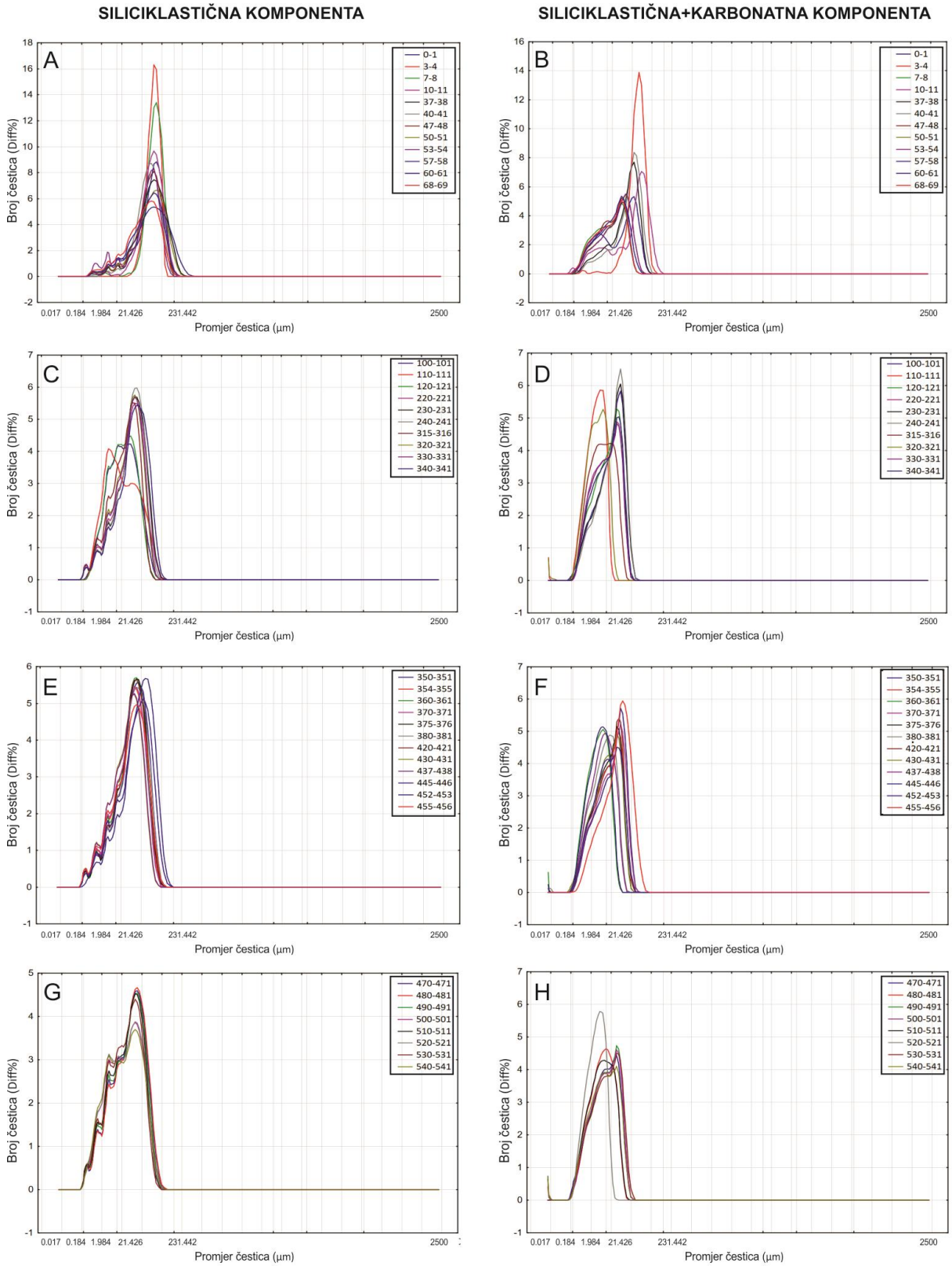
Dominacija materijala veličine silta nastavlja se i u sedimentima iz jedinice LU-13-2, s udjelom između 61-93%. Određen je najveći udio krupnog silta (do 45%), te sitnog (do 33%) i srednjeg silta (do 28%), a njihova distribucija unutar jedinice veoma je varijabilna. Udio čestica veličine glina (7-39%) se povećava u odnosu na sedimente iz prethodne jedinice (Slika 75, Tablica 29). Srednja veličina čestica varira od 2,47-16,49 μm (Slika 75).

U sedimentima iz jedinice LU-13-3 udio silta je u rasponu od 73-93%, s najvećim udjelom krupnog silta (do 34%) (Tablica 29). Udio čestica veličine glina u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u sedimentima iz jedinice LU-13-2 doseže 27% (Tablica 29), s veoma velikom varijabilnošću između izmjerenih uzoraka (Slika 75). Srednja veličina čestica određena analizom uzoraka iz jedinice LU-13-3 u rasponu je između 3,76-15,28 μm (Slika 75).

Sedimenti iz jedinice LU-13-4 obilježeni su visokim udjelom silta (71-82%), dok je udio čestica veličine glina veoma sličan udjelima u sedimentu iz prethodne jedinice, te doseže 29% (Slika 75, Tablica 29). Srednja veličina čestica je u rasponu od 3,34-6,58 μm (Slika 75).



Slika 75: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti (crvene linije), te siliciklastičnoj komponenti (plave siluete) jezgre sedimenata LK-13.



Slika 76: Krivulje distribucije veličine čestica u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-13: A) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-1, B) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-1, C) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-2, D) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-2, E) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-3, F) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-3, G) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-4, H) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-13-4.

Tablica 29: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13.

		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	4,51	0,00	0,02	0,00	1,20
	Standardna devijacija	6,62	0,00	0,10	0,00	3,89
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	22,32	0,01	0,42	0,00	22,32
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	Standardna devijacija	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	4,50	0,00	0,02	0,00	1,19
	Standardna devijacija	6,58	0,00	0,10	0,00	3,87
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	22,07	0,01	0,42	0,00	22,07
SILT (%)	Srednja vrijednost	86,06	80,98	82,71	79,04	82,51
	Standardna devijacija	5,58	7,41	4,74	3,76	6,39
	Min	67,01	61,08	73,41	70,94	61,08
	Max	91,66	92,88	93,24	82,35	93,24
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	25,30	1,53	2,26	0,43	7,85
	Standardna devijacija	16,73	2,13	4,00	0,43	13,68
	Min	3,95	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	63,49	7,47	16,14	1,27	63,49
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	23,87	17,34	17,04	13,41	18,56
	Standardna devijacija	5,35	12,69	11,58	7,06	10,74
	Min	10,53	0,00	0,90	0,02	0,00
	Max	30,49	45,33	33,76	20,16	45,33
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	15,16	21,20	24,04	22,10	20,38
	Standardna devijacija	5,75	6,54	2,47	4,77	6,27
	Min	1,39	0,77	18,83	10,42	0,77
	Max	22,34	27,55	27,83	24,99	27,83
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,34	22,38	22,38	23,94	19,90
	Standardna devijacija	4,83	5,42	5,13	3,79	6,74
	Min	0,48	11,80	14,04	21,03	0,48
	Max	19,11	32,89	30,18	32,48	32,89
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	9,38	18,53	16,98	19,15	15,82
	Standardna devijacija	4,42	6,58	4,52	3,86	6,56
	Min	0,55	8,03	9,84	16,31	0,55
	Max	16,11	33,96	24,91	28,04	33,96
GLINA (%)	Srednja vrijednost	9,43	19,02	17,27	20,96	16,29
	Standardna devijacija	4,65	7,41	4,80	3,76	7,15
	Min	1,16	7,12	6,34	17,65	1,16
	Max	16,27	38,92	26,59	29,06	38,92

5.2.5.4.2 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične komponente metodom laserske difrakcije

Rezultati granulometrijskih analiza ukazali su da je udio pijeska u siliciklastičnoj komponenti jezgre sedimenata LK-13 u rasponu od 0-60%, silta 40-93%, te da udio čestica veličine glina varira od 0-14%. Određen je najviši udio vrlo sitnog pijeska (do 59%), dok je udio sitnog (do 10%) pijeska niži. Postoje također i razlike u pojedinim komponentama siliciklastične frakcije silta u jezgri LK-13, s najvećim udjelom vrlo krupnog (3-43%) i krupnog (3-35%) silta (Tablica 30). S povećanjem dubine

jezgre smanjuje se veličina čestica, od jedinice LU-13-1 prema jedinici LU-13-4 (Slika 75). Sortiranost uzoraka je loša, izuzevši pojedine uzorke iz jedinice LU-13-1 (3-11 cm, 20 cm, 40 cm) koji su umjereno do dobro sortirani (Prilog 2). Srednja veličina čestica siliciklastične komponente u uzorcima iz jezgre LK-13 u rasponu je od 7,19-68,61 μm (Slika 75). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 76).

Udjeli pojedinih frakcija značajno se razlikuju u uzorcima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13. Sedimenti iz jedinice LU-13-1 sadrže visoki udio pijeska, od 15-60%. Od toga, najveći udio čini vrlo sitni pijesak (15-59%) (Tablica 30). Na Slici 75 vidljiv je izrazit trend smanjenja udjela čestica veličine pijeska u sedimentu s porastom dubine u jedinici LU-13-1. Udio silta u sedimentima ove jedinice je u rasponu od 39-80%. Najviši je udio vrlo krupnog silta, koji u određenim intervalima jedinice doseže do 43%. Čestice veličine glina imaju mali udio u uzorcima iz jedinice LU-13-1, u rasponu od 0-6% (Tablica 30). Srednja veličina čestica u uzorcima iz jedinice LU-13-1 varira od 30,29-68,61 μm (Slika 75).

U sedimentima iz jedinice LU-13-2 udjeli sitnozrnatijih frakcija (silta i gline) su značajno veći u odnosu na prethodno opisanu jedinicu, dok se udio pijeska smanjuje (Slika 75). Silt je prisutan u udjelu između 81-93% u različitim uzorcima iz jedinice, s dominacijom krupnog silta (17-33%) (Tablica 30). U sedimentima iz gornjeg dijela jedinice udio čestica veličine srednjeg, sitnog i vrlo sitnog silta u siliciklastičnoj komponenti je veći u odnosu na sedimente iz donjeg dijela jedinice (Slika 75). Određen udio čestica veličine glina je u rasponu od 5-11% (Tablica 30), s maksimumom na dubini od 310 cm (Slika 75). Uzorci iz jedinice LU-13-2 obilježeni su nižim udjelom pijeska (0-12%), s dominacijom čestica veličine vrlo sitnog pijeska (Tablica 30). Određena je srednja veličina čestica siliciklastične komponente u uzorcima iz jedinice LU-13-2 u rasponu od 7,19-23,78 μm (Slika 75).

Udio silta je visok i u sedimentima iz jedinice LU-13-3 (81-92%), s dominacijom vrlo krupnog i krupnog silta (15-32% i 24-35%). Udio gline (5-10%) je konstantan i sličan udjelu određenom u uzorcima iz jedinice LU-13-2 (Tablica 30, Slika 75), dok je udio pijeska također nizak i sličan prethodno opisanoj jedinici (0-14%) (Tablica 30). Srednja veličina čestica varira od 14,64-28,56 μm (Slika 75).

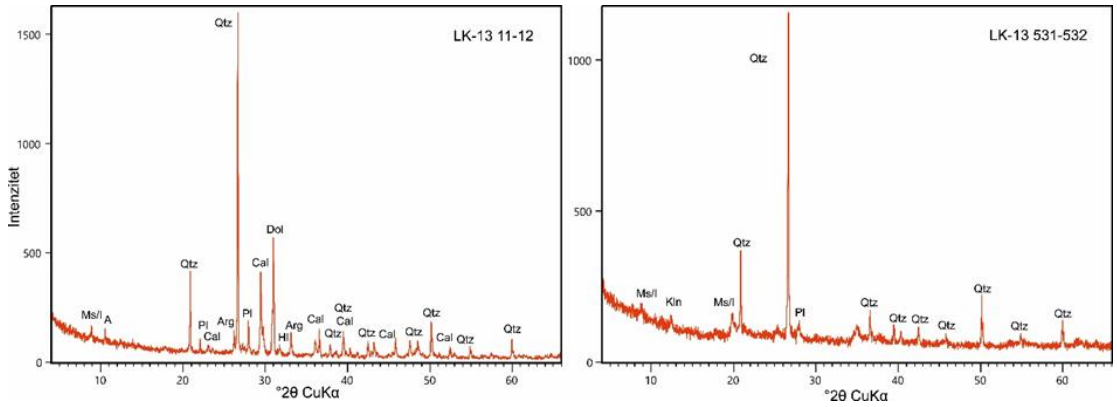
U sedimentima iz najdonje jedinice LU-13-4 udio silta je u rasponu od 84-87% (Tablica 30), te je relativno konstantan duž cijele jedinice. Udio čestica veličine glina (11-14%) se povećava u sedimentima na početku jedinice LU-13-4, dok udio pijeska u uzorcima iz jedinice LU-13-4 doseže maksimum od 3% u gornjem dijelu jedinice (Tablica 30, Slika 75). U odnosu na prethodno opisane jedinice u uzorcima iz jedinice LU-13-4 smanjuje se srednja veličina čestica, te je u rasponu od 9,40-14,87 μm (Slika 75).

Tablica 30: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13.

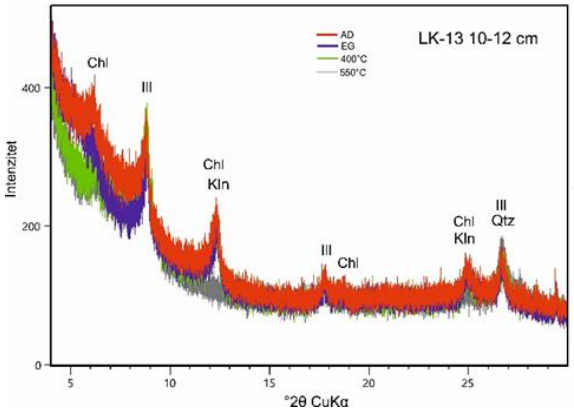
		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	38,42	2,57	3,90	1,72	12,25
	Standardna devijacija	10,04	2,89	3,45	0,71	16,76
	Min	15,47	0,00	0,04	0,71	0,00
	Max	60,18	12,22	14,43	2,83	60,18
SREDNJI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	Standardna devijacija	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	3,28	0,01	0,01	0,00	0,87
	Standardna devijacija	3,11	0,02	0,03	0,00	2,14
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	10,50	0,12	0,13	0,00	10,50
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	35,13	2,57	3,89	1,72	11,38
	Standardna devijacija	9,68	2,87	3,42	0,71	15,33
	Min	15,32	0,00	0,04	0,71	0,00
	Max	58,74	12,09	14,30	2,83	58,74
SILT (%)	Srednja vrijednost	59,60	89,53	88,56	86,30	81,04
	Standardna devijacija	9,04	2,51	2,66	1,00	13,89
	Min	39,39	81,15	80,85	84,41	39,39
	Max	79,81	93,16	92,30	87,27	93,16
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	34,78	20,15	24,34	17,44	24,70
	Standardna devijacija	4,63	6,97	4,53	2,36	8,39
	Min	26,59	3,18	14,56	15,07	3,18
	Max	43,30	29,87	31,87	20,81	43,30
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	13,68	27,76	28,77	23,26	23,78
	Standardna devijacija	4,65	3,87	2,62	1,80	7,25
	Min	2,98	17,22	23,74	20,55	2,98
	Max	22,08	32,56	35,11	24,93	35,11
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	5,41	19,15	17,36	17,97	14,97
	Standardna devijacija	2,91	2,88	2,26	0,63	6,34
	Min	0,02	14,18	12,31	17,35	0,02
	Max	10,81	24,75	21,17	19,37	24,75
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	3,54	13,92	11,39	16,09	10,83
	Standardna devijacija	2,25	4,40	1,85	1,36	5,55
	Min	0,00	9,09	8,15	14,16	0,00
	Max	8,21	26,72	14,47	17,65	26,72
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	2,19	8,55	6,70	11,55	6,77
	Standardna devijacija	1,49	3,30	1,22	1,90	3,85
	Min	0,00	5,11	4,77	9,29	0,00
	Max	5,82	17,72	8,99	14,08	17,72
GLINA (%)	Srednja vrijednost	1,98	7,90	7,54	11,97	6,71
	Standardna devijacija	1,59	1,38	1,22	1,21	3,42
	Min	0,00	5,08	4,72	10,44	0,00
	Max	5,69	10,74	9,58	13,90	13,90

5.2.5.5 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-13 određen je na 17 uzoraka, dok je sastav minerala glina određen na 3 uzorka. U svim analiziranim uzorcima dominantna mineralna faza je kvarc. Analizirani uzorci iz najgornje jedinice LU-13-1, osim kvarca, sadrže i karbonate (kalcit, dolomit, aragonit). Od ostalih minerala određeni su plagioklasi, muskovit/illit, amfiboli i halit (Slika 77). Halit je nastao sekundarno iz porne vode. U najdonjem uzorku ove jedinice (69-70 cm) također su prisutni kaolinit i smektit/vermikulit/klorit (Tablica 31). Analiza sastava minerala glina na jednom uzorku iz jedinice LU-13-1 ukazala je na prisutnost klorita, illita i kaolinita (Tablica 31, Slika 78). Sedimenti iz jedinice LU-13-2 sadrže kvarc, plagioklase, muskovit/illit, kaolinit, K-feldspate i amfibole. U uzorcima iz gornjeg dijela jedinice određeni su i smektit/vermikulit/klorit, slično kao i u uzorku iz jedinice LU-13-1. Iako prisutni, karbonatni minerali su manje zastupljeni. Dolomit je određen jedino u uzorcima iz donjeg dijela jedinice, dok su kalcit i aragonit određeni u po jednom uzorku svaki (Tablica 31). Detaljnija analiza minerala glina dokazala je prisutnost klorita, illita i neuređenog kaolinita (slabo kristaliziranog) u sedimentima iz jedinice LU-13-2 (Tablica 31). Uzorke iz jedinice LU-13-3, osim kvarca, obilježava ponovna prisutnost karbonata (dolomita, kalcita, Mg-kalcita). Od ostalih minerala određeni su plagioklasi, muskovit/illit, K-feldspati, kaolinit, amfiboli, halit i pirit (Tablica 31). U uzorcima iz jedinice LU-13-4 determinirani su kvarc, plagioklasi, muskovit/illit i kaolinit (Tablica 31, Slika 77). Uz navedene minerale određen je i kalcit u uzorcima iz gornjeg dijela jedinice. Sastav minerala glina u uzorku iz jedinice LU-13-4, identičan je sastavu iz prethodno opisanih jedinica (Tablica 31, Slika 78).



Slika 77: Rendgenogrami uzorka iz jedinice LU-13-1 (11-12 cm) i uzorka iz jedinice LU-13-4 (531-532 cm). Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Pl-plagioklas, A-amfibol, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit.



Slika 78: Rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku iz jedinice LU-13-1 (10-12 cm). Simboli (Kretz, 1983): Sm-smektit, Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550°.

Tablica 31: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-13. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-Mg kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Ill-illit, Pl-plagioklas, Kfs-K-feldspat, Chl-klorit, A-amfibol, Kln-kaolinit, Py-pirit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA			JEDINICA
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA	
		10-12	Qtz, Dol, Pl, Kfs, A, Py	Chl, Ill, Kln	
11-12	Qtz, Dol, Cal, Pl, Arg, Ms/I, A, Hl				LU-13-1
38-39	Qtz, Cal, Dol, Pl, Arg, Ms/I, Hl				
69-70	Qtz, Cal, Dol, Pl, Ms/I, Kln, Sm/V/Chl, Arg				
111-112	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Sm/V/Chl, Arg				
		148-150	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Sm/V/Chl, A, Kfs	Chl, Ill, Kln	
149-150	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Sm/V/Chl, A, Kfs				
181-182	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Sm/V/Chl, A, Kfs				LU-13-2
231-232	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Cal, Dol				
271-272	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, A, Dol				
316-317	Qtz, Pl, Ms/I, Kln, Kfs, Dol				
347-348	Qtz, Cal, Dol, Pl, Ms/I, Kln, Hl				
371-372	Qtz, Dol, Cal, Pl, Ms/I, Kln, Hl, Py				LU-13-3
395-396	Qtz, Py, Dol, Cal, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, Gp				
421-422	Qtz, Py, Dol, Cal, Mg-cal, Pl, Kfs, Ms/I, Kln, A, Hl				
466-467	Qtz, Ms/I, Kln, Pl, Py				
491-492	Qtz, Cal, Pl, Ms/I				
530-531	Qtz, Pl, Ms/I, Kln	530-531	Qtz, Pl, Ms/I, Kln	Chl, Ill, Kln	LU-13-4
531-532	Qtz, Ms/I, Pl, Kln				

5.2.5.6 Analiza kemijskog sastava jezgre upotrebom μXRF skenera jezgara

Na Slici 79 i 80 prikazane su promjene odabranih elemenata i omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-13. U Prilogu 4 dani su numerički rezultati mjerenja određenih elemenata na μXRF skeneru jezgara i izračunati omjeri elemenata.

Omjer Ca/Ti, te Ca (cps) i Sr (cps) su visoki u sedimentima iz jednica LU-13-1 i LU-13-3. U površinskim centimetrima jezgre određeni su maksimalni Ca/Ti, Ca (cps) i Sr (cps). Nešto niži omjer i relativni udjeli elemenata izmjereni su u intervalu jezgre od 71-346 cm, odnosno u sedimentima iz jedinice LU-13-2. Do naglog rasta navedenih kemijskih parametara dolazi na 347. cm jezgre, odnosno u sedimentima iz jednice LU-13-3. U sedimentima jedinice LU-13-4 Ca/Ti, Ca (cps) i Sr (cps) se ponovno smanjuju (Slika 79, 80).

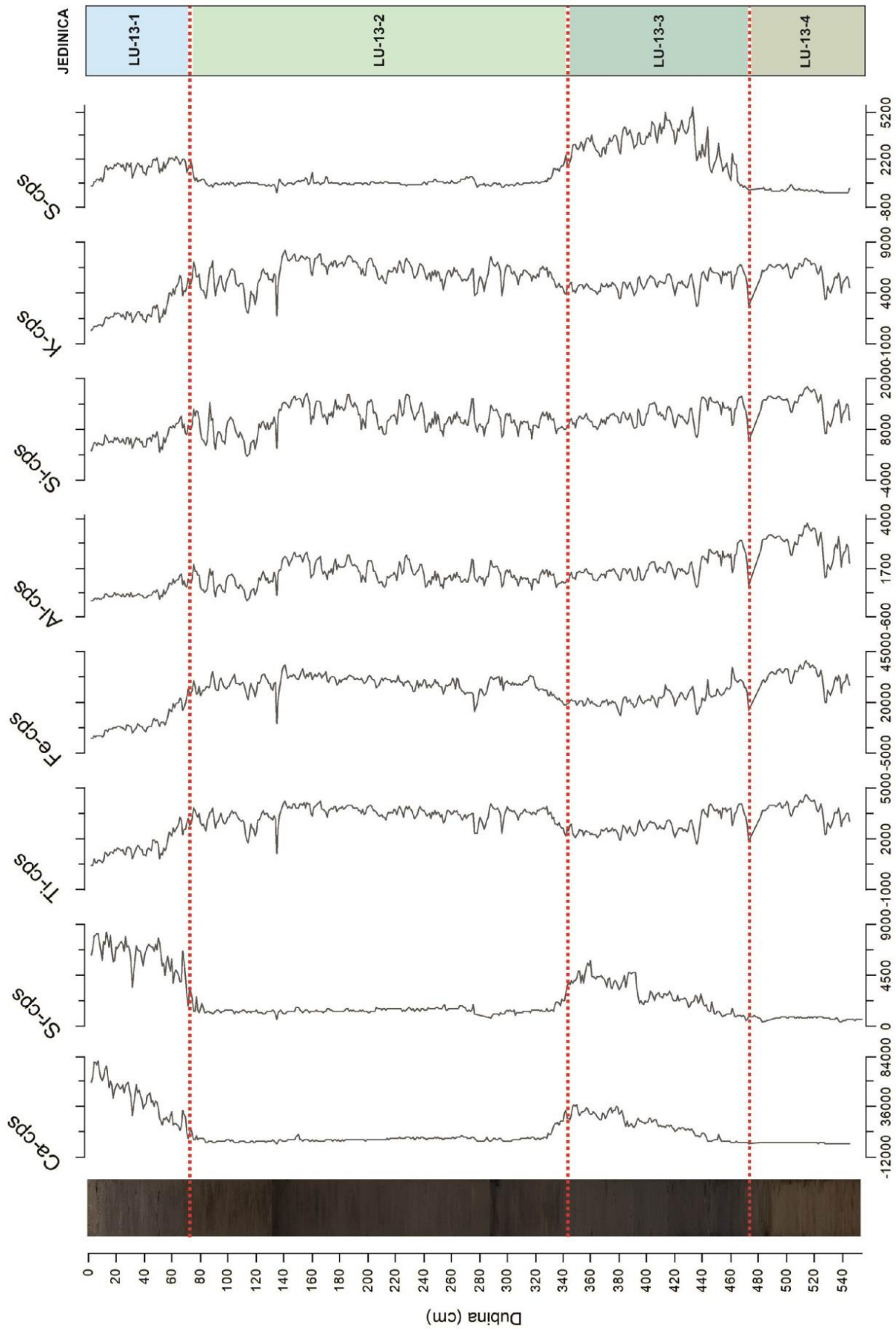
Sedimenti najgornje jedinice LU-13-1 obilježeni su nižim omjerom Sr/Ca u odnosu na sedimente jedinice LU-13-2. Prelaskom u jedinicu LU-13-3 omjer Sr/Ca postupno se smanjuje. U sedimentima najdonje jedinice jezgre LK-13 (LU-13-4) omjer Sr/Ca raste (Slika 80).

Elementi Ti (cps), Fe (cps), Al (cps), K (cps) i Si (cps), te njihovi omjeri (Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca) imaju sličnu distribuciju uzduž jezgre sedimenata LK-13 kao prethodno opisan omjer Sr/Ca (Slika 79, 80). U sedimentima najgornje jedinice (LU-13-1) navedeni elementi i omjeri su niski. U sedimentima iz jedinice LU-13-2 dolazi do njihovog značajnog porasta, te postepenog smanjenja prelaskom u jedinicu LU-13-3. Najviši omjeri Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca u jezgri LK-13 određeni su u sedimentima iz najdonje jedinice LU-13-4 (Slika 80).

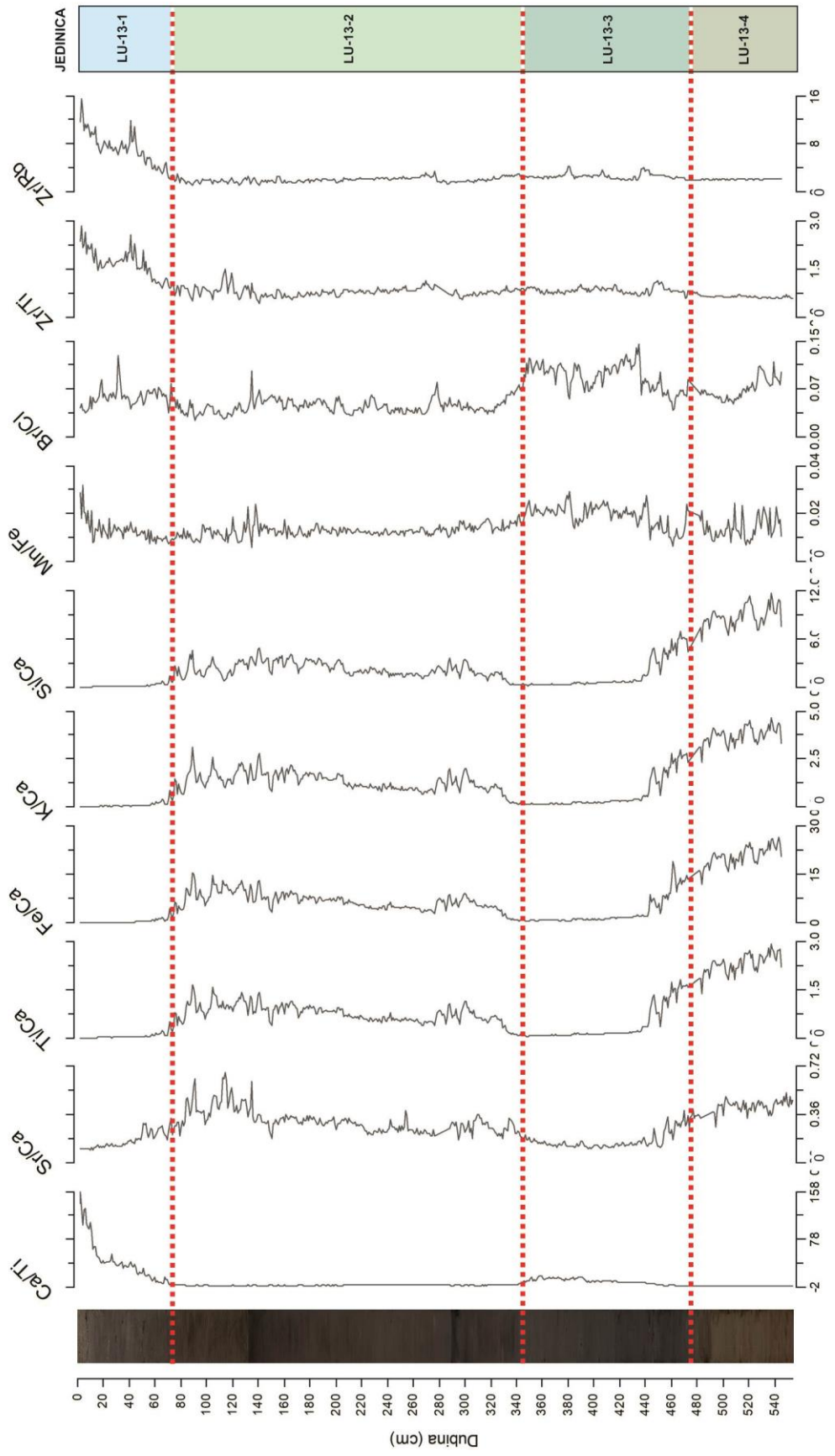
Omjer Mn/Fe ima ujednačenu distribuciju u jezgri sedimenata LK-13. U površinskom dijelu jezgre (0-10 cm) u sedimentima iz jedinice LU-13-1 omjer Mn/Fe je visok. Sedimenti jedinice LU-13-2 imaju nešto niži omjer u odnosu na površinski dio jezgre. Blagi rast omjera može se uočiti u sedimentima iz jedinice LU-13-3 (Slika 80).

S (cps) i omjer Br/Cl su viši u sedimentima iz jedinice LU-13-1, u odnosu na sedimente jedinice LU-13-2. U intervalu od 357-470 cm (jedinica LU-13-3) izmjeren je najviši S (cps) i omjer Br/Cl. U sedimentima iz jedinice LU-13-4 relativni udio i omjer se opet smanjuju (Slika 79, 80). Distribucija S (cps) i Br/Cl duž jezgre sedimenata LK-13 je suprotna u odnosu na distribuciju ranije navenih terigenih elemenata i njihovih omjera (npr. Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca) (Slika 79, 80).

Omjeri Zr/Ti i Zr/Rb imaju visoke vrijednosti u površinskom dijelu jezgre (0-71 cm, jedinica LU-13-1), te veoma sličnu distribuciju u sedimentima iz jednica LU-13-2, LU-13-3 i LU-13-4 (Slika 80).



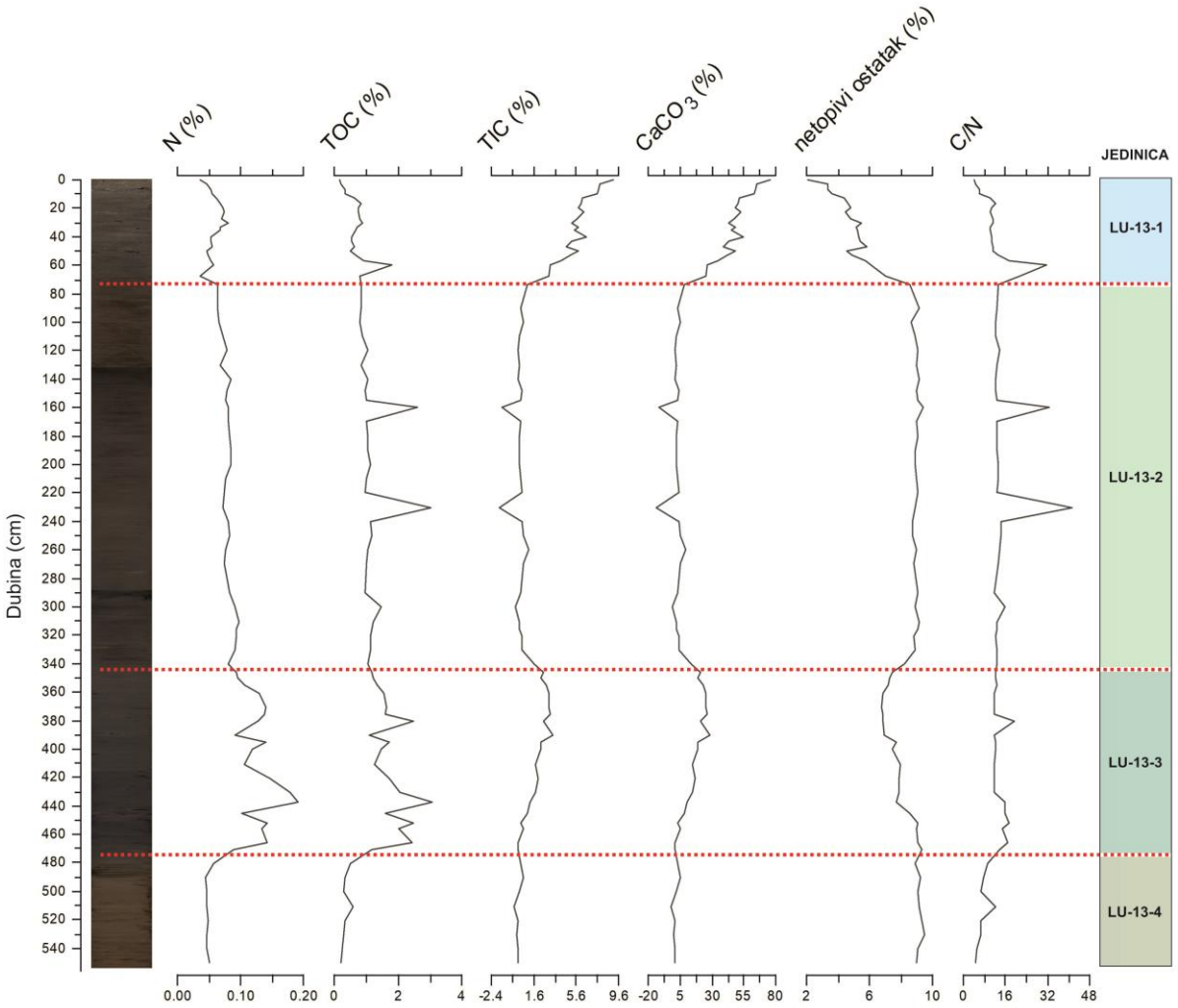
Slika 79: Varijacije odabranih elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.



Slika 80: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.

5.2.5.7 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Udjeli ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC) i netopivog ostatka određeni su na 75 uzorka iz jezgre sedimenata LK-13. Iz dobivenih podataka izračunat je udio kalcij karbonata ($CaCO_3$) i C/N omjer. Slika 81 prikazuje varijacije u distribuciji udjela i omjera s dubinom jezgre, dok su u Prilogu 5 prikazani rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima. Statistički parametri navedenih kemijskih komponenata u izdvojenim jedinicama jezgre LK-13 dani su u Tablici 32.



Slika 81: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.

U analiziranoj jezgri udio N je u rasponu od 0,04-0,19%. Najniži udio određen je u sedimentima iz jedinice LU-13-1 (0,04-0,08%), s minimumom na dubini od 68 cm. U sedimentima iz jedinice LU-13-2 dolazi do blagog porasta udjela N, i to u rasponu od 0,06-0,10%. Sedimenti jedinice LU-13-3 obilježeni su daljnjim porastom udjela N (0,09-0,19%), s izraženim maksimumom na dubini

od 437 cm. U uzorcima iz jedinice LU-13-4 udio N se smanjuje (0,05-0,09%) u odnosu na prethodnu jedinicu (Tablica 32, Slika 81).

Udio TOC-a u jezgri LK-13 varira od 0,15-3,06%. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 udio je u rasponu od 0,15-1,79%, s porastom prema dnu jedinice. Sedimenti jedinice LU-13-2 obilježeni su udjelom od 0,8-3,01%, s dva izražena maksimuma na 160 cm i 230 cm. U uzorcima iz jedinice LU-13-3 udio TOC-a raste u odnosu na prethodne jedinice i u rasponu je od 1,07-3,06%. Značajniji pad udjela određen je u sedimentima iz jedinice LU-13-4 (0,23-1,2%) (Slika 81, Tablica 32).

Tablica 32: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13 (igd-ispod granice detekcije).*

		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
N (%)	Srednja vrijednost	0,06	0,08	0,13	0,05	0,08
	Standardna devijacija	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03
	Min	0,04	0,06	0,09	0,05	0,04
	Max	0,08	0,10	0,19	0,09	0,19
TOC (%)	Srednja vrijednost	0,67	1,17	1,77	0,45	1,10
	Standardna devijacija	0,34	0,49	0,55	0,31	0,64
	Min	0,15	0,80	1,07	0,23	0,15
	Max	1,79	3,01	3,06	1,20	3,06
TIC (%)	Srednja vrijednost	5,82	0,32	2,01	0,17	2,18
	Standardna devijacija	1,51	0,62	0,99	0,21	2,52
	Min	3,08	igd*	0,13	igd*	igd*
	Max	9,08	1,59	3,37	0,59	9,08
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	48,51	2,68	16,75	1,44	18,13
	Standardna devijacija	12,56	5,19	8,28	1,79	20,99
	Min	25,64	igd*	1,05	igd*	igd*
	Max	75,65	13,24	28,10	4,93	75,65
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	48,14	89,29	76,92	91,64	75,63
	Standardna devijacija	10,94	2,15	7,74	1,85	18,79
	Min	21,27	82,51	67,76	88,93	21,27
	Max	70,36	93,63	90,62	94,50	94,50
C/N	Srednja vrijednost	11,72	14,70	13,61	8,01	12,84
	Standardna devijacija	6,12	6,46	2,46	3,13	5,65
	Min	3,99	11,87	11,52	4,59	3,99
	Max	31,67	41,31	19,36	13,56	41,31

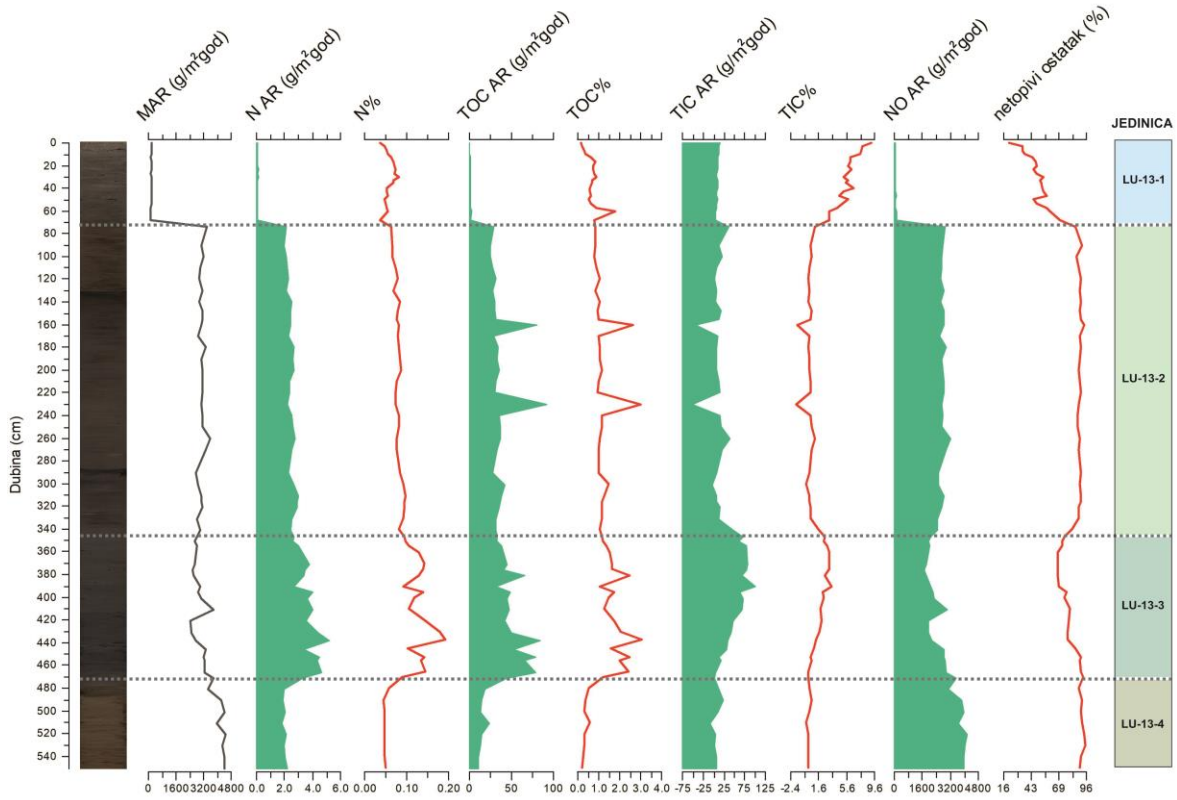
Jezgra LK-13 obilježena je maksimalnim udjelom TIC-a do 9,08% (jedinica LU-13-1). U sedimentima iz jedinice LU-13-2 dolazi do smanjenja TIC-a, s maksimumom od 1,59% na dubini od 341 cm. Sedimenti jedinice LU-13-3 obilježeni su porastom udjela u gornjem dijelu jedinice, te njihovim smanjenjem u donjem dijelu jedinice (Slika 81). Udio TIC-a u uzorcima iz jedinice LU-13-3 varira između 0,13-3,37%, dok u uzorcima iz jedinice LU-13-4 doseže 0,59%. Izračunat je udio $CaCO_3$ do 75,65% (Tablica 32).

Udio netopivog ostatka u analiziranoj jezgri sedimenata u rasponu je od 21,27-94,50%. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 (21,27-70,36%) određen je najniži udio u cijeloj jezgri. U uzorcima iz jedinica LU-13-2 (82,51-93,63%), LU-13-3 (67,76-90,62%) i LU-13-4 (88,93-94,5%) udio netopivog ostatka je visok (Slika 81, Tablica 32).

Omjer TOC-a i N (C/N omjer) varira u svim analiziranim uzorcima od 3,99-41,31. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 omjer je u rasponu od 3,99-31,67 (Tablica 32), s minimumom u površinskim dijelovima jezgre (Slika 81). Izračunat C/N omjer u uzorcima iz jedinice LU-13-2 varira između 11,87-41,31 (Tablica 32). U ovoj jedinici izražena su dva maksimuma, na dubini od 160 cm i 230 cm (Slika 81). U sedimentima iz jedinica LU-13-3 i LU-13-4 omjer je u rasponu od 11,52-19,36, odnosno 4,59-13,56 (Tablica 32).

5.2.5.8 Izračun brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR)

Fluks sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR) izračunati su na 74 uzorka iz jezgre sedimenata LK-13. Rezultati su prikazani grafički (Slika 82) i tablično (Prilog 6), dok je u Tablici 33 dan prikaz osnovnih statističkih parametara izračuna fluksa u izdvojenim jedinicama jezgre.



Slika 82: Varijacije u brzini akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka s dubinom u jezgri sedimenata LK-13.

Određen je MAR u rasponu od 147,91-4489,35 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 MAR je između 147,91-185,17 g/m^{2}god, dok u sedimentima iz jedinice LU-13-2 značajno raste i u rasponu je od 2780,28-3567,29 g/m^{2}god. MAR varira u sedimentima iz jedinice LU-13-3 od 2444,31-3762,23 g/m^{2}god, a u sedimentima jedinice LU-13-4 od 3480,39-4489,35 g/m^{2}god (Tablica 33, Slika 82).

Dušik se akumulirao u jezgri LK-13 brzinom od 0,05-5,24 g/m^{2}god. Najniži N AR određen je u sedimentima iz jedinice LU-13-1 (0,05-0,13 g/m^{2}god), dok u sedimentima iz jedinice LU-13-2 (1,97-3,0 g/m^{2}god) i posebice sedimentima iz jedinice LU-13-3 (2,62-5,24 g/m^{2}god) N AR raste. Izračunat N AR u sedimentima iz jedinice LU-13-4 u rasponu je od 1,85-3,34 g/m^{2}god (Tablica 33, Slika 82).

Fluks TOC-a u jezgri LK-13 u rasponu je od 0,24-92,46 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 određen je TOC AR između 0,24-2,80 g/m^{2}god, dok u jedinici LU-13-2 fluks raste te je između 25,41-92,46 g/m^{2}god. TOC AR iznosi između 32,03-83,85 g/m^{2}god u sedimentima iz jedinice LU-13-3, te 10,21-45,28 g/m^{2}god u sedimentima iz jedinice LU-13-4 (Tablica 33, Slika 82).

U analiziranoj jezgri fluks TIC-a doseže maksimum od 100,57 g/m^{2}god. U sedimentima iz jedinice LU-13-1 TIC AR varira od 4,55-14,97 g/m^{2}god, dok u sedimentima iz jedinice LU-13-2 TIC AR doseže 47,68 g/m^{2}god. TIC AR u sedimentima iz jedinice LU-13-3 varira između 4,11-100,57 g/m^{2}god, a u sedimentima iz jedinice LU-13-4 fluks se generalno snižava i doseže maksimumum na 491. cm (24,86 g/m^{2}god) (Tablica 33, Slika 82).

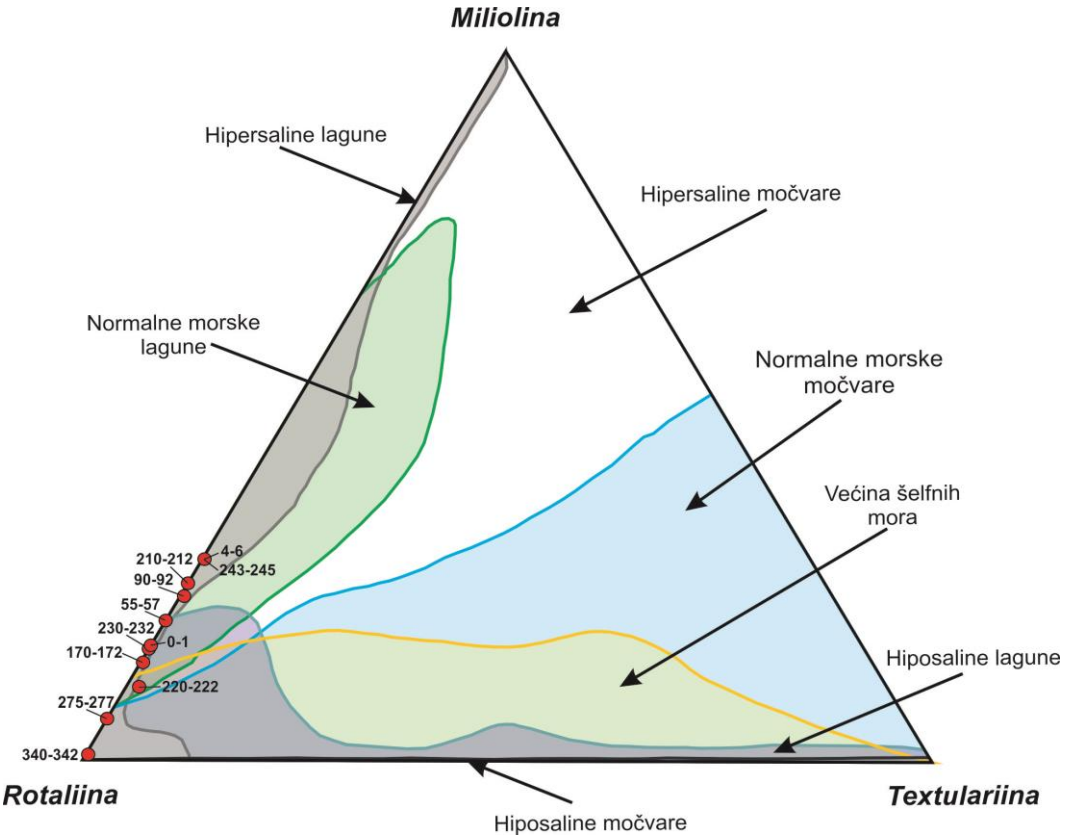
Fluks netopivog ostatka u jezgri LK-13 je u rasponu od 35,06-4192,15 g/m^{2}god. Brzina akumulacije netopivog ostatka u sedimentima iz jedinice LU-13-1 u rasponu je od 35,06-104,07 g/m^{2}god, u jedinici LU-13-2 od 2474,73-3202,35 g/m^{2}god, u jedinici LU-13-3 od 1729,11-3000,75 g/m^{2}god, te u jedinici LU-13-4 od 3095,11-4192,15 g/m^{2}god (Tablica 33). NO AR raste s dubinom jezgre LK-13 (Slika 82).

Tablica 33: Osnovni statistički parametri stupnja akumulacije sedimenta, ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika i netopivog ostatka u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-13.

		LU-13-1	LU-13-2	LU-13-3	LU-13-4	UKUPNO JEZGRA
MAR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	165,40	3098,26	2911,45	4158,89	2391,68
	Standardna devijacija	9,67	173,25	351,08	348,84	1431,37
	Min	147,91	2780,28	2444,31	3480,39	147,91
	Max	185,17	3567,29	3762,23	4489,35	4489,35
N AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	0,10	2,47	3,73	2,17	2,08
	Standardna devijacija	0,02	0,25	0,75	0,45	1,39
	Min	0,05	1,97	2,62	1,85	0,05
	Max	0,13	3,00	5,24	3,34	5,24
TOC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	1,10	36,10	51,85	18,02	28,06
	Standardna devijacija	0,52	14,89	16,90	10,95	22,93
	Min	0,24	25,41	32,03	10,21	0,24
	Max	2,80	92,46	83,85	45,28	92,46
TIC AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	9,68	10,25	55,20	7,13	20,04
	Standardna devijacija	2,68	19,53	27,26	8,70	26,24
	Min	4,55	igd*	4,11	igd*	igd*
	Max	14,97	47,68	100,57	24,86	100,57
NO AR (g/m^{2}god)	Srednja vrijednost	79,30	2765,84	2268,37	3812,52	2052,76
	Standardna devijacija	16,99	157,84	449,08	339,93	1311,80
	Min	35,06	2474,73	1729,11	3095,11	35,06
	Max	104,07	3202,35	3000,75	4192,15	4192,15

5.2.5.9 Rezultati analize foraminiferske zajednice

U jezgri sedimenata LK-13 pregledano je 14 uzoraka, u kojima je određeno 90 vrsta foraminifera, te 38 rodova. Od ukupnog broja vrsta njih 53 pripada podredu Rotaliina, te 37 podredu Miliolina. Sve prepoznate vrste foraminifera su bentičke. U Prilogu 7 je dan popis determiniranih rodova i vrsta po uzorcima jezgre LK-13, te rezultati izračuna indeksa bioraznolikosti. U Tablama I-V prikazane su jedinke iz analiziranih jezgara s prostora Lošinjskoga kanala. Slika 83 prikazuje trokomponentni dijagram na temelju udjela podredova (Murray, 1973) s označenim uzorcima iz jezgre sedimenata LK-13 i pripadajućim okolišima.



Slika 83: Trokomponentni dijagram prema Murray (1973) s uzorcima iz jezgre sedimenata LK-13 (crveno).

Iz jedinice LU-13-1 pregledan je uzorak iz intervala 0-1 cm u kojem je prepoznato 40 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 22 roda. Od ukupnog broja vrsta njih 27 je iz podreda Rotaliina, a 13 iz podreda Miliolina. Oko 90% jedinki je iz podreda Rotaliina, dok je 10% jedinki iz podreda Miliolina. Dominantne vrste u uzorku su: *A. mamilla* (18,3%), *H. depressula* (11,6%), *Haynesina* sp.1 (10,8%) i *R. floridensis* (11,4%). Srednje zastupljene vrste su: *Cibicides refulgens* Montfort, 1808 i *E. fichtelianum*. Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,94, indeks ravnomjernosti je 0,79, dok je Fisher α indeks 12,31 (Prilog 7).

Određena je zajednica foraminifera u intervalima 100-101 cm, 160-161 cm, 220-221 cm, 339-340 cm iz jedinice LU-13-2. U uzorku s dubine 100-101 prepoznato je 48 vrsta i 22 roda foraminifera. Ukupno je 31 vrsta iz podreda Rotaliina, a 17 vrsta je iz podreda Miliolina. Oko 88% jedinki je iz podreda Rotaliina, dok je 12% jedinki iz podreda Miliolina. Dominantne vrste su: *A. tepida* (22,6%), te *Porosononion* sp.2 (16,8%). Srednje zastupljene vrste su: *Ammonia* sp., *Haynesina* sp.3 i *H. depressula*. Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 3,03, indeks ravnomjernosti je 0,78, dok je Fisher α indeks 17,92 (Prilog 7).

Determinirano je 16 rodova, te 26 vrsta foraminifera u uzorku s dubine jezgre od 160-161 cm. Od ukupnog broja prepoznatih vrsta njih 17 je iz podreda Rotaliina, dok je 9 vrsta iz podreda Miliolina. Više od 85% izbrojanih jedinki pripada podredu Rotaliina, dok oko 15% jedinki pripada podredu Miliolina. Dominantna vrsta u uzorku je *A. tepida* (32,1%), dok su srednje zastupljene vrste *Ammonia* sp., *Bolivina variabilis* (Williamson, 1858), *Haynesina* sp.3, *H. depressula* i *R. floridensis*. Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,62, indeks ravnomjernosti je 0,8, dok je Fisher α indeks 10,07 (Prilog 7).

Uzorak u intervalu 220-221 cm sadrži 22 vrste foraminifera, koje se mogu svrstati u 14 različitih rodova. Ukupno 15 vrsta je iz podreda Rotaliina, dok je 7 vrsta iz podreda Miliolina. Oko 81% izdvojenih jedinki foraminifera je iz podreda Rotaliina, te oko 19% iz podreda Miliolina. Dominantna vrsta u uzorku je *Porosononion* sp.2 (11,5%), dok su *Ammonia* sp., *A. tepida*, *Haynesina* sp.3 i *H. depressula* srednje zastupljene vrste. Ukupno 8% uzorka čine veoma abradirane kućice koje nije bilo moguće identificirati na razini vrste i roda (Prilog 7). U uzorku su izdvojene svega 52 jedinke, te stoga uzorak nije statistički obrađen.

U uzorku s dubine 339-340 cm određene su 42 vrste foraminifera, te 19 rodova. Od navedenog broja vrsta njih 33 pripada podredu Rotaliina, dok je 9 vrsta iz podreda Miliolina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 90%, a udio jedinki iz podreda Miliolina je oko 10%. U uzorku su dominantne vrste *A. tepida* (22,47%) i *H. depressula* (13,64%), dok su srednje zastupljene vrste *A. parkinsoniana*, *E. translucens* i *Porosononion* sp.1. Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,89, indeks ravnomjernosti je 0,77, dok je Fisher α indeks 11,88 (Prilog 7).

Iz izdvojene jedinice LU-13-3 pregledani su sljedeći intervali: 359-360 cm, 399-400 cm, 438-439 cm, 444-445 cm, 452-454 cm, 468-469 cm. Uzorak s dubine 359-360 cm sadrži 52 različite vrste i 22 roda foraminifera. Najviše je vrsta iz podreda Rotaliina (30), dok je nešto manje vrsta iz podreda Miliolina (22). Određen je udio jedinki iz podreda Rotaliina od 82%, dok je udio jedinki iz podreda Miliolina 18%. Gotovo jednu trećinu prepoznatih jedinki u uzorku čine jedinke vrste *A. tepida* (27,53%), dok su srednje zastupljene vrste *Haynesina* sp.1, *Porosononion* sp.2, te *Q. bosciana* (Prilog

7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,99, indeks ravnomjernosti je 0,75, dok je Fisher α indeks 15,97 (Prilog 7).

U uzorku s dubine 399-400 cm prepoznate su 32 vrste i 19 rodova foraminifera. Ukupno 25 vrsta je iz podreda Rotaliina, dok je 7 vrsta iz podreda Miliolina. Najveći je udio jedinki iz podreda Rotaliina, čak 96,9%. Jedinke iz podreda Miliolina znatno su manje zastupljene (3,1%). Dominantna vrsta u analiziranom uzorku je *A. tepida* (44,79%). Različite vrste roda *Ammonia* (*A. beccarii* i *A. parkinsoniana*) i *Elphidium* (*E. fichtelianum* i *E. translucens)* su srednje zastupljene (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,25, indeks ravnomjernosti je 0,64, dok je Fisher α indeks 10,03 (Prilog 7).

Određena su 23 roda i 38 vrsta foraminifera u uzorku iz intervala 438-439 cm. Od navedenog broja vrsta njih 27 pripada podredu Rotaliina, te 11 podredu Miliolina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 87%, dok je udio jedinki iz podreda Miliolina 13%. Dominantne vrste u uzorku su: *Ammonia* sp. (17,2%) i *E. margaritaceum* (17,7%). Srednje zastupljene vrste su: *A. parkinsoniana*, *A. tepida*, *E. translucens*, *Haynesina* sp.3 i *Q. bosciana*. Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 2,83, indeks ravnomjernosti je 0,77, dok je Fisher α indeks 10,79 (Prilog 7).

U uzorku s dubine od 444-445 cm determinirane su 24 vrste i 10 rodova foraminifera. Prepoznate vrste su isključivo iz podreda Rotaliina, dok jedinke iz drugih podredova nisu zastupljene u ovom uzorku. U zajednici dominira vrsta *A. tepida*, te pola od ukupno 423 izbrojanih jedinki čine jedinke ove vrste. Važno je napomenuti da je značajan broj jedinki (81) vrste *A. tepida* bio abradiran. U zajednici su također u velikom broju prisutne i jedinke vrste *A. parkinsoniana* (12,53%), *E. margaritaceum* (8,98%) i *E. translucens* (6,15%). Shannon-Wiener indeks je 1,92, indeks ravnomjernosti je 0,60, dok je Fisher α indeks 5,81 (Prilog 7).

Prepoznato je 13 vrsta i 5 rodova foraminifera u uzorku s dubine 452-454 cm. Od navedenog broja vrsta njih 12 je iz podreda Rotaliina, dok je jedna vrsta je iz podreda Miliolina. Ukupno je 99,5% jedinki iz podreda Rotaliina. Izražena je dominacija vrste *A. tepida* (58%), dok su značajnije zastupljene vrste *A. parkinsoniana* (18,65%), *A. beccarii* (8,29%) i *E. translucens* (4,15%) (Prilog 7). Veliki je broj jedinki čije su kućice abradirane i fragmentirane. Shannon-Wiener indeks je 1,44, indeks ravnomjernosti je 0,55, dok je Fisher α indeks 3,47 (Prilog 7).

U uzorku iz intervala 468-469 cm izbrojane su 24 jedinke foraminifera, te je određeno 5 rodova i 11 vrsta. Sve jedinke su iz podreda Rotaliina. U ovom uzorku također dominiraju jedinke vrste *A. tepida* (37,5%) i *A. parkinsoniana* (12,5%). Ukupno je određeno 10 srednje zastupljenih vrsta, od kojih su u najvećim udjelima prisutne *Elphidium crispum* (Linné, 1758), *E. fichtelianum* i

Porosononion sp.2 (Prilog 7). Većina jedinki je dobre očuvanosti. Indeksi bioraznolikosti nisu izračunati zbog malog broja jedinki.

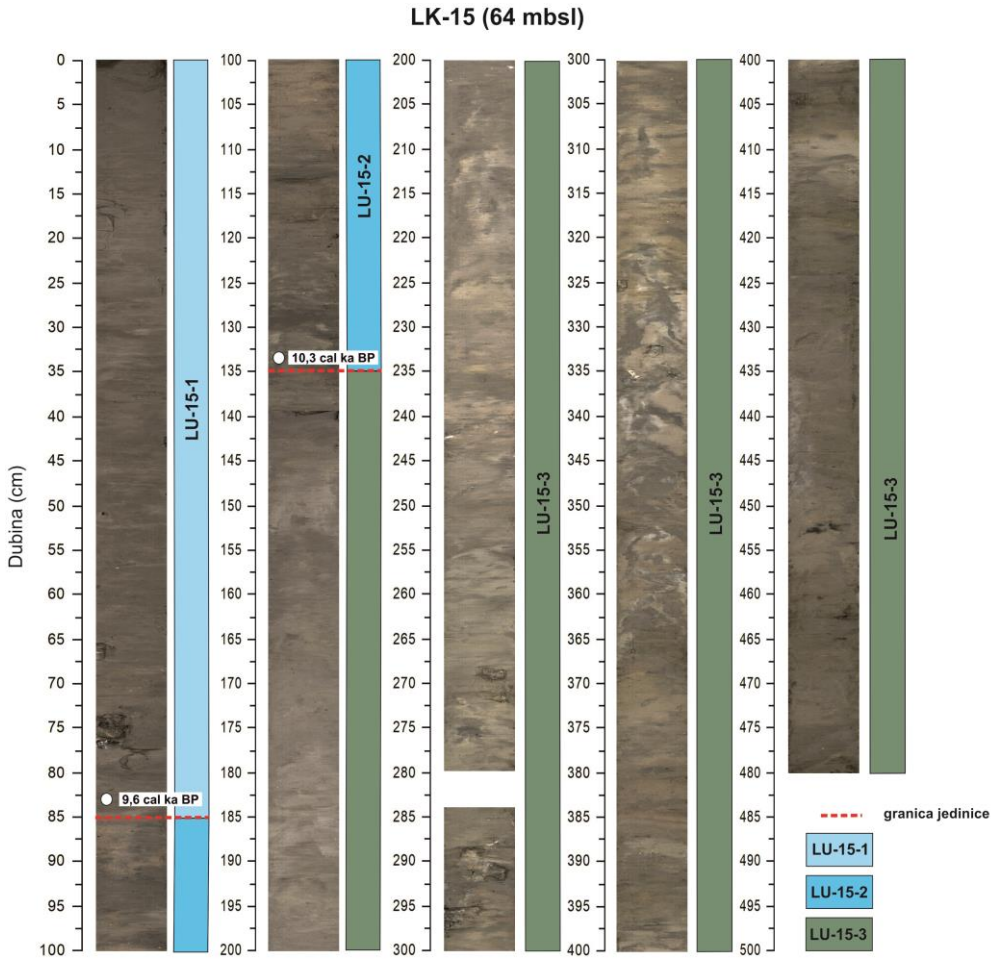
Iz jedinice LU-13-4 u intervalima 480-481 cm, 490-491 cm i 500-501 cm napravljen je pregled zajednice foraminifera. Sveukupno 7 jedinki foraminifera nađeno je u uzorku s dubine 480-481 cm. Najveći broj jedinki (4) pripada vrsti *A. tepida*, a određene su i jedinke vrsta *A. parkinsoniana*, *A. beccarii* i *A. perlucida*. Po jedna jedinka foraminifere nađena je u uzorcima s dubine od 490-491 cm (*A. tepida*) i 500-501 cm (*E. translucens*) (Prilog 7). Pronađene jedinke su oštećene (abrazija, fragmentacija), izuzevši jedinku *E. translucens* s dubine 500-501 cm koja je dobre očuvanosti. Izračun indeksa bioraznolikosti nije napravljen zbog malog broja prisutnih foraminifera.

5.2.6 Rezultati analiza jezgre sedimenata LK-15

Jezgra sedimenata LK-15, dužine 480 cm, izbušena je u Lošinjskom kanalu uz otok Cres na dubini mora od 64 m.

5.2.6.1 Opis jezgre sedimenata

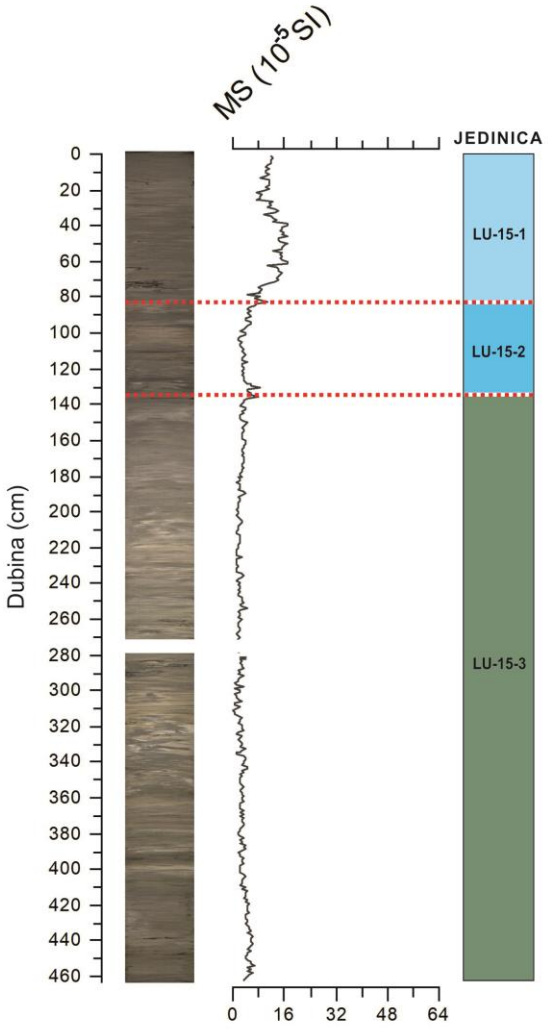
Gornji dio jezgre, od njenog vrha do 85. cm (jedinica LU-15-1), je tamno smeđe do sive boje (Slika 84). Ostaci mekušaca i bodljikaša su brojni u sedimentima jedinice LU-15-1. Određeni su makrofosilni ostaci koponošca *D. dentalis*, te gastropoda *Turritella* sp. Sedimenti jedinice LU-15-2 (85-135 cm) su smeđe boje, s tamno sivim proslojcima (Slika 84). U ovom dijelu jezgre pronađeni su ostaci gastropoda *B. tentaculata*, *Valvata* sp. i *Turritella* sp. Sediment iz jedinice LU-15-3 (od 135. cm jezgre) postaje svjetliji u odnosu na sediment iz prethodno opisanih jedinica LU-15-1 i LU-15-2. U gornjem dijelu jedinice LU-15-3 sediment je homogen i svjetlo sive boje. Od 210. cm jezgre sediment je obilježen izmjenom svjetlo smeđih i tamno sivih nepravilnih slojeva. Sam kraj jezgre tamno smeđe je boje (Slika 84). U sedimentima ove jedinice pronađen je jedino izuzetno loše očuvan ostatak gastropoda na 392. cm jezgre, te sporadično pojedinačni klasti karbonatnih stijena.



Slika 84: Prikaz jezgre sedimenata LK-15 i izdvojenih jedinica.

5.2.6.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) u jezgri sedimenata LK-15 varira od 0,2-17,1 x 10^{-5} SI (Slika 85, Tablica 34). U sedimentima jedinice LU-15-1 MS je u rasponu od 4,7-17,1 x 10^{-5} SI, te je viši u donjem dijelu jedinice (interval 27-72 cm) (Tablica 34, Slika 85). Izmjereni MS se smanjuje u sedimentima iz jedinice LU-15-2, te je u rasponu od 1,7-8,4 x 10^{-5} SI (Tablica 34). Najviši MS u sedimentima iz LU-15-2 izmjeren je u uzorku s dubine od 130 cm. U sedimentima iz jedinice LU-15-3 MS je nizak (0,2-8,0 x 10^{-5} SI) (Slika 85, Tablica 34).



Slika 85: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgri sedimenata LK-15.

Tablica 34: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-15.

		LU-15-1	LU-15-2	LU-15-3	UKUPNO JEZGRA
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	12,03	3,89	3,11	4,84
	Standardna devijacija	2,96	1,29	3,96	4,96
	Min	4,70	1,70	0,20	0,20
	Max	17,10	8,40	8,00	17,10

5.2.6.3 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

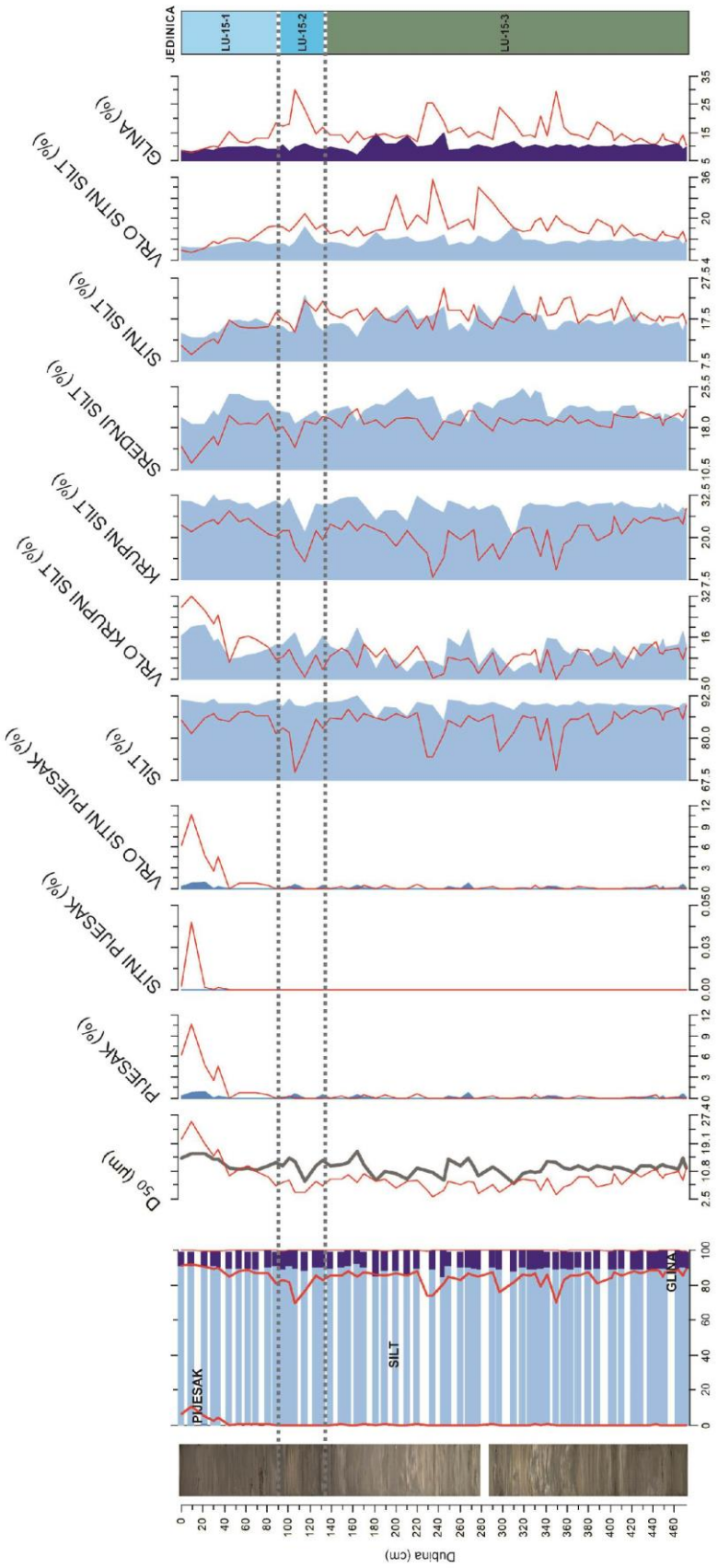
Granulometrijske analize napravljene su na 61 uzorku iz jezgre sedimenata LK-15. Slika 86 je grafički prikaz udjela pojedinih frakcija siliciklastične+karbonatne i siliciklastične komponente kroz jezgru, dok je u tablicama (Tablica 35, 36) napravljen pregled osnovnih statističkih parametara granulometrijskih analiza u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre. U Prilogu 2 su dani rezultati na pojedinačnim uzorcima.

5.2.6.3.1 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične+karbonatne komponente metodom laserske difrakcije

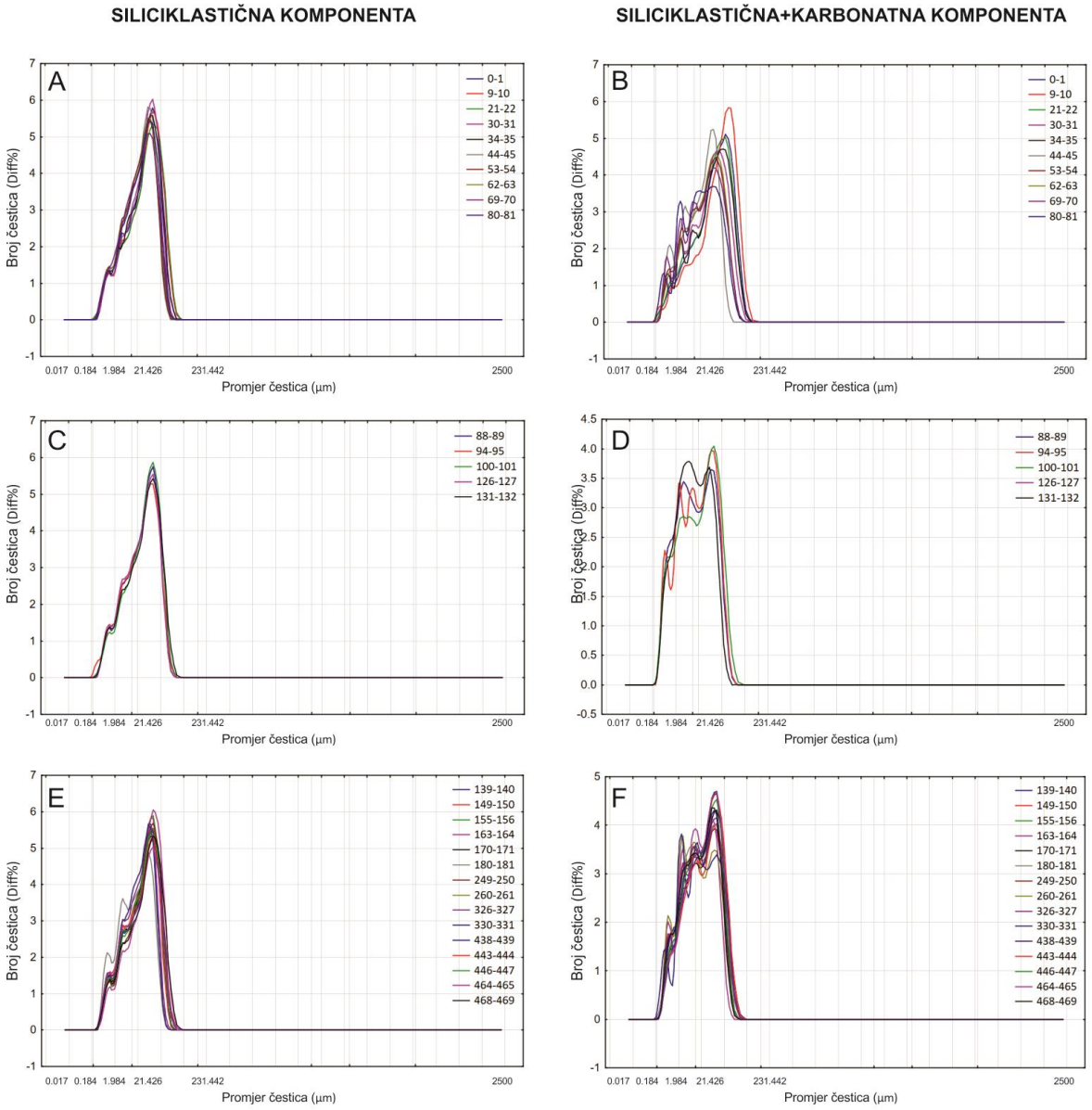
Granulometrijska analiza siliciklastične+karbonantne komponente u jezgri sedimenata LK-15 ukazala je na dominaciju čestica veličine silta (70-89%) u sedimentu, dok je udio čestica veličine pijeska (0-11%) i glina (8-30%) znatno niži. Siltnu frakciju dominantno grade čestice vrlo sitnog (7-35%), krupnog (8-28%), sitnog (9-25%), te srednjeg silta (12-21%). U frakciji pijeska najveći je udio vrlo sitnog pijeska (0-11%) (Tablica 35). Distribucija udjela pijeska, silta i gline relativno je ujednačena duž jezgre (Slika 86), iako postoje varijacije u udjelima pojedinih frakcija u izdvojenim jedinicama (Tablica 35). Svi analizirani uzorci iz jezgre LK-15 su loše do vrlo loše sortirani (Prilog 2). Srednja veličina čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj frakciji jezgre sedimenata LK-15 u rasponu je od 3,13-25,56 μm (Prilog 2). Krivulje distribucije veličine čestica su bimodalne, trimodalne i polimodalne, dok 2 uzorka iz jedinice LU-15-3 imaju unimodalnu krivulju (Slika 87).

U sedimentima iz jedinice LU-15-1 udio silta je u rasponu od 81-88%, s dominacijom čestica veličine vrlo krupnog (7-32%) i krupnog silta (21-28%) (Tablica 35). Krupnozrnati silt prevladava u sedimentima iz gornjeg dijela jedinice, odnosno najgornjih 35 cm jezgre. Udio pijeska u siliciklastično+karbonantnoj komponenti doseže 11%, sa smanjenjem udjela od vrha prema dnu jedinice (Slika 86). Frakcija veličine glina je u rasponu od 8-15% (Tablica 35). Udjeli rastu u sedimentima također od vrha prema dnu jedinice. Srednja veličina čestica u LU-15-1 varira između 9,16-25,56 μm (Slika 86).

Do promjene u distribuciji veličine čestica dolazi u sedimentima iz jedinice LU-15-2. Frakcija silta i dalje je prisutna u najvećem udjelu (70-86%), te su podjednako zastupljene čestice veličine krupnog (13-22%), srednjeg (14-20%), sitnog (14-22%) i vrlo sitnog (15-22%) silta (Tablica 35). U uzorcima iz donjeg dijela jedinice veći je udio čestica sitnog i vrlo sitnog silta (Slika 86). U sedimentima iz jedinice LU-15-2 značajno se mijenja udio čestica veličine glina, te je u rasponu od 14-30% (Tablica 35). Udio glina raste od kraja jedinice LU-15-1, kroz jedinicu LU-15-2, te doseže maksimum na 115. cm jezgre (Slika 86). U uzorcima iz jedinice LU-15-2 srednja veličina čestica siliciklastične+karbonatne komponente je 4,39-7,96 μm (Slika 86).



Slika 86: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti (crvene linije), te siliciklastičnoj komponenti (plave siluete) jezgre sedimenata LK-15.



Slika 87: Krivulje distribucije veličine čestica u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-15: A) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-1, B) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-1, C) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-2, D) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-2, E) siliciklastična komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-3, F) siliciklastična+karbonatna komponenta u uzorcima iz jedinice LU-15-3.

Sedimenti jedinice LU-15-3 obilježeni su dominacijom siltoznog materijala (70-89%), s visokim udjelima krupnog (8-28%), srednjeg (16-21%), sitnog (15-25%) i vrlo sitnog silta (11-35%) (Tablica 35). Na grafičkom prikazu (Slika 86) uočava se varijabilnost u distribuciji navedenih frakcija silta u sedimentima jedinice. Udio gline je visok i u uzorcima iz LU-15-3 (10-30%) (Tablica 35). Nešto je veći udio čestica veličine glina u intervalu jezgre od 219-400 cm (Slika 86). Srednja veličina čestica siliciklastične+karbonatne komponente u uzorcima iz jedinice LU-15-3 u rasponu je od 3,13-11,68 µm (Slika 86). Prilikom makroskopskog pregleda jezgre uočen je veći broj pojedinačnih klasta karbonatnih stijena.

Tablica 35: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-15.

		LU-15-1	LU-15-2	LU-15-3	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	3,19	0,07	0,12	0,61
	Standardna devijacija	3,42	0,10	0,16	1,74
	Min	0,01	0,00	0,00	0,00
	Max	10,71	0,29	0,61	10,71
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,00	0,00	0,00	0,00
	Standardna devijacija	0,01	0,00	0,00	0,01
	Min	0,00	0,00	0,00	0,00
	Max	0,04	0,00	0,00	0,04
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	3,18	0,07	0,12	0,61
	Standardna devijacija	3,41	0,10	0,16	1,74
	Min	0,01	0,00	0,00	0,00
	Max	10,67	0,29	0,61	10,67
SILT (%)	Srednja vrijednost	85,89	80,18	84,82	84,47
	Standardna devijacija	1,87	5,30	4,12	4,25
	Min	81,39	69,76	70,37	69,76
	Max	87,96	85,61	89,48	89,48
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	19,89	6,97	8,30	10,02
	Standardna devijacija	7,83	3,63	3,75	6,30
	Min	6,52	0,70	0,16	0,16
	Max	31,86	11,58	14,36	31,86
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	24,20	19,33	21,00	21,33
	Standardna devijacija	1,93	3,49	4,47	4,24
	Min	21,12	12,63	8,06	8,06
	Max	28,01	22,11	28,48	28,48
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	16,97	17,82	19,43	18,85
	Standardna devijacija	2,90	1,90	1,12	1,86
	Min	11,74	14,49	15,92	11,74
	Max	20,60	20,20	21,42	21,42
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	13,66	18,69	18,67	17,86
	Standardna devijacija	2,65	2,83	2,14	2,93
	Min	9,20	14,33	14,96	9,20
	Max	17,32	22,18	24,97	24,97
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	11,16	17,38	17,41	16,40
	Standardna devijacija	2,90	2,25	5,10	5,08
	Min	6,78	15,02	11,19	6,78
	Max	16,61	22,07	35,24	35,24
GLINA (%)	Srednja vrijednost	10,93	19,75	15,06	14,92
	Standardna devijacija	2,25	5,32	4,18	4,63
	Min	7,91	14,33	10,46	7,91
	Max	15,15	30,19	29,63	30,19

5.2.6.3.2 Rezultati odredbe veličine čestica siliciklastične komponente metodom laserske difrakcije

Rezultati granulometrijskih analiza pokazali su da je silt (85-92%) dominantna frakcija siliciklastične komponente u sedimentima svih jedinica jezgre LK-15 (Slika 86, Tablica 36). U frakciji silta najveći je udio čestica krupnog silta (do 32%), dok srednjeg (do 25%) i sitnog silta (do 26%) ima manje (Tablica 36). Udio pijeska u uzorcima je nizak (0-1%), dok je udio čestica veličine glina nešto veći (7-15%). Slika 86 prikazuje udjele pojedinih frakcija uzduž jezgre LK-15, te se uočava prilično jednolična distribucija udjela pijeska, silta i gline u siliciklastičnoj komponenti. Svi analizirani uzorci su loše sortirani (Prilog 2). Srednja veličina čestica u siliciklastičnoj frakciji jezgre LK-15 u rasponu je od 6,94-16,58 μm (Slika 86). Krivulje distribucije veličine čestica su unimodalne, bimodalne, trimodalne i polimodalne (Slika 87).

Udio silta u sedimentima iz jedinice LU-15-1 je visok i u rasponu je od 90-92%. Najviše ima čestica veličine krupnog (28-32%) i srednjeg silta (19-24%). Udio vrlo krupnog silta (8-21%) viši je u sedimentu iz gornjeg dijela jedinice, te se smanjuje prema njenom dnu (Tablica 36). Udio ostalih frakcija silta je prilično ujednačen, s manjim rastom udjela sitnozrnatijih frakcija prema dnu jedinice (Slika 86). Udio čestica veličine pijeska (0-1%) i glina (8-10%) u sedimentima iz jedinice LU-15-1 je nizak (Tablica 36). U gornjem dijelu jedinice udio pijeska je nešto veći u odnosu na donji dio jedinice, dok je udio čestica veličine glina konstantan (Slika 86). Srednja veličina čestica u uzorcima iz jedinice LU-15-1 je između 11,08-16,07 μm (Prilog 2).

U sedimentima iz jedinice LU-15-2 udio silta je visok (89-92%), te su dominantne frakcije krupnog (21-32%), srednjeg (19-21%) i sitnog silta (14-23%) (Tablica 36). Sve frakcije silta imaju prilično ujednačenu distribuciju u sedimentima kroz jedinicu, s izuzetkom uzorka na dubini od 115 cm, koji sadrži veći udio sitnozrnatog sedimenta (Slika 86). Udio frakcije glina u sedimentima jedinice LU-15-2 neznatno je veći u odnosu na sedimente jedinice LU-15-1, te je u rasponu od 8-11%. Udio pijeska je nizak (Tablica 36). Distribucija navedenih frakcija je konstantna u sedimentima jedinice LU-15-2 (Slika 86), a srednja veličina čestica u rasponu je od 7,63-14,6 μm (Prilog 2).

Udio čestica pijeska u sedimentima jedinice LU-15-3 u rasponu je od 0-1%, silta od 85-92%, te glina od 7-15% (Tablica 36). Distribucija pijeska, silta i glina u ostalim uzorcima ove jedinice je gotovo nepromjenjena u odnosu na prethodno opisanu jedinicu LU-15-2 (Slika 86). Određena je srednja veličina zrna siliciklastične komponente u uzorcima iz jedinice LU-15-3 u rasponu od 6,94-16,58 μm (Prilog 2).

Tablica 36: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj komponenti sedimenata iz izdvojenih jedinica jezgre LK-15.

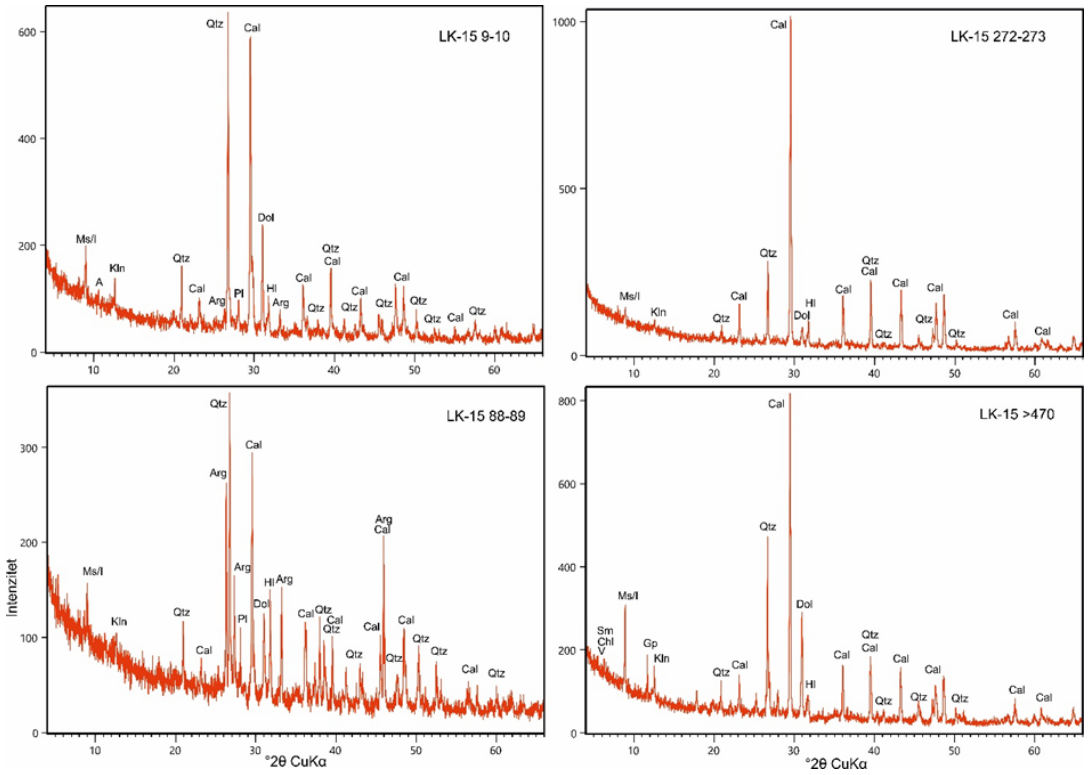
		LU-15-1	LU-15-2	LU-15-3	UKUPNO JEZGRA
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,25	0,22	0,11	0,14
	Standardna varijacija	0,35	0,25	0,18	0,23
	Min	0,01	0,02	0,00	0,00
	Max	0,98	0,68	0,84	0,98
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,25	0,22	0,11	0,14
	Standardna varijacija	0,35	0,25	0,18	0,23
	Min	0,01	0,02	0,00	0,00
	Max	0,98	0,68	0,84	0,98
SILT (%)	Srednja vrijednost	90,53	90,23	89,68	89,88
	Standardna varijacija	0,58	0,94	1,34	1,24
	Min	89,70	89,05	85,03	85,03
	Max	91,53	91,51	92,36	92,36
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	13,36	13,84	10,59	11,41
	Standardna varijacija	4,83	3,28	4,27	4,41
	Min	7,56	7,91	2,59	2,59
	Max	20,77	17,71	19,68	20,77
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	30,29	28,56	28,96	29,13
	Standardna varijacija	1,20	3,43	2,11	2,21
	Min	28,14	21,34	19,37	19,37
	Max	32,46	31,60	32,14	32,46
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	21,56	20,33	21,51	21,39
	Standardna varijacija	2,14	0,86	1,69	1,72
	Min	18,60	18,79	18,71	18,60
	Max	24,06	21,12	25,08	25,08
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	15,44	16,40	17,24	16,85
	Standardna varijacija	1,80	3,04	2,15	2,28
	Min	12,99	14,45	13,21	12,99
	Max	17,53	23,13	25,73	25,73
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	9,88	11,10	11,38	11,10
	Standardna varijacija	0,90	2,54	1,41	1,58
	Min	8,79	9,03	8,48	8,48
	Max	11,29	16,71	16,94	16,94
GLINA (%)	Srednja vrijednost	9,22	9,55	10,22	9,98
	Standardna varijacija	0,68	0,93	1,40	1,31
	Min	8,36	8,33	7,12	7,12
	Max	10,27	10,92	14,97	14,97

5.2.6.4 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

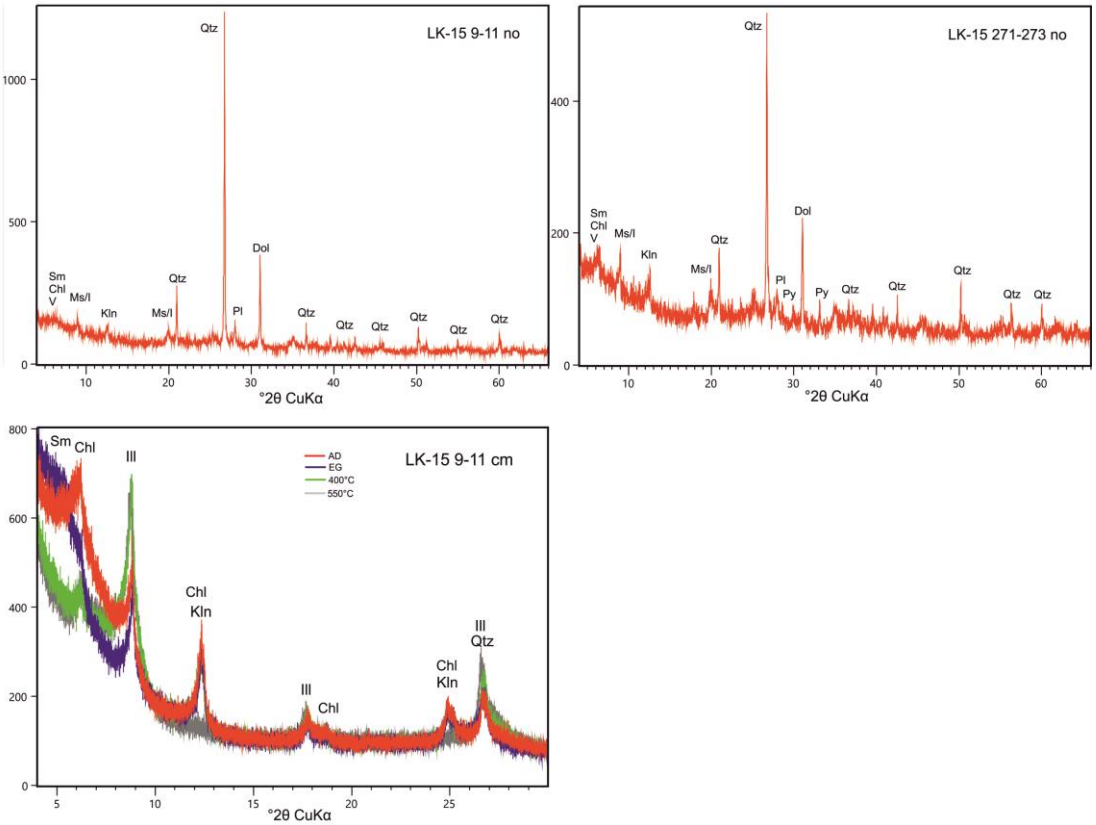
Tablica 37 prikazuje rezultate analize mineralnog sastava na 16 uzoraka iz jezgre sedimenata LK-15. Analiza 2 uzorka iz najgornje jedinice LU-15-1 ukazala je na dominaciju kalcita. Od ostalih minerala prisutni su kvarc, dolomit, halit, aragonit, plagioklasi, muskovit/illit i kaolinit (Tablica 37, Slika 88). Smektit, klorit, illit i uređeni i neuređeni kaolinit su determinirani minerali glina u sedimentima iz jedinice LU-15-1 (Tablica 37, Slika 89). Mineralni sastav sedimenata jedinice LU-15-2 ukazuje na dominantno taloženje karbonatnog materijala, kao i u prethodno opisanoj jedinici. Aragonit postaje značajnije zastupljen, a također su prisutni kvarc, dolomit, halit, plagioklasi, muskovit/illit i kaolinit (Tablica 37, Slika 88). Sedimenti najdonje jedinice LU-15-3 su varijabilnog mineralnog sastava. Kalcit je dominantna mineralna faza. Od ostalih minerala također su određeni kvarc, dolomit i halit u svim uzorcima, dok su plagioklasi, muskovit/illit, kaolinit, aragonit, amfiboli i K-feldspati prisutni samo u određenim uzorcima (Tablica 37, Slika 88). Važno je naglasiti da su intenziteti kalcita u uzorcima iz gornjeg dijela jedinice znatno viši u odnosu na uzorke iz donjeg dijela jedinice. Analiza minerala glina ukazala je na prisutnost smektita, klorita, illita i kaolinita (Tablica 37, Slika 89). Saturacija uzorka s dimetil sulfoksidom (DMSO) dokazala je prisutnost slabo (neuređenog) i dobro kristaliziranog (uređenog) kaolinita (Tablica 37).

Tablica 37: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-15. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Sm-smektit, Ill-illit, Pl-plagioklas, Kfs-K-feldspat, Chl-klorit, A-amfibol, Kln-neuređen kaolinit, KlnD-uređen kaolinit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA			JEDINICA
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA	
9-10	Cal, Qtz, Dol, Hl, Arg, Pl, Ms/I, Kln	9-11	Qtz, Dol, Pl, Sm/V/Chl	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-15-1
62-63	Cal, Qtz, Dol, Hl, Arg, Pl, Ms/I				
88-89	Arg, Cal, Qtz, Dol, Hl, Pl, Ms/I				LU-15-2
115-116	Cal, Qtz, Arg, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Kln				
149-150	Cal, Qtz, Arg, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Kln				
163-164	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Kln, Pl				
181-182	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Pl				
219-220	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Pl, A				
234-235	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Pl, A, Kln				
272-273	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Kln	271-273	Qtz, Dol, Py, Sm/V/Chl	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	LU-15-3
310-311	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I				
341-342	Cal, Qtz, Dol, Hl				
388-389	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Kln, Pl				
422-423	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				
443-444	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I, Kln, Pl, Kfs				
468-469	Cal, Qtz, Dol, Hl, Ms/I				
		>470	Qtz, Dol, Pl, Ms/I, Py	Sm, Chl, Ill, Kln, KlnD	



Slika 88: Rendgenogrami odabranih uzoraka iz različitih jedinica jezgre sedimenta LK-15. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Hl-halit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Pl-plagioklas, A-amfibol, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Gp-gips.



Slika 89: Rendgenogrami netopivih ostataka iz jedinica LU-15-1 (9-11 cm) i LU-15-3 (271-273 cm) i rendgenogram identificiranih minerala glina iz iz jedinice LU-15-1 (9-11 cm) iz jezgre sedimenata LK-15. Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Dol-dolomit, Pl-plagioklas, Kfs-kalijski feldspat, Py-pirit, A-amfibol, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Chl-klorit, Ill-illit, V-vermikulit, AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550°.

5.2.6.5 Analiza kemijskog sastava jezgre upotrebom μXRF skenera jezgara

μXRF podaci dobiveni analizom jezgre LK-15 ukazuju na varijabilnost u geokemijskom sastavu sedimenata iz 3 izdvojene jedinice. Elementi imaju slabije izražene varijacije pri prijelazu iz jedne jedinice u drugu, u odnosu na odabrane omjere elemenata (Slika 90, 91). U Prilogu 4 dani su numerički rezultati mjerenja odabranih elemenata na μXRF skeneru jezgara i izračunatih omjera elemenata.

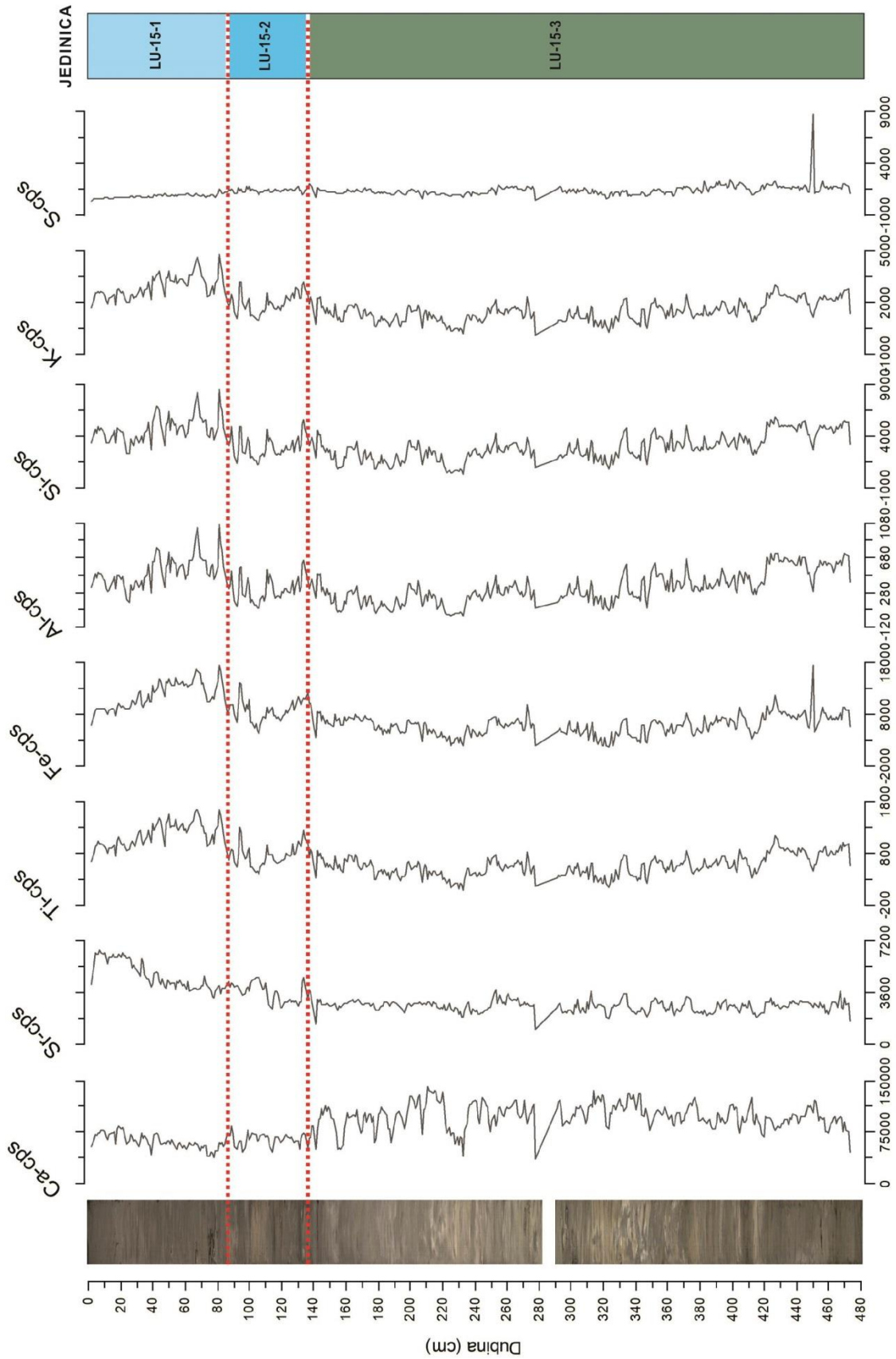
Omjer Ca/Ti i Ca (cps) imaju trend porasta u sedimentima od jedinice LU-15-1 prema jedinici LU-15-3. Značajniji porast određen je na 135. cm jezgre, pri prelasku iz jedinice LU-15-2 u jedinicu LU-15-3 (Slika 90, 91). Velike varijacije omjera Ca/Ti zabilježene su u sedimentima u najdonjoj jedinici jezgre (jedinica LU-15-3). Sr (cps) se smanjuje od vrha prema dnu jezgre sedimenata LK-15 (Slika 90).

Sedimenti iz gornjeg dijela jezgre (jedinica LU-15-1) obilježeni su visokim omjerom Sr/Ca. Na 85. cm jezgre omjer Sr/Ca se smanjuje (jedinica LU-15-2). Smanjenje omjera nastavlja se i u sedimentima iz jedinice LU-15-3. Slične varijacije mogu se uočiti u omjerima Ti/Ca, Fe/Ca, K/Ca i Si/Ca, kao i distribuciji elemenata Ti (cps), Fe (cps), Al (cps), K (cps) i Si (cps), s niskim vrijednostima od vrha jezgre do 30. cm i potom izraženijim porastom do kraja jedinice LU-15-1 (Slika 90, 91). Navedeni omjeri elemenata i relativni udjeli se smanjuju u sedimentima iz jedinica LU-15-2 i LU-15-3.

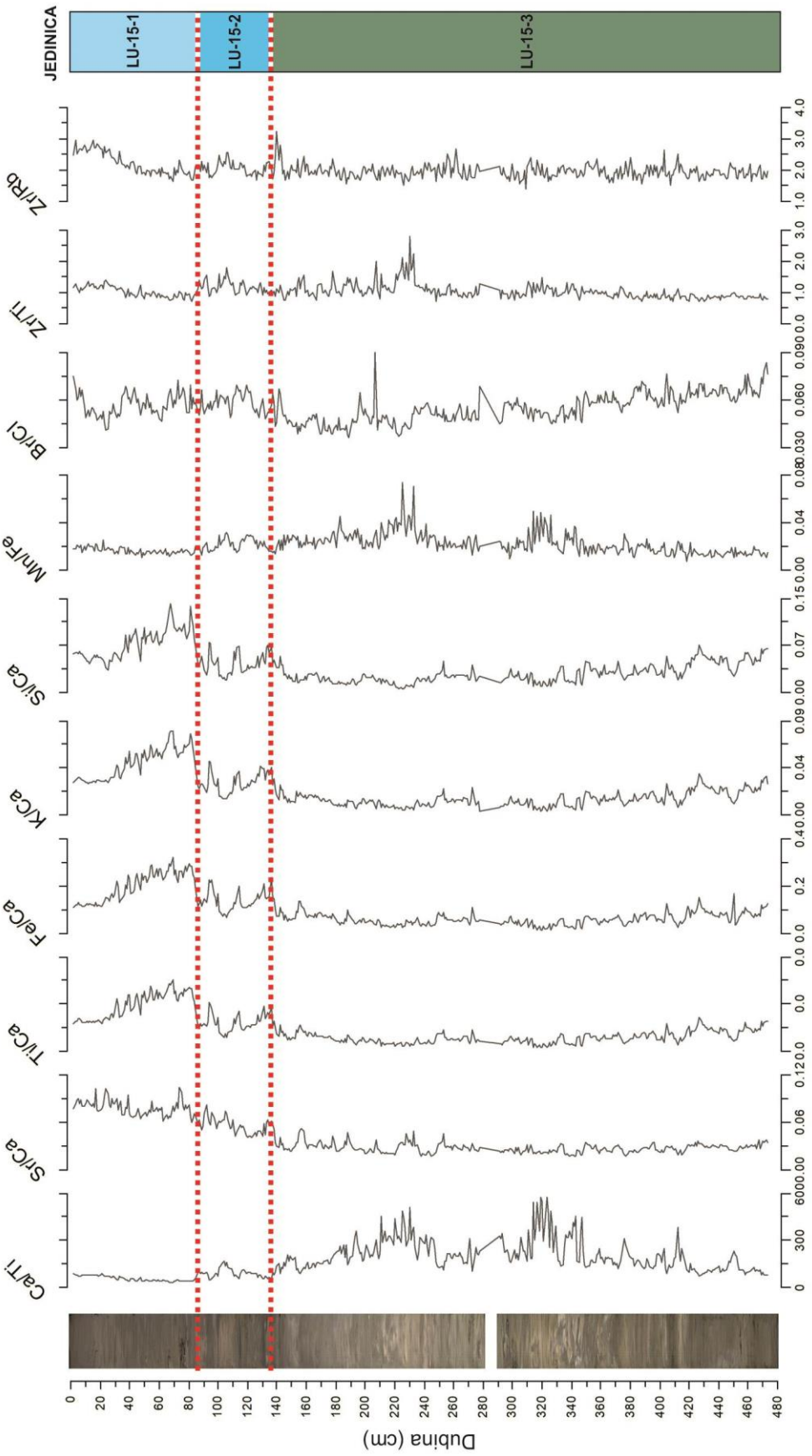
Sedimenti jedinice LU-15-1 obilježeni su niskim omjerom Mn/Fe. U sedimentima iz jedinice LU-15-2 navedeni omjer blago raste, a rast vrijednosti nastavlja se i prelaskom u jedinicu LU-15-3 kroz koju je potom omjer veoma varijabilan, s maksimumom u intervalu od 220-230 cm (Slika 91).

Br/Cl omjer je visok u najgornjih 10 cm jezgre (jedinica LU-15-1), dok S (cps) ima izraženi maksimum na dubini od 450 cm (jedinica LU-15-3) (Slika 90, 91).

Omjeri Zr/Ti i Zr/Rb imaju prilično ujednačenu distribuciju u jezgri sedimenata LK-15, s maksimumom omjera Zr/Ti u intervalu između 223-236 cm (jedinica LU-15-3), te Zr/Rb od 138-144 cm (jedinica LU-15-3) (Slika 91).



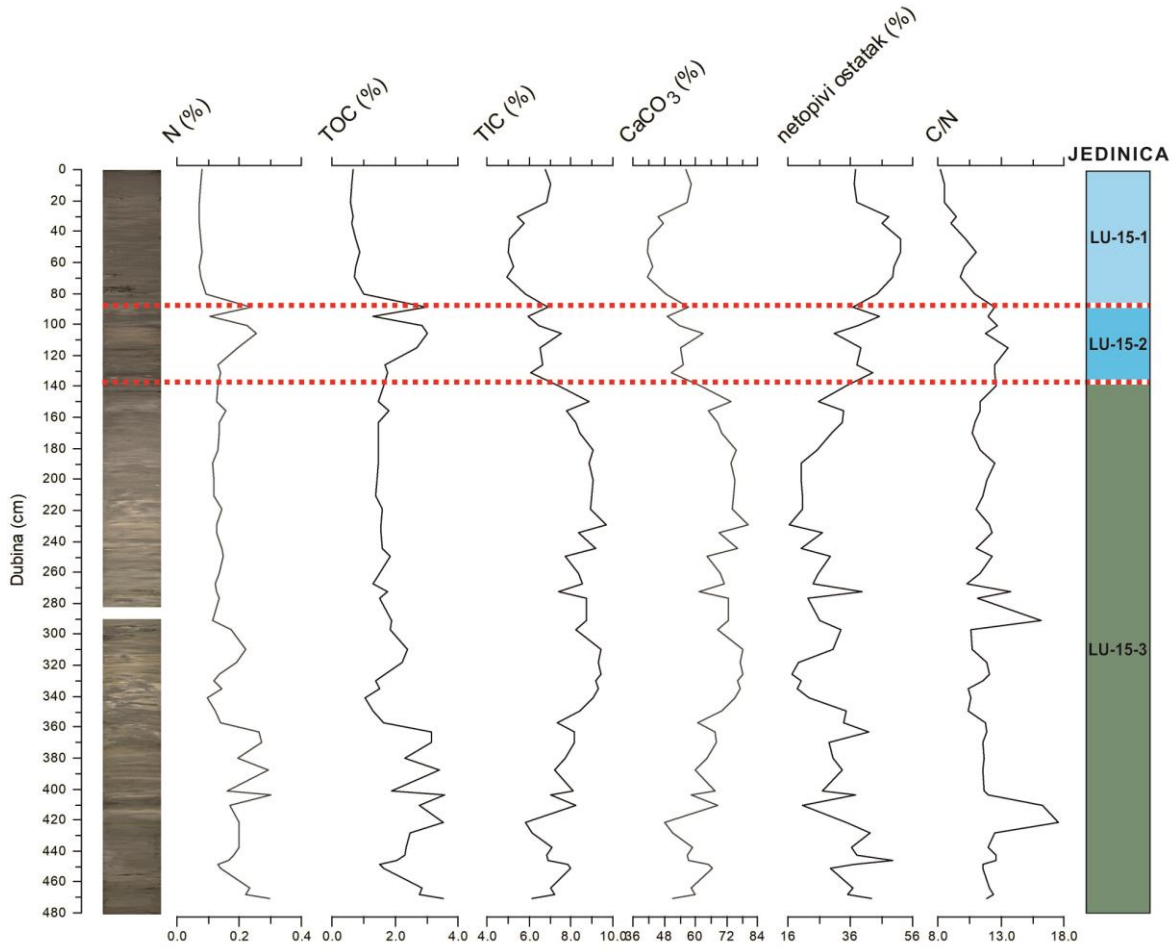
Slika 90: Varijacije odabranih elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-15.



Slika 91: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-15.

5.2.6.6 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

Na ukupno 62 uzorka iz jezgre sedimenata LK-15 određen je udio ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC), kalcij karbonata ($CaCO_3$) i netopivog ostatka, te C/N omjer. Rezultati su prikazani grafički na Slici 92, te tablično u Prilogu 5. Tablica 38 prikazuje osnovne statističke parametre navedenih kemijskih komponenata u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-15.



Slika 92: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-15.

U analiziranoj jezgri udio N varira od 0,07-0,30%. Najmanji udio određen je u sedimentima iz jedinice LU-15-1 (0,07-0,09%). U sedimentima jedinice LU-15-2 udio N značajno se povećava, te varira od 0,11-0,26% s dva izražena maksimuma na dubinama od 88 cm i 105 cm. Sedimenti iz jedinice LU-15-3 obilježeni su sa smanjenjem udjela N u gornjem dijelu jedinice, te njegovim povećanjem u donjem dijelu jedinice s maksimumom na dubini od 404 cm (0,10-0,30%) (Slika 92, Tablica 38).

Udio TOC-a u jezgri LK-15 u rasponu je od 0,60-3,60%. TOC je najniži u najgornjoj jedinici LU-15-1 (0,60-1,01%). Na 85. cm jezgre (jedinica LU-15-2) udio TOC-a značajno raste, te je u rasponu od

1,31-3,01%. U sedimentima iz jedinice LU-15-3 TOC varira od 1,06-3,60% i doseže maksimum na dubini većoj od 363 cm (Slika 92, Tablica 38).

Tablica 38: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N u sedimentima iz izdvojenih jedinica jezgre LK-15.

		LU-15-1	LU-15-2	LU-15-3	UKUPNO JEZGRA
N (%)	Srednja vrijednost	0,08	0,19	0,17	0,15
	Standardna devijacija	0,01	0,06	0,05	0,06
	Min	0,07	0,11	0,10	0,07
	Max	0,09	0,26	0,30	0,30
TOC (%)	Srednja vrijednost	0,74	2,32	2,01	1,84
	Standardna devijacija	0,12	0,72	0,69	0,80
	Min	0,60	1,31	1,06	0,60
	Max	1,01	3,01	3,60	3,60
TIC (%)	Srednja vrijednost	5,80	6,59	8,13	7,58
	Standardna devijacija	0,81	0,54	0,96	1,28
	Min	4,97	5,93	5,82	4,97
	Max	7,03	7,56	9,67	9,67
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	48,31	54,93	67,68	63,12
	Standardna devijacija	6,72	4,52	7,98	10,66
	Min	41,42	49,37	48,49	41,42
	Max	58,59	62,97	80,52	80,52
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	45,60	38,89	29,55	33,19
	Standardna devijacija	5,95	4,62	8,01	9,61
	Min	37,10	30,99	16,37	16,37
	Max	52,21	45,33	49,81	52,21
C/N	Srednja vrijednost	9,58	12,54	12,00	11,67
	Standardna devijacija	1,00	0,59	1,46	1,61
	Min	8,25	11,76	10,32	8,25
	Max	11,04	13,63	17,55	17,55

Udio TIC-a varira od 4,97-9,67%. Najniži udjeli u jezgri LK-15 određeni su u sedimentima iz jedinice LU-15-1 (4,97-7,03%), s minimumom u uzorcima iz donjeg dijela jedinice. U sedimentima iz jedinice LU-15-2 udio raste (5,93-7,56%), te doseže maksimum u jedinici LU-15-3 (5,82-9,67%). Udio $CaCO_3$ u jezgri je u rasponu od 41,42-80,52% (Slika 92, Tablica 38).

U analiziranoj jezgri udio netopivog ostatka je u rasponu od 16,37-52,21%. Najveći udio ove komponente određen je u sedimentima iz jedinice LU-15-1 (37,10-52,21%), s maksimumom u intervalu od 31-81 cm. Netopivi ostatak varira u sedimentima iz jedinice LU-15-2 od 30,99-45,33%, a u sedimentima iz jedinice LU-15-3 od 16,37-49,81% (Tablica 38).

Omjer C/N u jezgri LK-15 je u rasponu od 8,25-17,55. Najmanji omjer određen je u uzorcima iz jedinice LU-15-1 (8,25-11,04), dok su najviši C/N omjeri određeni u sedimentima iz jedinice LU-15-3 (10,32-17,55). Uzorci iz jedinice LU-15-2 imaju raspon omjera od 11,76-13,63 (Tablica 38). S dubinom jezgre raste i ovaj omjer (Slika 92).

5.2.7 Rezultati analiza jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7

Kratke jezgre sedimenata LK-5 (35,5 cm), LK-6 (46,5 cm) i LK-7 (34 cm) izbušene su u marinskim jezercima (blatinama) Marinska, Arcij i Podbrajde na otoku Cresu, na dubini vode do 30 cm.

5.2.7.1 Opis jezgara sedimenata

Gornji dio jezgre sedimenata LK-5 (0-6 cm) je tamno smeđe boje. Od 6-14. cm jezgra je tamno sive boje, te izuzetno bogata biljnim trunjem. Najdonji dio jezgre (14-35,5 cm) je litološki različit u odnosu na gornji dio jezgre. Sediment je svjetlo smeđe boje i znatno kompaktniji. Pronađene su 2 kućice gastropoda i biljno trunje.

Jezgra sedimenata LK-6 obilježena je svjetlo smeđim sedimentom u gornjem dijelu (0-3 cm), s brojnim jedinkama gastropoda i fragmentima biljaka. Sediment tamno sive boje s mnogobrojnim ostacima mekušaca je prisutan u intervalu od 4-30 cm. Od 30. cm jezgre pa sve do njenog kraja sediment je tamno smeđe boje, bogat biljnim trunjem, a također su pronađeni ostaci ljuštura školjkaša (*Cerastoderma* sp.) i kućica gastropoda.

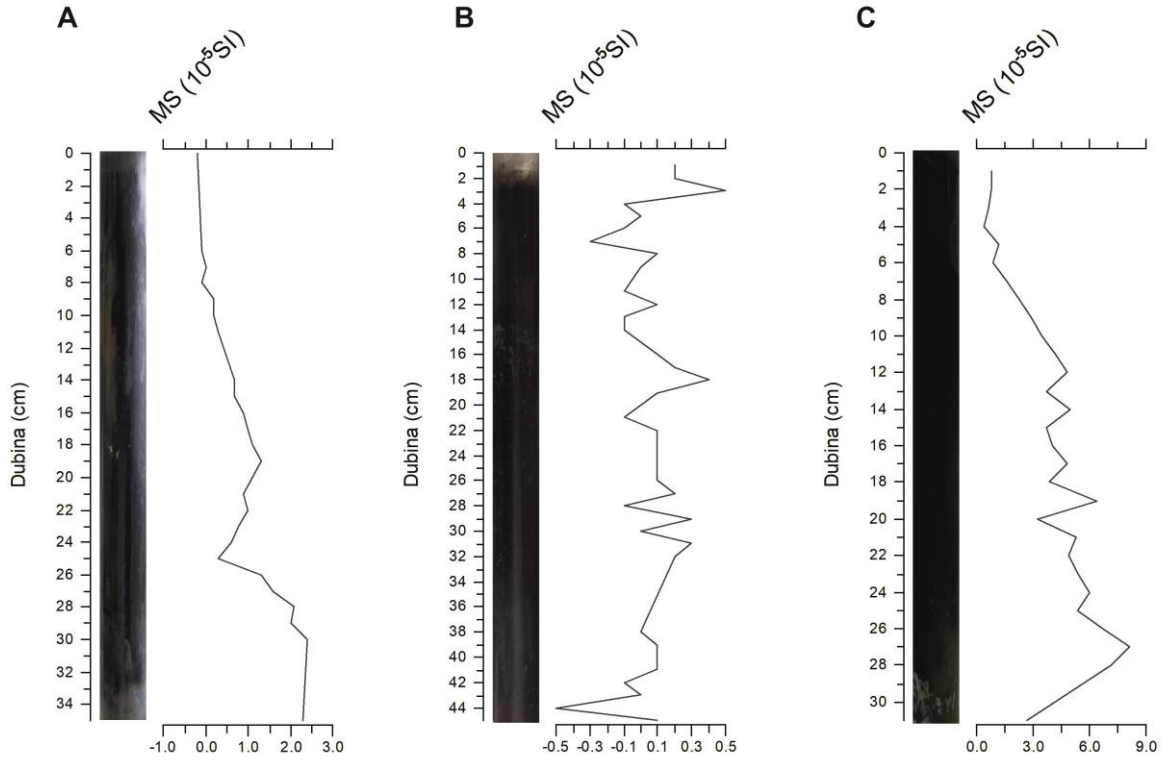
U jezgri sedimenata LK-7 u intervalu od 0-10 cm sediment je tamno sive boje s ostacima gastropoda i biljnim fragmentima. Od 10-26. cm sediment je tamno smeđe boje i znatno kompaktniji u odnosu na površinski dio jezgre, a prisutni su i ostaci gastropoda i korijenja biljaka. Najdonji dio jezgre (26-34 cm) je svjetlo smeđe do narančaste boje.

4.2.7.2 Rezultati mjerenja magnetskog susceptibiliteta

Magnetski susceptibilitet (MS) u jezgri LK-5 doseže maksimum od 2,4 x 10^{-5} SI na dubini jezgre od 30 cm, dok je u gornjem dijelu jezgre MS nešto niži (Tablica 39, Slika 93). MS je u jezgri sedimenata LK-6 u rasponu od -0,5-0,5 x 10^{-5} SI (Tablica 39, Slika 93). U jezgri sedimenata LK-7 izmjeren je MS od 0,4-8,1 x 10^{-5} SI (Tablica 39), s minimumom u površinskom dijelu jezgre (Slika 93).

Tablica 39: Izdvojeni statistički parametri magnetskog susceptibiliteta u jezgrama sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7.

		LK-5	LK-6	LK-7
MS (10^{-5}SI)	Srednja vrijednost	0,90	0,06	3,81
	Standardna devijacija	0,75	0,19	2,13
	Min	-0,20	-0,50	0,40
	Max	2,40	0,50	8,10

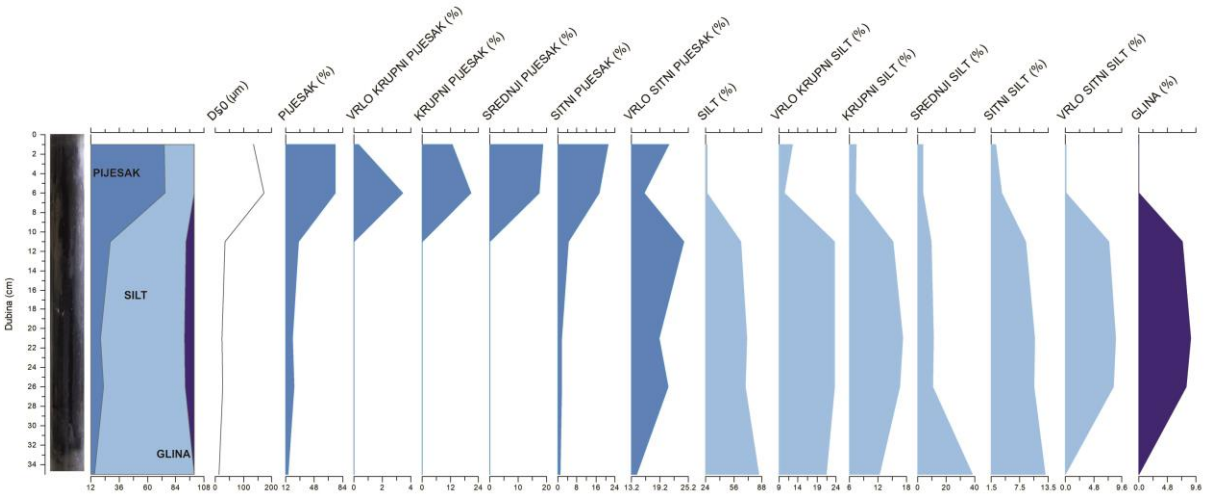


Slika 93: Prikaz varijacija magnetskog susceptibiliteta s dubinom u jezgrama sedimenata A) LK-5, B) LK-6, C) LK-7.

5.2.7.3 Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije

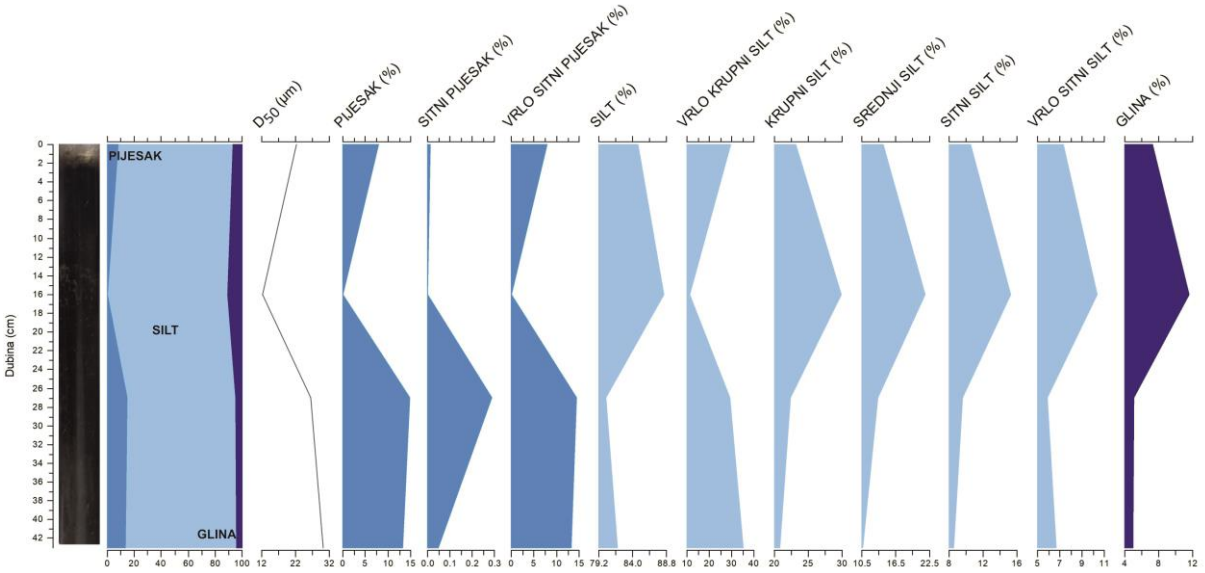
Jezgre sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 imaju varijabilan granulometrijski sastav (Slika 94-96, Tablica 40). Ukupno je analizirano 16 uzoraka iz navedenih jezgara. Na uzorcima je napravljena analiza siliciklastične+karbonatne komponente, a rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima prikazani su tablično u Prilogu 2.

U jezgri sedimenata LK-5 iz jezerca Marinska određen je najveći udio pijeska (do 75%) u usporedbi s drugim jezgrama sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala i otoka Cresa. Čestice veličine vrlo krupnog pijeska imaju udio od 0-3%, krupnog pijeska 0-21%, srednjeg pijeska 0-19%, sitnog pijeska 1-21%, te vrlo sitnog pijeska 14-24% (Tablica 40). Općenito, značajna količina čestica veličine silta (25-85%) je istaložena u ovom jezercu u različitim intervalima jezgre, dok je glinovita frakcija manje zastupljena (0-9%). Udjeli vrlo krupnog silta (10-24%), krupnog silta (7-17%), srednjeg silta (3-38%), sitnog silta (3-13%) i vrlo sitnog silta (0-9%) veoma su varijabilni u različitim uzorcima jezgre LK-5 (Tablica 40, Slika 94). Udio pijeska značajno se smanjuje od vrha prema dnu jezgre, dok je glinovita frakcija najzastupljenija u središnjem dijelu jezgre (Slika 94). Srednja veličina čestica u jezgri LK-5 je u rasponu od 13,18-172,85 μm (Slika 94), dok je sortiranost svih analiziranih uzoraka veoma loša ili loša (Prilog 2).



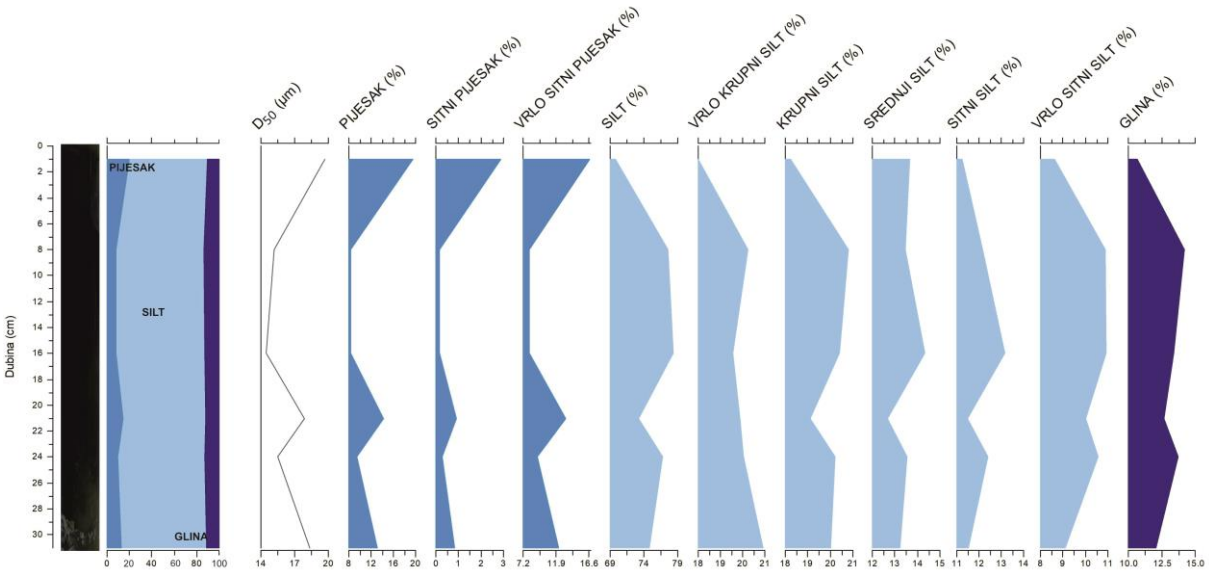
Slika 94: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u jezgri sedimenata LK-5.

Jezgra sedimenata LK-6 iz jezerca Arcij dominantno je izgrađena od čestica veličine silta, s udjelom između 80-88%. Pojedine frakcije silta imaju različite udjele u analiziranim uzorcima, vrlo krupni silt od 11-35%, krupni silt od 21-30%, srednji silt od 11-22%, sitni silt od 9-15%, te vrlo sitni silt od 6-10%. Udio gline i pijeska je znatno manji u jezgri LK-6, s rasponom od 5-12% odnosno 0-15%. Od čestica veličine pijeska najveći je udio vrlo sitnog pijeska (1-14%) (Tablica 40). Iz distribucije pijeska, silta i gline kroz jezgru također je vidljiva dominacija čestica veličine silta, s nešto većim udjelom pijeska u donjem dijelu jezgre (interval 27-43 cm) i čestica veličine glina u gornjem dijelu jezgre (interval 0-16 cm) (Slika 95). Srednja veličina čestica u uzorcima iz jezgre LK-6 je u rasponu od 12,1-30,0 µm (Slika 95). Uzorci su loše sortirani (Prilog 2).



Slika 95: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u jezgri sedimenata LK-6.

U jezgri sedimenata LK-7 prikupljenoj u jezercu Podbrajde dominira materijal veličine silta (70-78%), dok su pijesak (8-20%) i čestice veličine glina (11-14%) manje zastupljeni. Određen je udio različith frakcija silta, vrlo krupnog silta u rasponu od 18-21%, krupnog silta od 18-21%, srednjeg silta od 13-14%, sitnog silta od 11-13%, te vrlo sitnog silta u rasponu od 9-11%. Od frakcije pijeska najveći je udio vrlo sitnog pijeska (8-17%) (Tablica 40). Raspodjela čestica veličine pijeska, silta i gline kroz jezgru sedimenata LK-7 prikazana je na Slici 96. Dobivena distribucija ima veoma jednoličnu raspodjelu navedenih frakcija kroz jezgru na temelju analiziranih uzoraka, s nešto značajnijim udjelom čestica veličine pijeska u gornjem dijelu jezgre (interval 0-8 cm). Uzorci iz jezgre sedimenata LK-7 su veoma loše sortirani, sa srednjom veličinom čestica od 14,49-19,66 µm (Slika 96, Prilog 2).



Slika 96: Varijacije u raspodjeli veličine čestica s dubinom u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u jezgri sedimenata LK-7.

Tablica 40: Osnovni statistički parametri raspodjele veličine čestica u siliciklastičnoj+karbonatnoj komponenti u jezgrama sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7.

		LK-5	LK-6	LK-7
PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	39,26	9,00	12,14
	Standardna devijacija	27,53	6,63	4,41
	Min	15,16	0,06	8,25
	Max	74,67	14,77	19,53
VRLO KRUPNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	0,62	0,00	0,00
	Standardna devijacija	1,37	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	3,41	0,00	0,00
KRUPNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	5,56	0,00	0,00
	Standardna devijacija	8,97	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	20,65	0,00	0,00
SREDNJI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	6,00	0,00	0,00
	Standardna devijacija	9,31	0,00	0,00
	Min	0,00	0,00	0,00
	Max	18,74	0,00	0,00
SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	7,85	0,09	0,88
	Standardna devijacija	9,09	0,14	1,04
	Min	0,92	0,00	0,17
	Max	21,29	0,29	2,89
VRLO SITNI PIJESAK (%)	Srednja vrijednost	19,23	8,91	11,26
	Standardna devijacija	3,68	6,54	3,42
	Min	14,23	0,06	8,08
	Max	24,26	14,49	16,65
SILT (%)	Srednja vrijednost	56,74	83,82	75,07
	Standardna devijacija	25,05	3,59	3,21
	Min	25,33	80,18	69,78
	Max	84,84	88,37	78,35
VRLO KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	19,16	26,30	19,78
	Standardna devijacija	6,05	10,39	0,97
	Min	10,44	11,30	18,02
	Max	23,56	35,26	20,92
KRUPNI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,67	24,01	19,80
	Standardna devijacija	4,44	4,00	0,95
	Min	7,30	20,72	18,24
	Max	17,19	29,81	20,82
SREDNJI SILT (%)	Srednja vrijednost	12,72	14,99	13,48
	Standardna devijacija	12,98	4,70	0,55
	Min	3,44	10,68	12,66
	Max	38,35	21,66	14,32
SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	8,14	10,96	11,99
	Standardna devijacija	4,12	2,94	0,72
	Min	2,51	8,54	11,23
	Max	12,80	15,21	13,16
VRLO SITNI SILT (%)	Srednja vrijednost	4,06	7,56	10,02
	Standardna devijacija	4,39	1,98	0,96
	Min	0,00	5,85	8,63
	Max	8,58	10,39	10,92
GLINA (%)	Srednja vrijednost	4,00	7,18	12,79
	Standardna devijacija	4,40	3,11	1,28
	Min	0,00	4,90	10,68
	Max	8,70	11,57	14,17

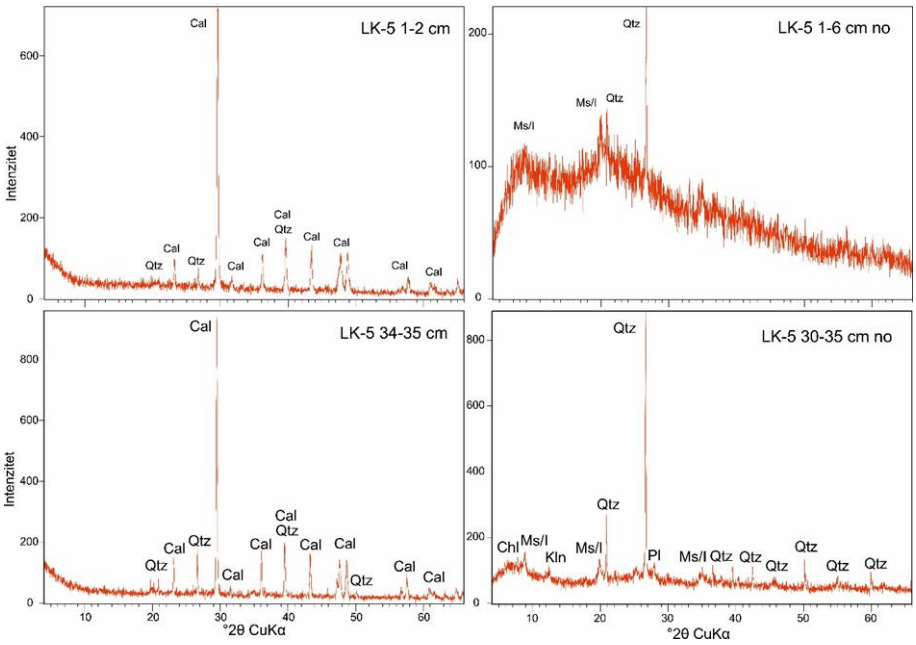
5.2.7.4 Rezultati analize mineraloškog sastava primjenom metode rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

Ukupni mineralni sastav praškastih uzoraka determiniran je na 21 uzorku iz jezgara LK-5, LK-6 i LK-7. Pri tome je analizirano 5 uzorka iz jezgre LK-5, 9 uzorka iz jezgre LK-6, te 7 uzorka iz jezgre LK-7. Na ukupno 4 uzorka u kojima su otopljeni karbonati (kalcit i aragonit), napravljena je detaljna analiza minerala glina i odredba minerala preostalih nakon otapanja karbonata.

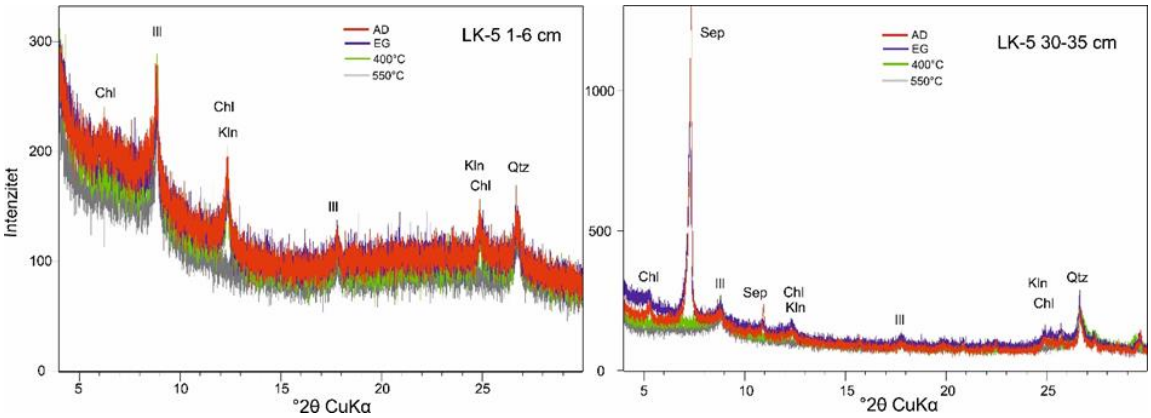
Jezgra LK-5 dominantno sadrži kalcit, a u manjim količinama prisutni su i kvarc i aragonit (Slika 97). Aragonit nedostaje u površinskom (0-1 cm) i posljednjem uzorku (34-35 cm). U netopivom ostatku preostali su kvarc i minerali glina illit, kaolinit, klorit i sepiolit (Tablica 41, Slika 98).

Tablica 41: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-5. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Arg-aragonit, Hl-halit, Sep-sepiolit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA		
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA
0-1	Cal, Qtz			
		1-6	Qtz, Ms/I	Chl, Ill, Kln
11-12	Cal, Qtz, Arg			
12-13	Cal, Qtz, Arg			
		12-14	Qtz, Hl, Ms/I, Sep	Chl, Ill, Kln
20-21	Cal, Qtz, Arg			
		30-35	Qtz, Ms/I, Sep	Sep, Chl, Ill, Kln
34-35	Cal, Qtz			



Slika 97: Rendgenogrami površinskog (1-2 cm) i dubljeg (34-35 cm) uzorka iz jezgre sedimenta LK-5, te njihovi netopivi ostaci (no). Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Chl-klorit, Kln-kaolinit.

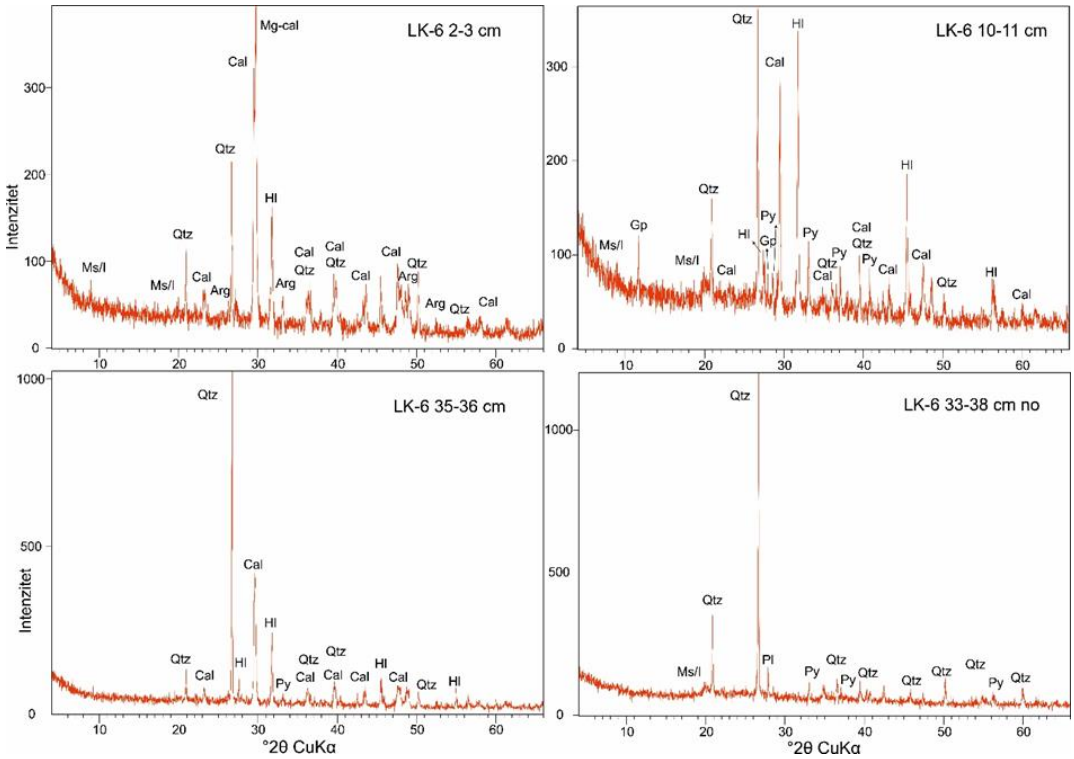


Slika 98: Rendgenogrami identificiranih minerala glina u površinskom (1-6 cm) i dubljem (30-35 cm) uzorku iz jezgre sedimenata LK-5. Simboli (Kretz, 1983): Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Sep-sepiolit; Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550°.

U jezgri LK-6 prisutan je u većem ili manjem udjelu halit duž cijele jezgre. Halit u ovoj jezgri, a i svim ostalim analiziranim jezgrama s prostora Lošinjskoga kanala, nastaje sekundarno kristalizacijom iz porne vode. U površinskom dijelu jezgre (2-3 cm) osim kalcita, zastupljeni su i magnezijski kalcit i aragonit, koji nisu prisutni u ostalim uzorcima (Slika 99). Gips je prisutan u intervalima 10-11 i 15-16 cm, dok se pirit pojavljuje u svim uzorcima osim površinskog (2-3 cm). Greigit je prisutan u uzorcima 15-16 i 40-41 cm. Od ostalih minerala određeni su kvarc i muskovit/illit. U uzorku od 33-38 cm, u netopivom ostatku preostali su kvarc, muskovit/illit, plagioklas i pirit (Tablica 42, Slika 101).

Tablica 42: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-6. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-kalcit, Hl-halit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Py-pirit, Gp-gips, Pl-plagioklas, Grg-greigit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA		
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA
2-3	Hl, Cal, Mg-cal, Qtz, Arg, Ms/I			
10-11	Hl, Qtz, Cal, Py, Gp, Ms/I			
15-16	Qtz, Cal, Hl, Gp, Py, Grg, Ms/I			
16-17	Qtz, Hl, Cal, Py, Ms/I			
20-21	Hl, Qtz, Cal, Py, Ms/I			
25-26	Qtz, Cal, Hl, Py, Ms/I, Pl			
30-31	Qtz, Cal, Hl, Py			
35-36	Qtz, Cal, Hl, Py	33-38	Qtz, Py, Pl, Ms/I	Chl, Ill, Kln
40-41	Qtz, Cal, Hl, Py, Grg			



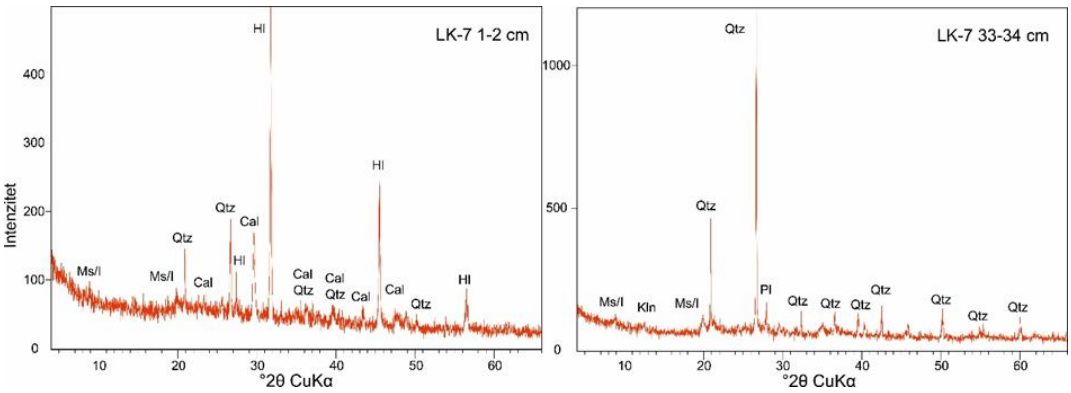
Slika 99: Rendgenogrami površinskih uzoraka (2-3 cm i 10-11 cm) te dubljeg uzorka (35-36 cm) i njegovog netopivog ostatka (33-38 cm no) iz jezgre sedimenta LK-6. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Mg-cal-magnezijski kalcit, Hl-halit, Arg-aragonit, Qtz-kvarc, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Gp-gips, Py-pirit.

U mineralnom sastavu površinskog uzorka jezgre LK-7 (1-2 cm) dominira halit. Osim halita, u intervalu 1-2 cm prisutni su i kvarc i kalcit, te muskovit/ilit (Slika 100). Postoje varijacije u zastupljenosti kalcita uzduž ove jezgre. Uzorak u intervalu 10-11 cm ističe se nedostatkom kalcita, koji je potom određen u uzorku 15-16 cm. U uzorku 26-27 cm značajnije je prisutan kalcit u odnosu na prethodne uzorke, dok u intervalu 33-34 cm opet izostaje. Određeni su i plagioklasi, muskovit/illit i kaolinit, a detaljnija analiza minerala glina ukazala je na prisutnost klorita, illita, te uređenog i neuređenog kaolinita (Tablica 43).

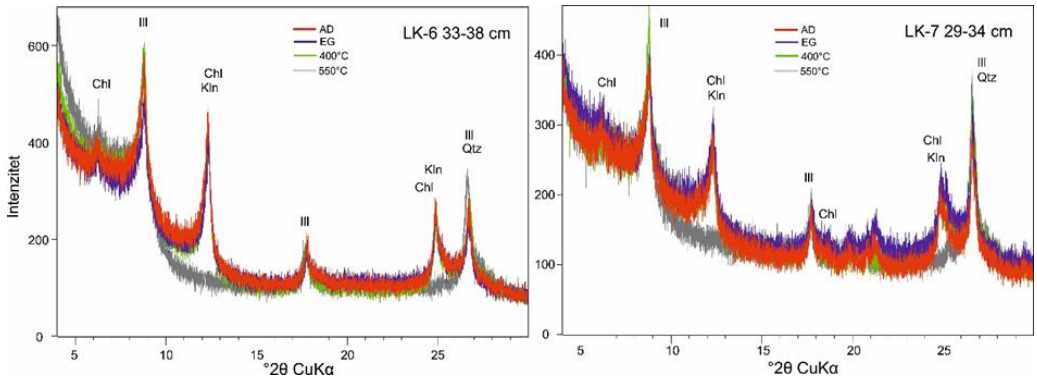
Minerali glina prisutni u analiziranim uzorcima iz jezgara LK-6 i LK-7 su isti (Slika 101). Međutim, u jezgri LK-5 osim prisutan je i Mg-mineral glina, sepiolit (Slika 98).

Tablica 43: Mineralni sastav jezgre sedimenata LK-7. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Hl-halit, Qtz-kvarc, Ms/I-muskovit/illit, Pl-plagioklas, Kln-kaolinit.

UKUPNI MINERALNI SASTAV		MINERALNI SASTAV NETOPIVOG OSTATKA		
DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV	MINERALI GLINA
1-2	Hl, Qtz, Cal, Ms/I			
10-11	Qtz, Hl, Pl, Ms/I, Kln			
15-16	Qtz, Hl, Cal, Pl, Ms/I, Kln			
20-21	Qtz, Hl, Cal, Pl, Ms/I, Kln			
24-25	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Pl, Hl			
26-27	Qtz, Cal, Ms/I, Kln, Pl, Hl			
33-34	Qtz, Pl, Ms/I, Kln	29-34	Qtz, Pl, Ms/I, Kln	Chl, Ill, Kln, KlnD



Slika 100: Rendgenogrami površinskog (1-2 cm) i dubljeg (33-34 cm) uzorka iz jezgre sedimenta LK-7. Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Hl-halit, Cal-kalcit, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Kln-kaolinit.

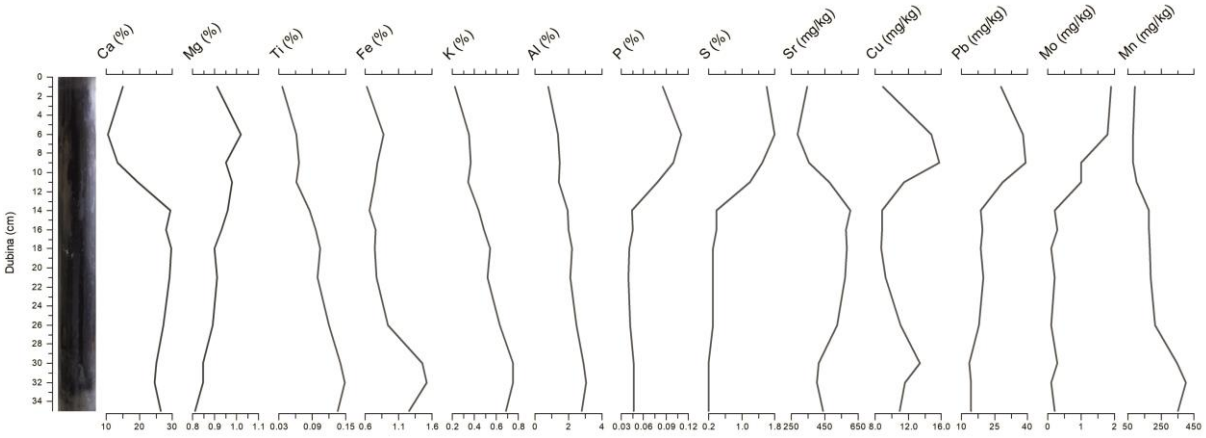


Slika 101: Rendgenogrami identificiranih minerala glina iz jezgri sedimenata LK-6 (33-38 cm) i LK-7 (29-34 cm). Simboli (Kretz, 1983): Chl-klorit, Ill-illit, Kln-kaolinit, Qtz-kvarc; AD-sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400 i 550°.

5.2.7.5 Analiza odabranih glavnih i elemenata u tragovima upotrebom masenog spektrometra s induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS)

Analiza odabranih glavnih i elemenata u tragovima na 36 uzoraka pokazala je varijacije uzduž i između jezgara LK-5, LK-6 i LK-7 (Slika 102-104, Tablica 44). U Prilogu 3 dani su rezultati udjela i koncentracija odabranih elemenata na pojedinačnim uzorcima.

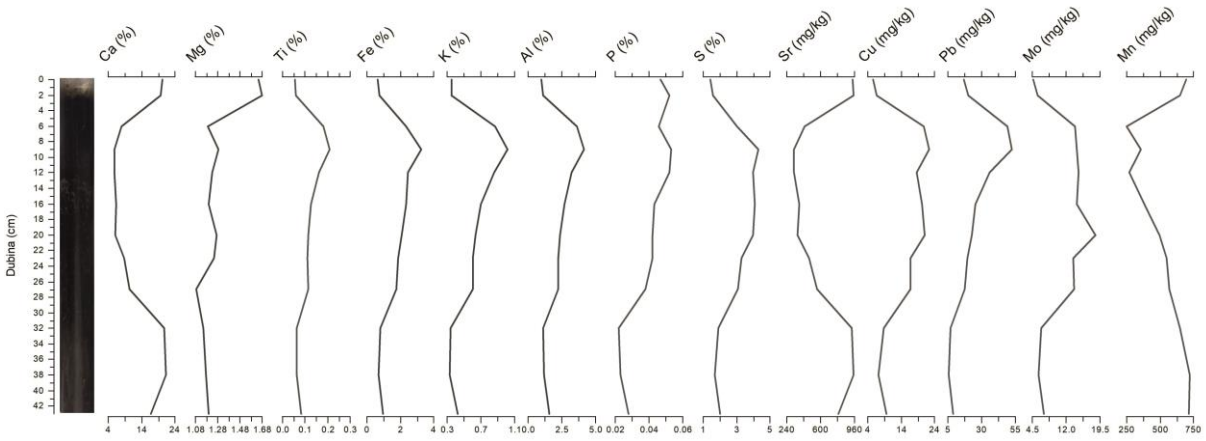
U jezgri LK-5 određen je najviši udio Ca, u rasponu od 10,53-29,77% (Tablica 44), s nižim udjelom u gornjem dijelu jezgre (Slika 102). Udjeli Mg variraju unutar jezgre između 0,81-1,02%, Ti od 0,04-0,15%, dok su oni Fe u rasponu između 0,63-1,52% (Tablica 44). Rast Ti i Fe duž jezgre LK-5 dobro se uočava na Slici 102. Slična je i distribucija K i Al, čiji udjeli variraju od 0,22-0,75%, odnosno 0,8-3,07% (Tablica 44). Distribucija P i S u jezgri ukazuje na nešto veće udjele u površinskom dijelu jezgre, s rasponom u jezgri od 0,04-0,11%, odnosno 0,2-1,8% (Tablica 44, Slika 102). Određena je koncentracija Sr od 288-604 mg/kg, dok koncentracije Cu variraju od 8,7-15,8 mg/kg (Tablica 44). Pb i Mo imaju više koncentracije u površinskim dijelovima jezgre (Slika 102), s generalnim rasponom od 13,6-39,1 mg/kg, odnosno 0,1-1,9 mg/kg. Koncentracije Mn variraju između 82-404 mg/kg (Tablica 44).



Slika 102: Varijacije udjela i koncentracija odabranih glavnih i elemenata u tragovima s dubinom u jezgri sedimenata LK-5.

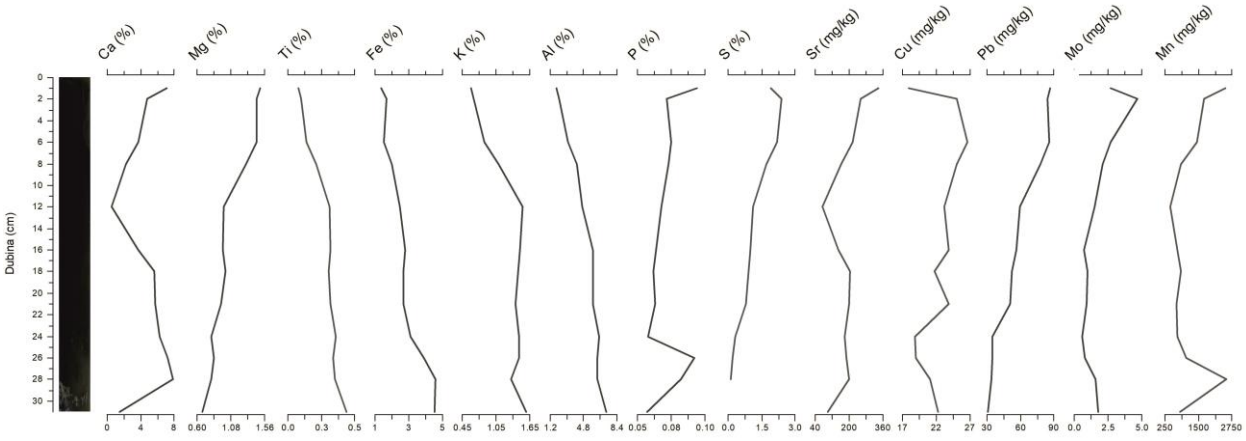
Distribucija Ca (5,83-21,38%) u jezgri LK-6 pokazuje značajne varijacije, s najnižim udjelima u središnjem dijelu jezgre (Slika 103). Udio Mg ima manju varijabilnost, te je u rasponu od 1,09-1,68% (Tablica 44). Najviši udjeli ovog elementa određeni su u površinskom dijelu jezgre (Slika 103). Ti i Fe imaju suprotnu distribuciju u odnosu na Ca i najviše udjele u središnjem dijelu jezgre, te su u rasponu od 0,05-0,21%, odnosno 0,66-3,25%. Ostali terigeni elementi, poput K i Al, imaju sličan trend i udio od 0,33-1,02%, te 0,98-4,13% (Tablica 44). Udio P (0,02-0,05%) je nešto veći u gornjem dijelu jezgre (Slika 103). Udio S varira od 1,4-4,3%, a maksimum je također određen u gornjem dijelu jezgre (Slika 103). Koncentracije Sr variraju od 315-953 mg/kg, a distribucija uzduž jezgre slična je distribuciji Ca (Slika 103). Cu, Pb, Mo i Mn također pokazuju varijabilnost u jezgri LK-6 (Slika 103). Koncentracije Cu

su u rasponu od 5,7-22,3 mg/kg, Pb od 5,8-52,1 mg/kg , Mo u rasponu od 4,6-18,6 mg/kg, te Mn od 251-722 mg/kg (Tablica 44).



Slika 103: Varijacije udjela i koncentracija odabranih glavnih i elemenata u tragovima s dubinom u jezgri sedimenata LK-6.

U jezgri sedimenata LK-7 udio Ca je u rasponu od 0,56-7,88%, s minimumom u središnjem dijelu jezgre (Tablica 44, Slika 104). Mg varira od 0,68-1,5%. Udio Ti je u rasponu od 0,08-0,44%, a Fe od 1,38-4,57% s izraženim porastom udjela od vrha prema dnu jezgre (Slika 104). K (0,6-1,58%) i Al (1,83-7,26%) se slično ponašaju uzduž jezgre (Slika 104). Udio P ima malu varijabilnost (0,06-0,09%), s maksimumom u površinskom dijelu jezgre i u njenom donjem dijelu. S je izmjeren u rasponu od 0,1-2,4% uzduž jezgre LK-7 (Tablica 44), te ima generalni trend smanjenja od vrha prema dnu jezgre (Slika 104). Određene su koncentracije Sr u rasponu od 72-338 mg/kg, koje se smanjuju s povećanjem dubine jezgre (Slika 104). Koncentracije Cu (17,9-26,6 mg/kg), Pb (30,4-86,8 mg/kg), Mo (0,6-4,7 mg/kg) i Mn (465-2550 mg/kg) također variraju unutar jezgre (Tablica 44, Slika 104).

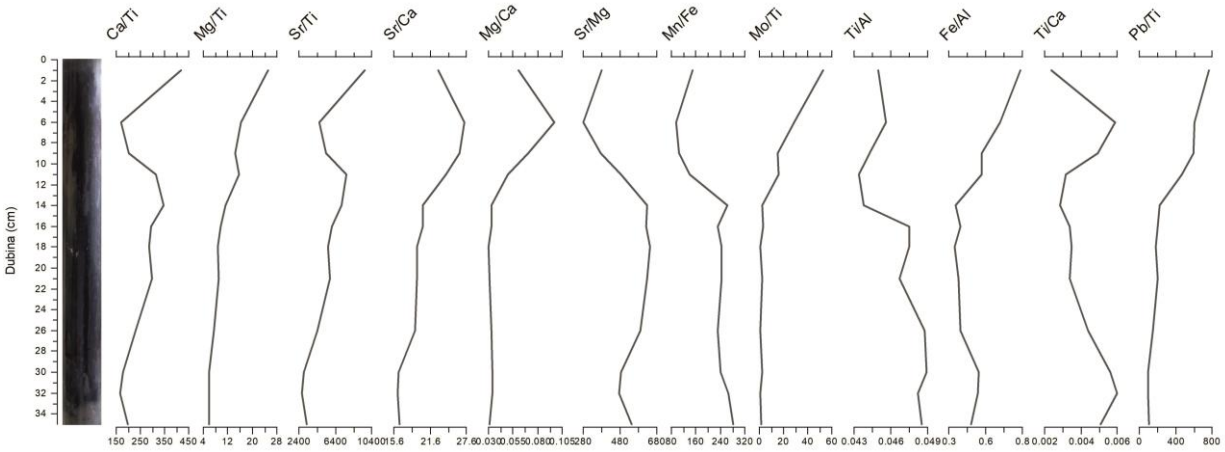


Slika 104: Varijacije udjela i koncentracija odabranih glavnih i elemenata u tragovima s dubinom u jezgri sedimenata LK-7.

Tablica 44: Osnovni statistički parametri odabranih glavnih i elemenata u tragovima u jezgrama sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7.

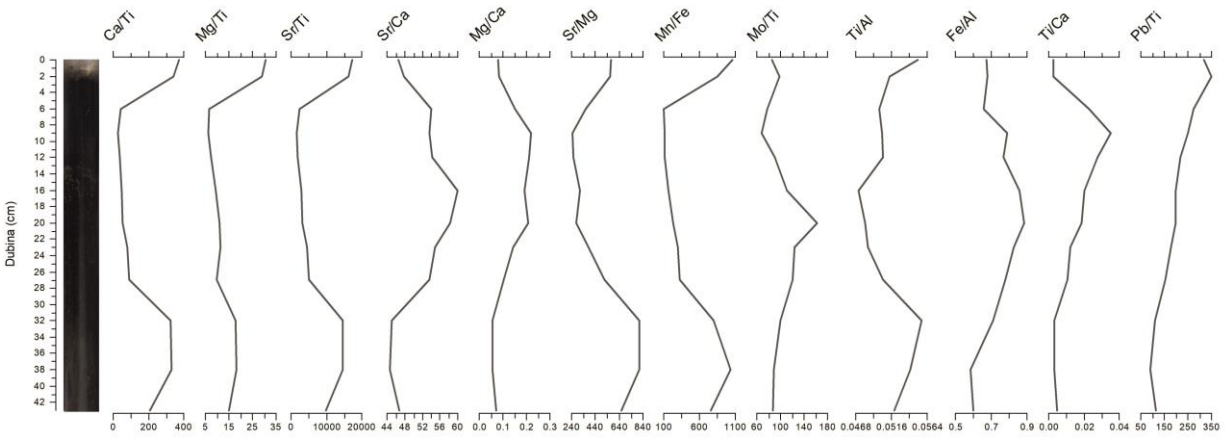
		LK-5	LK-6	LK-7
Ca (%)	Srednja vrijednost	23,27	12,52	4,72
	Standardna devijacija	6,85	6,65	2,39
	Min	10,53	5,83	0,56
	Max	29,77	21,38	7,88
Mg (%)	Srednja vrijednost	0,91	1,28	1,06
	Standardna devijacija	0,06	0,19	0,29
	Min	0,81	1,09	0,68
	Max	1,02	1,68	1,50
Ti (%)	Srednja vrijednost	0,10	0,11	0,27
	Standardna devijacija	0,04	0,05	0,11
	Min	0,04	0,05	0,08
	Max	0,15	0,21	0,44
Fe (%)	Srednja vrijednost	0,93	1,67	2,77
	Standardna devijacija	0,31	0,87	1,09
	Min	0,63	0,66	1,38
	Max	1,52	3,25	4,57
K (%)	Srednja vrijednost	0,51	0,59	1,24
	Standardna devijacija	0,17	0,24	0,35
	Min	0,22	0,33	0,60
	Max	0,75	1,02	1,58
Al (%)	Srednja vrijednost	2,05	2,21	4,97
	Standardna devijacija	0,69	1,05	1,79
	Min	0,80	0,98	1,83
	Max	3,07	4,13	7,26
P (%)	Srednja vrijednost	0,06	0,04	0,07
	Standardna devijacija	0,03	0,01	0,01
	Min	0,04	0,02	0,06
	Max	0,11	0,05	0,09
S (%)	Srednja vrijednost	0,70	2,87	1,06
	Standardna devijacija	0,63	1,10	0,82
	Min	0,20	1,40	0,10
	Max	1,80	4,30	2,40
Sr (mg/kg)	Srednja vrijednost	464,58	616,50	188,75
	Standardna devijacija	106,63	273,56	69,13
	Min	288,00	315,00	72,00
	Max	604,00	953,00	338,00
Cu (mg/kg)	Srednja vrijednost	11,15	14,53	22,37
	Standardna devijacija	2,44	6,42	2,74
	Min	8,70	5,70	17,90
	Max	15,80	22,30	26,60
Pb (mg/kg)	Srednja vrijednost	22,61	23,41	57,36
	Standardna devijacija	8,82	15,15	21,71
	Min	13,60	5,80	30,40
	Max	39,10	52,10	86,80
Mo (mg/kg)	Srednja vrijednost	0,60	11,05	1,76
	Standardna devijacija	0,66	4,74	1,18
	Min	0,10	4,60	0,60
	Max	1,90	18,60	4,70
Mn (mg/kg)	Srednja vrijednost	201,17	526,92	1198,00
	Standardna devijacija	111,86	172,05	708,50
	Min	82,00	251,00	465,00
	Max	404,00	722,00	2550,00

U jezgri sedimenata LK-5 odabrani su određeni omjeri prethodno opisanih elemenata, te je na Slici 105 prikazana njihova raspodjela uzduž jezgre. Omjeri Ca/Ti i Sr/Ti imaju sličan trend, te se smanjuju od vrha jezgre do 5. cm, te potom rastu na 12. cm jezgre (Slika 105). Mg/Ti i Mo/Ti se smanjuju od vrha prema dnu jezgre LK-5 (Slika 105). Omjeri Sr/Ca, Mg/Ca i Ti/Ca rastu do 5. cm jezgre, nakon čega dolazi do smanjenja navedenih omjera (Slika 105). Viši omjeri Sr/Mg i Mn/Fe određeni su u donjem dijelu jezgre, dok su u vršnih 14 cm navedeni omjeri nešto niži (Slika 105). Omjer Ti/Al je viši u donjem dijelu jezgre. Omjeri Fe/Al i Pb/Ti se smanjuju od vrha jezgre prema njenom dnu, s minimumom na 14. cm (Slika 105).



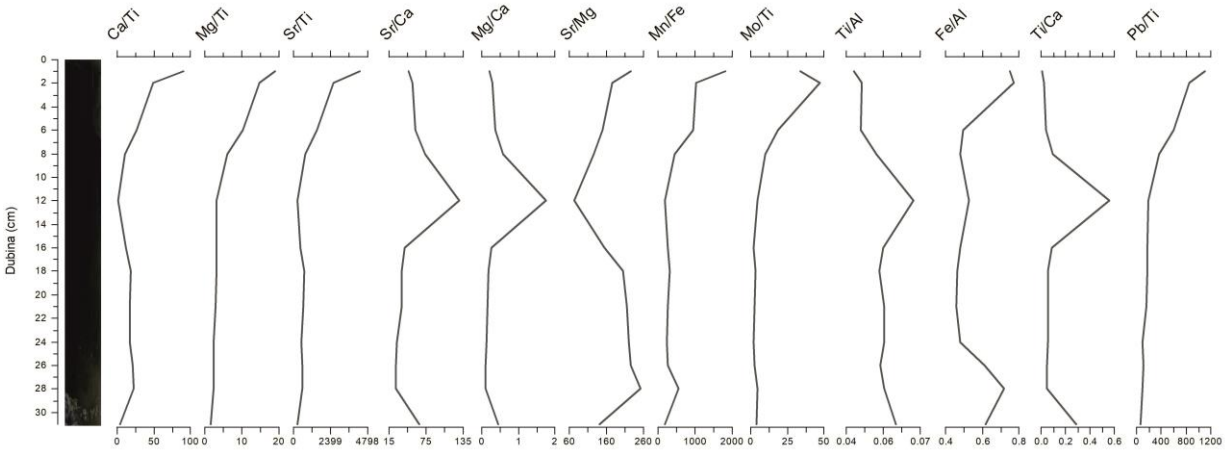
Slika 105: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-5.

Omjeri Ca/Ti, Mg/Ti, Sr/Ti i Mn/Fe su viši u donjem i gornjem dijelu jezgre sedimenata LK-6, dok su u intervalu od 6-27 cm omjeri niži (Slika 106). Sr/Ca ima suprotnu distribuciju uzduž jezgre (Slika 106). U gornjem dijelu jezgre omjeri Mg/Ca i Fe/Al su niži. Na 9. cm jezgre dolazi do porasta navedenih omjera, koji se ponovno smanjuju na 19. cm jezgre (Slika 106). Omjer Sr/Mg smanjuje se od vrha jezgre do dubine od 20 cm, te potom raste do dna jezgre (Slika 106). Ti/Al ima sličnu raspodjelu u jezgri. Omjer Mo/Ti je najviši u središnjem dijelu jezgre LK-6 (14-25 cm) (Slika 106). Ti/Ca je nizak u površinskom dijelu jezgre, doseže maksimum na dubini od 9 cm i potom se smanjuje do kraja jezgre (Slika 106). U površinskom dijelu jezgre određen je najveći omjer Pb/Ti (Slika 106).



Slika 106: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-6.

Distribucija Ca/Ti, Mg/Ti, Sr/Ti i Pb/Ti je slična uzduž jezgre LK-7, sa smanjenjem omjera od vrha prema dnu jezgre (Slika 107). Omjeri Sr/Ca, Mg/Ca, Ti/Al i Ti/Ca su ujednačeni u najdonjem i najgornjem dijelu jezgre, a maksimum dosežu na dubini od 12 cm (Slika 107). Omjer Sr/Mg se smanjuje od vrha jezgre do dubine od 12 cm, nakon čega raste (Slika 107). Omjeri Mn/Fe i Mo/Ti se smanjuju od vrha prema dnu jezgre, s time da je omjer Mo/Ti nešto niži u površinskom centimetru jezgre (Slika 107). U gornjem dijelu jezgre omjer Fe/Al je viši u odnosu na središnji dio jezgre (interval 6-23 cm), te ponovno raste u donjem dijelu jezgre (Slika 107).

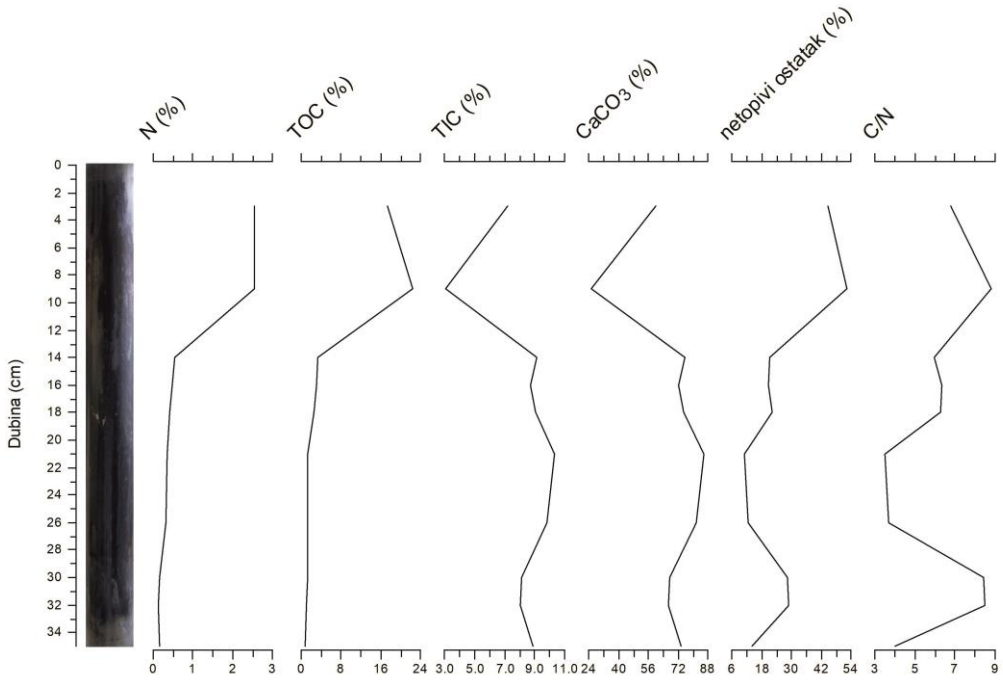


Slika 107: Varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata LK-7.

5.2.7.6 Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

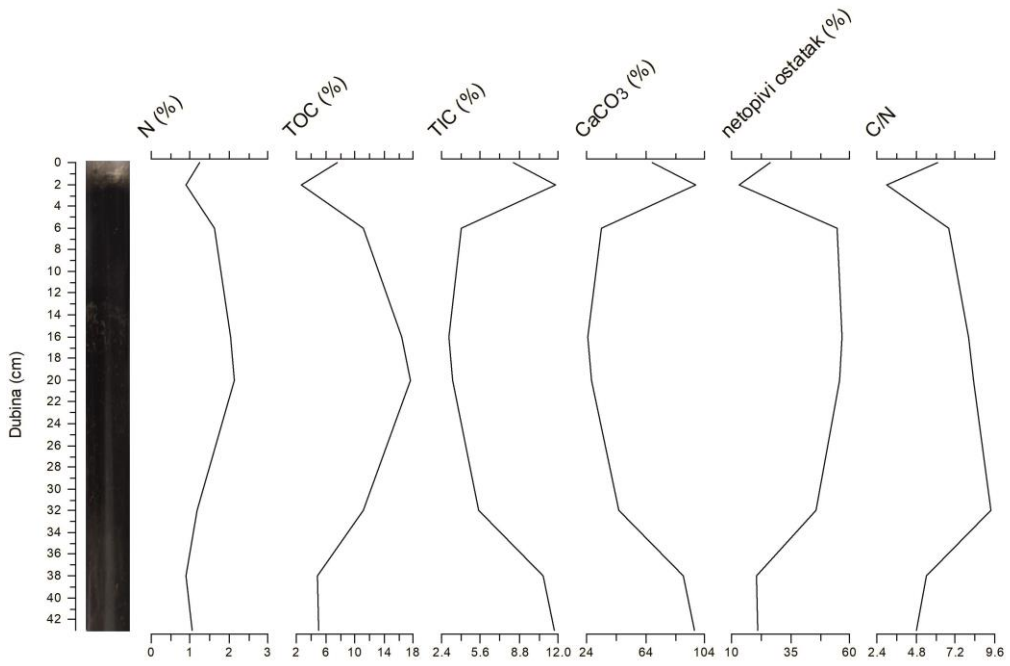
Na ukupno 26 uzorka iz jezgra sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 određen je udio ukupnog dušika (N), ukupnog organskog i anorganskog ugljika (TOC i TIC) i netopivog ostatka, te je izračunat omjer C/N i udio kalcij karbonata ($CaCO_3$). Varijacije u distribuciji navedenih kemijskih parametara s dubinom jezgre prikazane su na slikama (Slika 108-110). U Tablici 45 je dan prikaz izračunatih statističkih parametara svih navedenih kemijskih komponenata u jezgrama LK-5, LK-6 i LK-7, dok su u Prilogu 5 priloženi rezultati analiza na pojedinačnim uzorcima.

U jezgri LK-5 udio N u rasponu je od 0,12-2,57%, s maksimumom u najgornjih 10 cm jezgre. Udio TOC-a u rasponu je od 0,65-22,38%. Distribucija udjela TOC-a duž jezgre sedimenata LK-5 slična je distribuciji prethodno opisanog N. Sličnu distribuciju kroz jezgru također ima udio netopivog ostatka, koji varira između 11,16-52,44%. Udio TIC-a je u rasponu od 3,07-10,34%, s minimumom na dubini od 9 cm. Udio $CaCO_3$ u rasponu je od 25,58-86,1%. Omjer C/N kroz jezgru veoma je varijabilan, od 3,49-8,78 (Tablica 45, Slika 108).



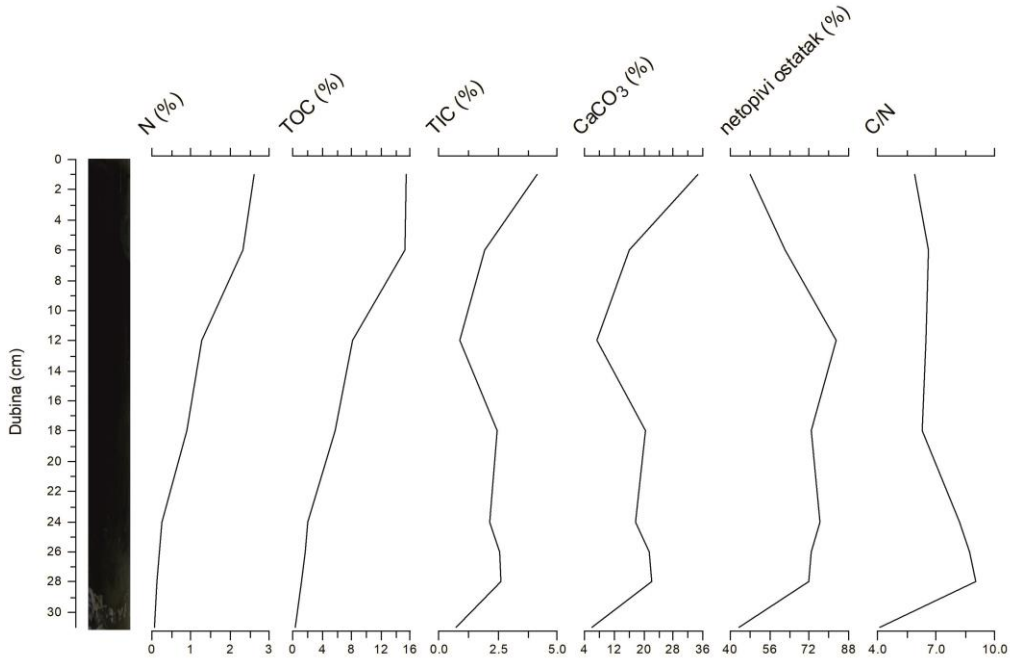
Slika 108: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-5.

Udio N u jezgri sedimenata LK-6 varira od 0,9-2,13%, s maksimumom u intervalu od 13-23 cm. Udjeli TOC-a (2,76-17,72%) i netopivog ostatka (13,14-56,99%) imaju sličnu raspodjelu duž jezgre LK-6 (Slika 109). Udio TIC-a u rasponu je od 3,03-11,8% i suprotne distribucije u odnosu na prethodno navedene kemijske komponente (Slika 109). Izmjeren je udio $CaCO_3$ od 25,22-98,33%. Omjer C/N uzduž jezgre sedimenata varira od 3,04-9,38 (Tablica 45).



Slika 109: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-6.

Udio N je u rasponu od 0,07-2,6% u jezgri sedimenata LK-7. Ovaj element ima trend smanjenja udjela od vrha prema dnu jezgre. Varijacije TOC-a su od 0,31-15,42%, s izraženim maksimumom na 1. i 6. cm jezgre. Udio TIC-a u rasponu je od 0,74-4,16%, $CaCO_3$ 6,13-34,65%, dok udio netopivog ostatka varira kroz jezgru od 43,64-82,71%. Izračunati omjer C/N je u rasponu od 4,14-9,04 (Tablica 45, Slika 110).



Slika 110: Varijacije ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N s dubinom u jezgri sedimenata LK-7.

Tablica 45: Osnovni statistički parametri udjela ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, netopivog ostatka i omjera C/N u jezgrama sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7.

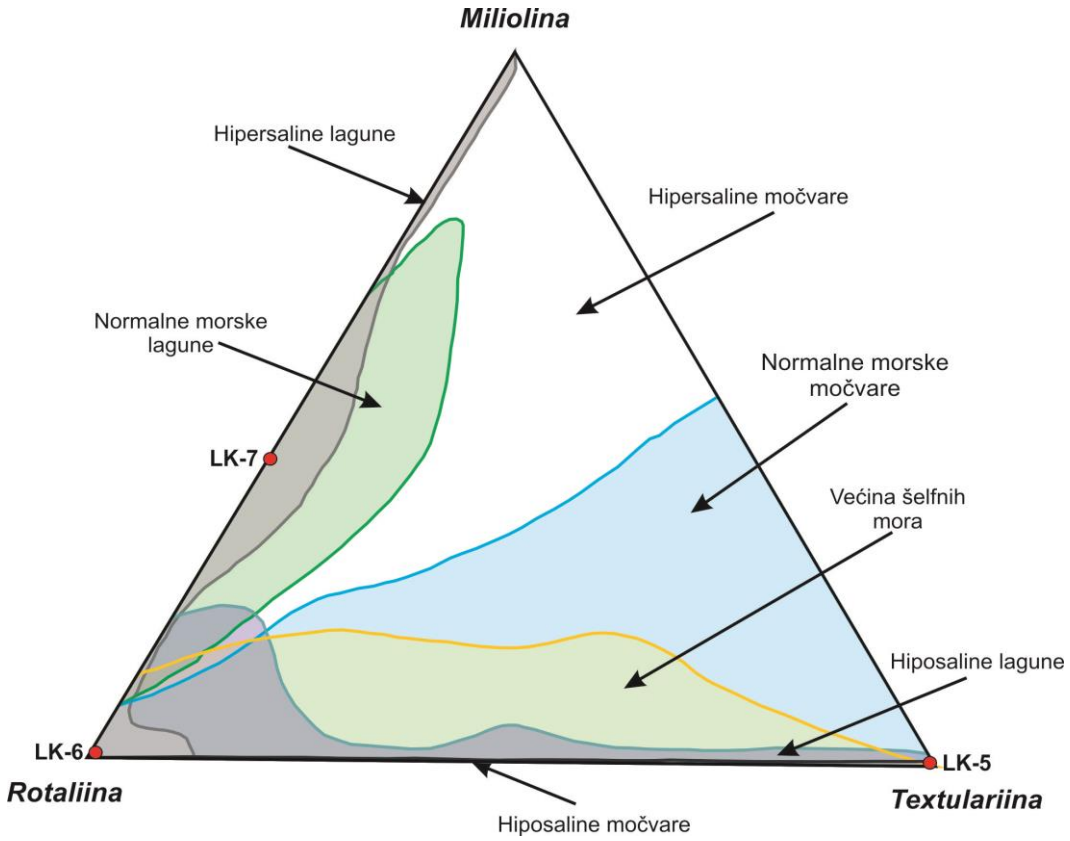
		LK-5	LK-6	LK-7
N (%)	Srednja vrijednost	0,77	1,39	0,97
	Standardna devijacija	0,96	0,49	1,02
	Min	0,12	0,90	0,07
	Max	2,57	2,13	2,60
TOC (%)	Srednja vrijednost	5,40	9,58	6,24
	Standardna devijacija	7,78	5,49	6,22
	Min	0,65	2,76	0,31
	Max	22,38	17,72	15,42
TIC (%)	Srednja vrijednost	8,24	7,30	2,19
	Standardna devijacija	2,02	3,79	1,08
	Min	3,07	3,03	0,74
	Max	10,34	11,80	4,16
$CaCO_3$ (%)	Srednja vrijednost	68,62	60,83	18,24
	Standardna devijacija	16,80	31,59	9,03
	Min	25,58	25,22	6,13
	Max	86,10	98,33	34,65
NETOPIVI OSTATAK (%)	Srednja vrijednost	25,72	36,81	66,26
	Standardna devijacija	13,60	18,35	13,89
	Min	11,16	13,14	43,64
	Max	52,44	56,99	82,71
C/N	Srednja vrijednost	6,22	6,49	6,93
	Standardna devijacija	2,01	2,07	1,64
	Min	3,49	3,04	4,14
	Max	8,78	9,38	9,04

5.2.7.7 Rezultati analize foraminiferske zajednice

U površinskim uzorcima (0-1 cm) jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 iz marinskih jezeraca određena je zajednica foraminifera. Prepoznato je 13 vrsta i 8 rodova koje nastanjuju ove okoliše. Od ukupnog broja određenih vrsta njih 6 pripada podredu Rotaliina, 1 podredu Miliolina, te 6 podredu Textulariina. Sve determinirane vrste foraminifera u uzorcima su bentičke. Popis rodova i vrsta foraminifera u površinskim uzorcima jezgara LK-5, LK-6 i LK-7 priložen je u Prilogu 7. U Tablama I-V prikazane su jedinke iz analiziranih jezgara. Na Slici 111 na trokomponentnom dijagramu na temelju udjela podredova (Murray, 1973) označeni su analizirani uzorci iz jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7.

U površinskom uzorku jezgre sedimenata LK-5 određeno je 6 vrsta foraminifera, koje se mogu svrstati u 4 roda. Sve jedinke su iz podreda Textulariina (100%). U uzorku dominiraju vrste *Haplophragmoides canariensis* (d'Orbigny, 1839) (48,8%) i *Trochammina inflata* (Montagu, 1808) (41,3%). Udjeli ostalih vrsta (*Haplophragmoides* sp., *Entzia macrescens* (Brady, 1870), *Miliammina fusca* (Brady, 1870)) znatno su manji (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 1,05, indeks ravnomjernosti je 0,54, dok je Fisher α indeks 1,25 (Prilog 7).

Površinski uzorak jezgre sedimenata LK-6 sadrži ukupno 6 različitih vrsta, te 4 roda foraminifera. Od navedenog broja vrsta njih 5 je iz podreda Rotaliina, dok je jedna vrsta iz podreda Miliolina. Udio jedinki iz podreda Rotaliina iznosi 99,72%. U zajednici je određena izrazita dominacija vrste *A. tepida*, čije jedinke čine gotovo 97% zajednice. Također je izbrojano 37 živih jedinki ove vrste, koje su prepoznate obojenjem otopinom rose Bengal. Od tog broja 6 jedinki je imalo i morfološke nepravilnosti, poput povećanih klijetki i deformirane zavojnice (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Shannon-Wiener indeks je 0,2, indeks ravnomjernosti je 0,11, dok je Fisher α indeks 1,03 (Prilog 7).



Slika 111: Trokomponentni dijagram prema Murray (1973) s uzorcima iz jezgara sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7 (crveno).

U površinskom uzorku jezgre sedimenata LK-7 nađeno je 7 jedinki foraminifera, koje se mogu svrstati u 4 različite vrste i 3 roda. Od tog broja 3 vrste su iz podreda Rotaliina, dok je 1 vrsta iz podreda Textulariina. Oko 57% jedinki pripada podredu Rotaliina, dok oko 43% jedinki pripada podredu Textulariina. Prepoznate su vrste: *T. inflata*, *R. floridensis*, *A. tepida* i *Ammonia* sp. (Prilog 7). Jedinke su dobro očuvane. Izračun indeksa raznolikosti za ovaj uzorak nije bio moguć, zbog malog broja jedinki.

6. RASPRAVA

Rasprava će obuhvatiti nekoliko ključnih poglavlja. U prvom dijelu rasprave (Poglavlje 6.1) razmatrati će se postojanje bazena u kršu na prostoru Kvarnera i Lošinjskoga kanala pogodnih za akumulaciju sedimenata. Drugi dio rasprave (Poglavlje 6.2) uključuje interpretaciju paleookolišnog razvoja Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena i holocena primjenom geofizičkih metoda i posrednih pokazatelja dobivenih analizom jezgara sedimenata. U Poglavlju 6.3 rezultati analiza jezgara sedimenata koje su izbušene u potopljenim ponikvama na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala uspoređeni su s rezultatima kratkih jezgara sedimenata izbušenim u marinskim jezercima na otoku Cresu. Završni dio rasprave (Poglavlje 6.4) objedinjuje podatke iz svih jezgara sedimenata koji su vezani uz poplavljivanje Lošinjskoga kanala morem tijekom kasnog pleistocena i holocena. Rezultati su također uspoređeni s podacima o relativnim promjenama razine mora tijekom kvartara na širem prostoru Jadranskog mora, te s eustatskim promjenama morske razine.

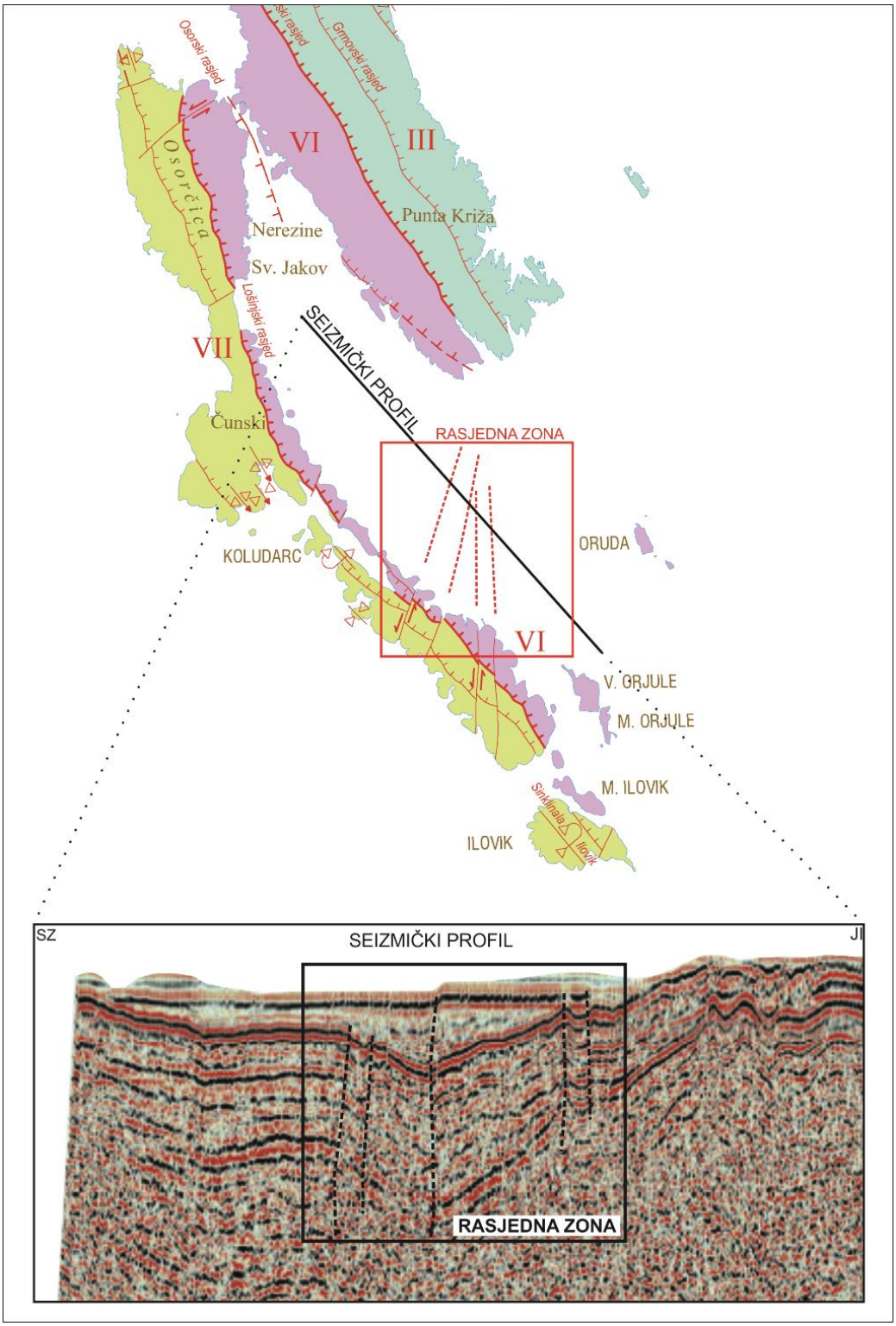
6.1 Potopljeni bazeni u kršu na prostoru Kvarnera i Lošinjskoga kanala

Obalni bazeni u kršu obuhvaćaju niz geomorfoloških oblika, poput potopljenih spilja, jama, ponikvi, uvala i krških polja, koji su prirodna zamka za sedimente s obzirom da omogućuju njihovu akumulaciju (Shinn et al., 1996; van Hengstum et al., 2011; Tamalavage et al., 2018). Znanstvena znatiželja za istraživanjem slijeda sedimenata u obalnim bazenima u kršu znatno je porasla tijekom zadnjih nekoliko desetljeća sa spoznajom da takvi bazeni mogu očuvati zapis promjena okoliša, odnosno klime i morske razine tijekom kvartara (Shinn et al., 1996; van Hengstum et al., 2010; van Hengstum & Scott, 2011; Gabriel et al., 2013; Kovacs et al., 2013).

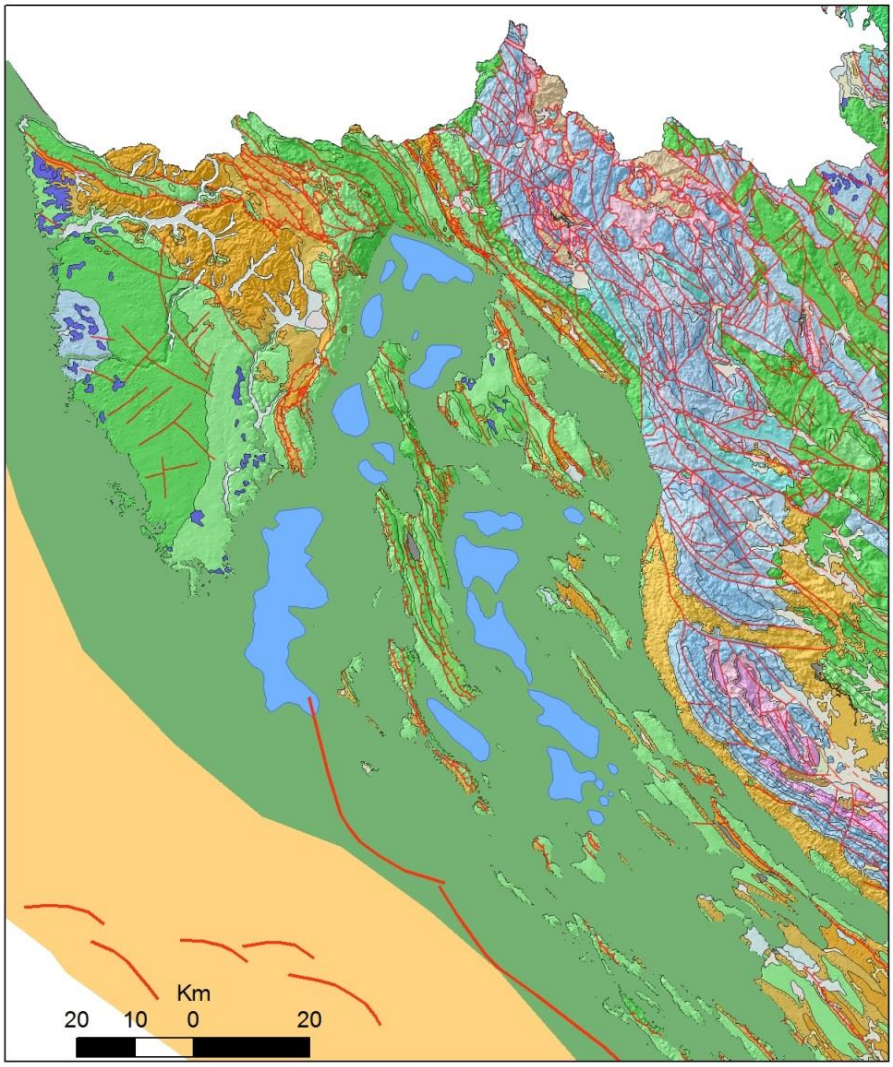
Lošinjski kanal je idealno područje za istraživanje potopljenih bazena u kršu, s obzirom na razvijenu okršenost na okolnim otocima. Primjena geofizičkih metoda i pregled profila duboke i plitke seizmike (Slika 19-32) ukazali su na postojanje okršene topografije ispod morskog dna na prostoru Kvarnera koja je interpretirana kao reliktni krš.

Na profilu duboke seizmike vidljivo je postojanje tektonski uvjetovane, nekoliko stotina m duboke, sedimentima ispunjene depresije u kršu u potpovršini Lošinjskoga kanala (Slika 112). Slične depresije nalaze se i u potpovršini drugih zaljeva i kanala na prostoru Kvarnera (Slika 113). Za pretpostaviti je da je prva faza dubokog i intenzivnog okršavanja vjerojatno započela tijekom mesina, a druga tijekom pliocena/kvartara kao posljedica eustatskih promjena razine mora, slično procesima opisanim u Mocochain et al. (2006) i Roveri et al. (2014). Naime, tijekom tzv. „Mesinske krize saliniteta“ razina mora na prostoru Mediterana spustila se za oko 1500 m u odnosu na Atlantik (Ryan, 1976; Audra et al., 2004; Mocochain et al., 2009). Ovaj događaj može se prepoznati na seizmičkim

profilima (npr., Vaničekk, 2013; Volpi et al., 2015). Na seizmičkom profilu s prostora Lošinjskoga kanala također je prepoznata erozijska površina koja je nastala tijekom mesina (tzv. „mesinska diskordancija“) (Slika 114).



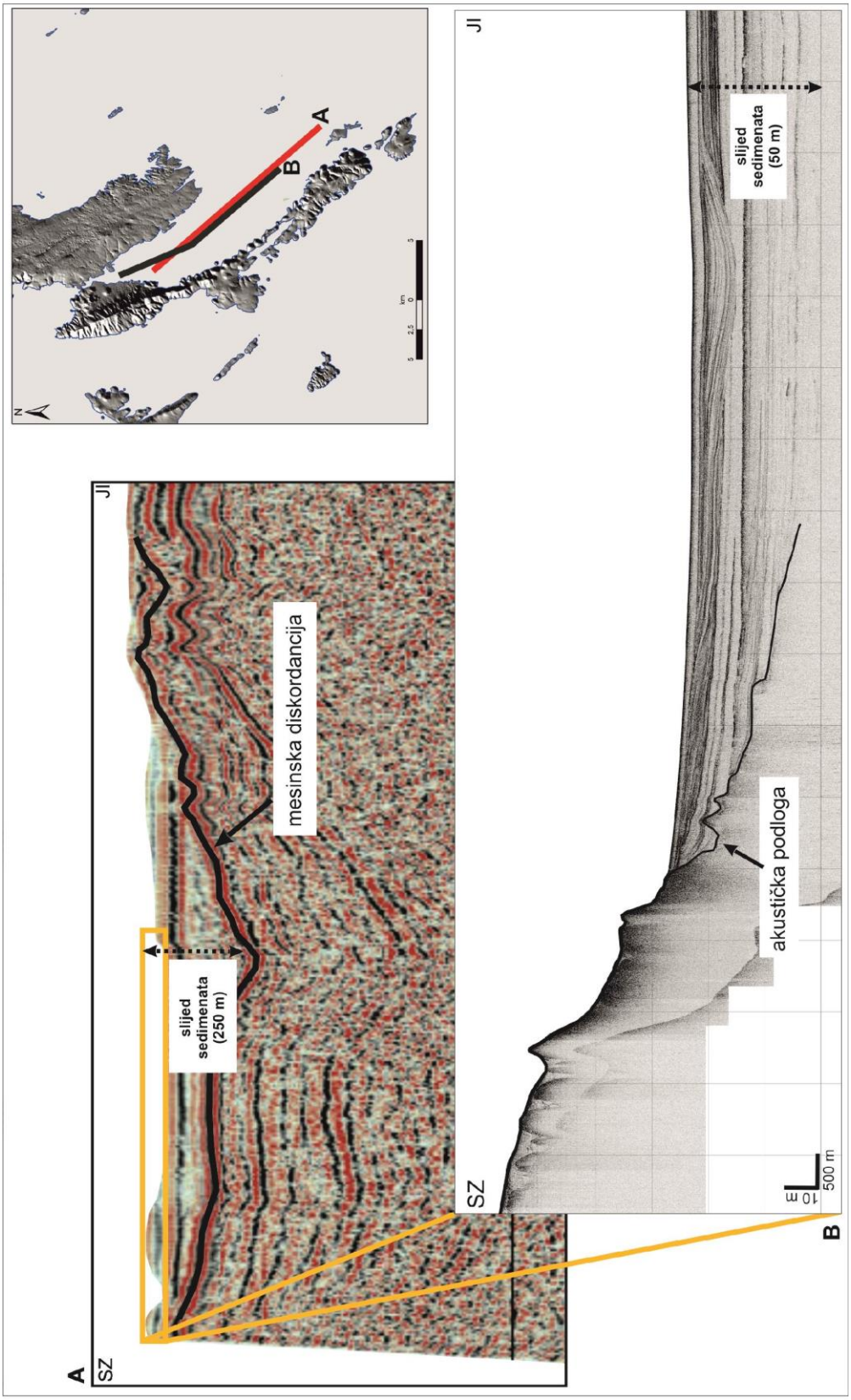
Slika 112: Tektonski uvjetovana depresija u potpovršini Lošinjskoga kanala. Rasjedi označeni na Preglednoj tektonskoj skici iz OGK 1:50 000 (Fuček et al., 2015) vjerojatno se pružaju i u potpovršini, kao što je vidljivo na profilu duboke seizmike (Durn, 2016). Crvenom bojom na skici je označeno pretpostavljeno pružanje rasjeda u potpovršini. Strukturno-tektonske jedinice na skici: III- Cres, VI-Martinšćica-Osor, VII-Lošinj-Unije (Fuček et al., 2015).



Slika 113: Karta dubokih bazena u kršu (plava boja) na prostoru Kvarnera napravljena na temelju podataka duboke seizmike i prepoznate mesinske diskordancije (Durn, 2016).

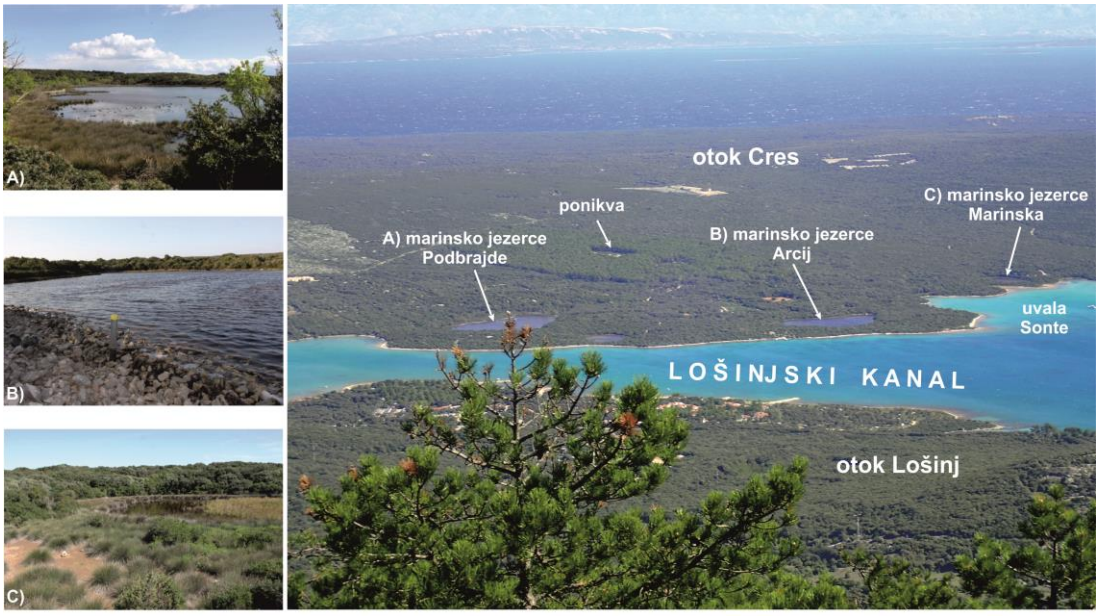
Vaniček (2013) je u svojoj doktorskoj disertaciji odredila dubine na kojima se nalazi mesinska diskordancija u različitim dijelovima Jadrana. Najveća izmjerena dubina je 1900 m u otvorenom moru sjevernog Jadrana, no autorica je pretpostavila da je ta dubina veća u južnom dijelu Jadrana. Volpi et al. (2015) također su istaknuli da je kraj mesina zabilježen kao erozijska površina na seizmičkim profilima snimljenim u južnom dijelu Jadrana. Na razmatranom profilu duboke seizmike u međuotočnom području Kvarnera utvrđeno je da je dubina mesinske diskordancije znatno manja u odnosu na njenu dubinu u otvorenom moru sjevernog Jadrana (Slika 114).

Profil duboke seizmike s prostora Lošinjskoga kanala ukazao je da ovaj bazen u kršu zapunjava oko 250 m sedimenata, dok su snimljeni profili visoke rezolucije dali detaljan uvid u najgornjih oko 50 m sedimentnog slijeda (Slika 114). U stvorenim dubokim depresijama na prostoru Kvarnera sedimenti su se vjerojatno počeli taložiti tijekom pliocena, kao što je utvrđeno i na drugim područjima Mediterana (Audra et al., 2004; Mocochain et al., 2009).



Slika 114: Profil duboke seizmike (Durn, 2016) (A) i seizmički profil visoke rezolucije (B) s prostora Lošinjskoga kanala. A) Tektonski uvjetovana depresija u kršu s označenom mesinskom diskordancijom, te sedimentnim slijedom debljine oko 250 m. B) Prikaz najgornjih 50 m slijeda sedimenata visoke rezolucije. Akustička podloga na profilu odgovara okršenim karbonatnim stijenama prisutnim i na okolnim otocima.

Osim postojanja dubokog bazena u kršu, utvrđeno je postojanje i manjih potopljenih krških oblika. Jedna od osnovnih podmorskih morfologija koje su prepoznate na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala primjenom geološkog dubinomjera su manje depresije nepravilnog oblika interpretirane kao ponikve u kršu (Slika 21-23). Ove ponikve su ispunjene sedimentima ukupne debljine do 15 m, te su potopljene holocenskim porastom razine mora. Ponikve imaju smjer pružanja SZ-JI, što ukazuje da je njihov nastanak uvjetovan strukturnim ili stratigrafskim čimbenicima, kao što je često dokumentirano i na kopnu. Moguće je da je do razvoja ponikvi došlo tijekom zadnjeg perioda niske razine mora (LGM-a) s obzirom da su sedimenti koji ispunjavaju istraživane ponikve holocenske starosti. Također je moguće da je njihov postanak vezan uz starije periode niske razine mora. Ovi krški oblici razvijeni su u karbonatnim stijenama koje grade današnje otoke Cres i Lošinj. Nema indikacija da se karstifikacija u podmorju odvija i danas, o čemu uobičajeno svjedoče krški izvori (Surić, 2005).



Slika 115: Različite faze potapanja ponikvi u obalnom području otoka Cresa. Uvala Sonte je u potpunosti poplavljena ponikva, marinska jezerca Marinska, Arcij i Podbrajde su razvijena u ponikvama na otoku Cresu, dok su na većim nadmorskim visinama i na većoj udaljenosti od obale ponikve bez morskog utjecaja.

Prepoznate su i različite faze potapanja ponikvi u obalnom području otoka Cresa. Izvrstan primjer ponikvi sa značajnim morskim utjecajem su ponikve Marinska, Arcij i Podbrajde istraživane u ovoj disertaciji. Ponikve su smještene u obalnoj zoni i razdvojene od mora karbonatnim pragom. U ponikvama Marinska, Arcij i Podbrajde holocenskim porastom razine mora nastala su marinska jezerca (blatine), a razina vode u njima odgovara morskoj razini (Slika 115). Osim na otoku Cresu, marinska jezerca nalaze se i na drugim otocima regije (Krk, Pag, Maun) i duž zapadne obale Istre.

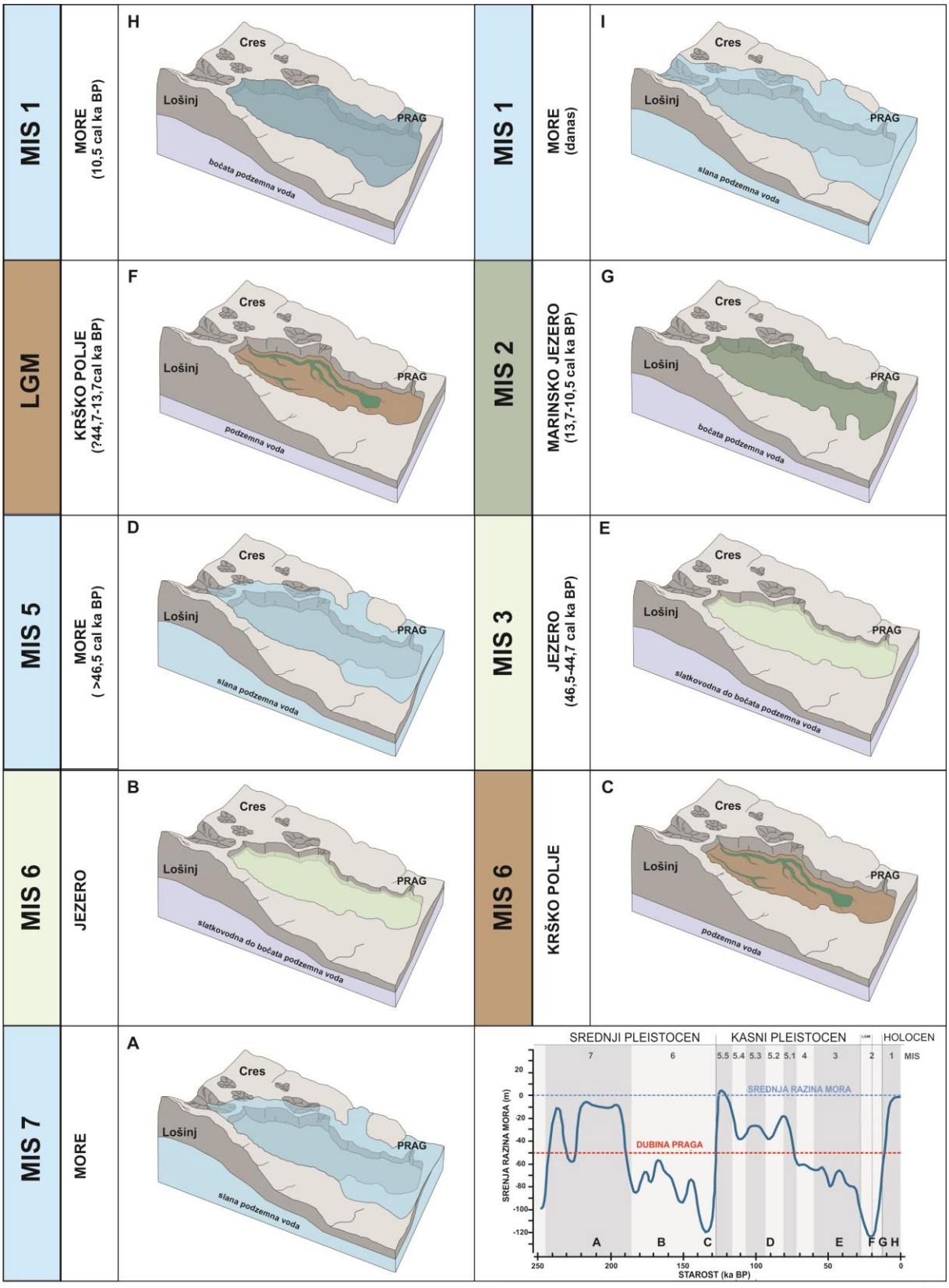
6.2 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena u kršu

Paleookolišni razvoj dubokog Lošinjskoga bazena u kršu u periodu od srednjeg pleistocena do holocena (MIS 7-MIS 1) moguće je rekonstruirati analizom seizmičkih profila visoke rezolucije i jezgara sedimenata (Slika 116, 117). Ključni čimbenici koji su utjecali na paleookolišni razvoj istraživanog bazena su promjene morske razine i klime, te okršenost područja i dubina praga koji razdvaja bazen od Kvarnerića, odnosno ostatka Jadranskog mora. U daljnjem tekstu svaka paleookolišna faza interpretirana je s obzirom na vrijeme njenog razvoja (MIS) i tip uspostavljenog paleookoliša. Napravljena je korelacija s dosad prikupljenim podacima o promjenama globalne razine mora (npr., Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Siddall et al., 2008; Lambeck et al., 2014), te paleookolišnim promjenama na prostoru Jadrana (npr., Correggiari et al., 1996; Surić, 2006; Piva et al., 2008a; Ridente et al., 2008; Pellegrini et al., 2018).

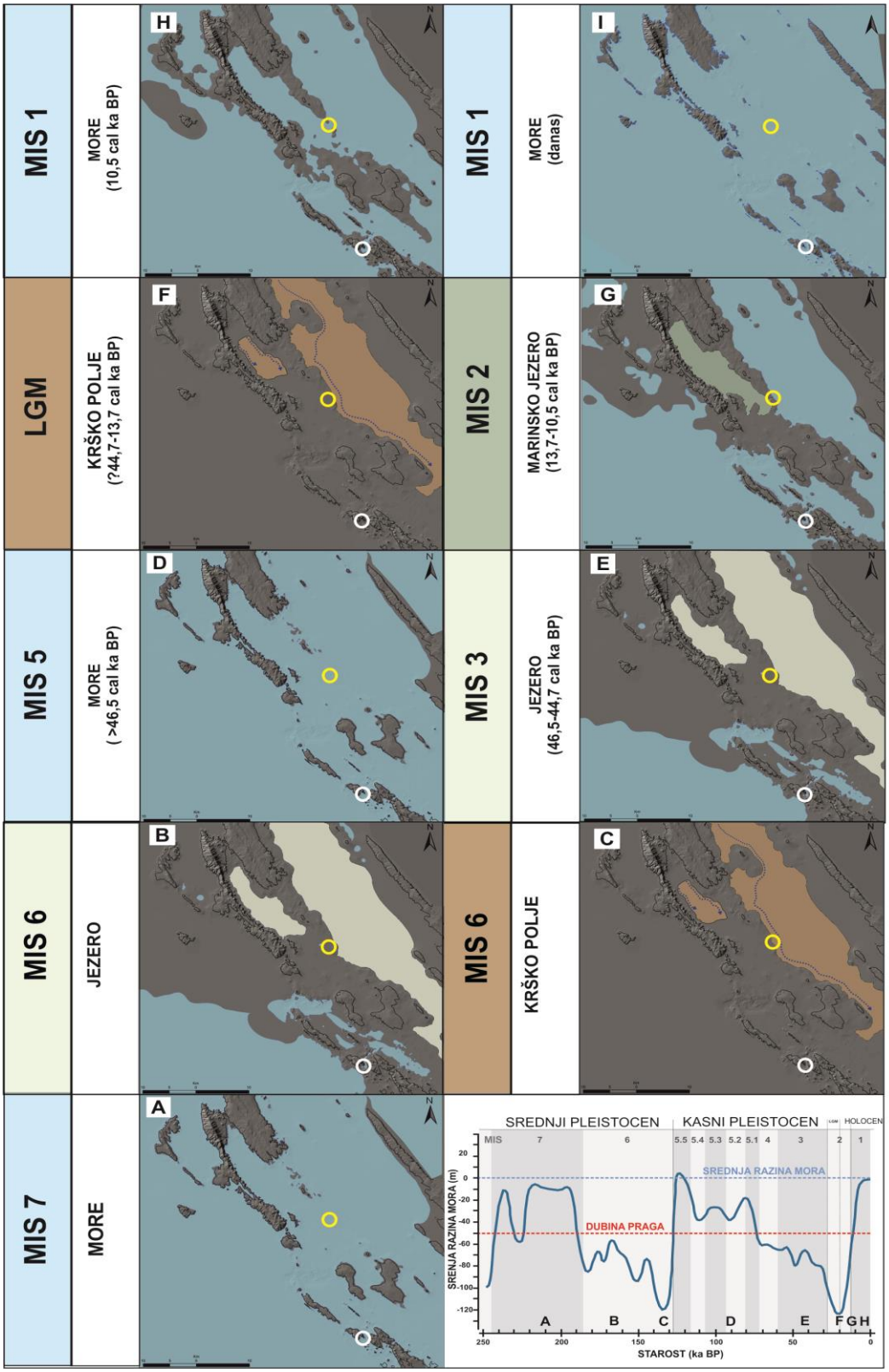
6.2.1 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom srednjeg pleistocena (MIS 7 i MIS 6)

Debljina, geometrija i akustička obilježja seizmičkih jedinica mijenjala su se u potpovršini Lošinjskoga kanala. Najstarije naslage vidljive na analiziranim seizmičkim profilima visoke rezolucije (seizmičke jedinice SU-6, SU-5 i SU-4) interpretirane su načelima seizmičke-stratigrafije (Mitchum et al., 1977), u nedostatku jezgara sedimenata koje prodiru u ove naslage. Geofizička istraživanja omogućuju definiranje taložnih procesa i erozije u bazenu, odnosno promjena u akomodacijskom prostoru i donosu sedimenata kao posljedice paleookolišnih promjena povezanih s promjenama razine mora (Vail & Mitchum, 1977; Pellegrini et al., 2016, 2018).

Polu-prozirna akustička obilježja seizmičke jedinice SU-6, s nekoliko slabih paralelnih reflektora, ukazuju na taloženje sedimenata u morskom okolišu (Slika 118). Pretpostavka je da se taloženje morskih sedimenata iz SU-6 odvijalo tijekom perioda kada je razina mora bila viša od dubine praga na -50 m. Ova dubina je utjecala na paleookolišne promjene na prostoru Lošinjskoga bazena (Slika 116, 117). Moguće je da je do taloženja sedimenata iz jedinice SU-6 došlo tijekom MIS 7 kada je morska razina bila dovoljno visoka da poplavi istraživani prostor. Do tog zaključka moguće je doći korelacijom gornjih seizmičkih jedinica s prostora Lošinjskoga kanala s krivuljom promjene razine mora (Slika 118). Provedena istraživanja su pokazala da je globalna razina mora tijekom MIS 7 bila u rasponu od -20 do +4 m u odnosu na današnju razinu mora (Bard et al., 2002; Schellmann & Radtke, 2004; Masson-Delmotte et al., 2010; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). Ovi podaci upućuju na razinu mora višu od dubine praga, te je vjerojatno taloženje morskih naslaga jedinice SU-6 tijekom MIS 7 (Slika 116, 117).



Slika 116: Shematski 3D prikaz paleookolišnog razvoja Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena i holocena: A) MIS 7 morski okoliš, B) MIS 6 paleojezero, C) krško polje tijekom MIS 6 glacijalnog maksimuma, D) MIS 5 morski okoliš, E) MIS 3 paleojezero, F) krško polje tijekom LGM-a, G) MIS 2 marinsko jezero, H) holocensko poplavljivanje praga prije 10 500 kalendarskih godina, I) holocenski morski okoliš. Svaka paleookolišna faza je također označena slovima na krivulji promjene morske razine tijekom srednjeg pleistocena-holocena (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002).

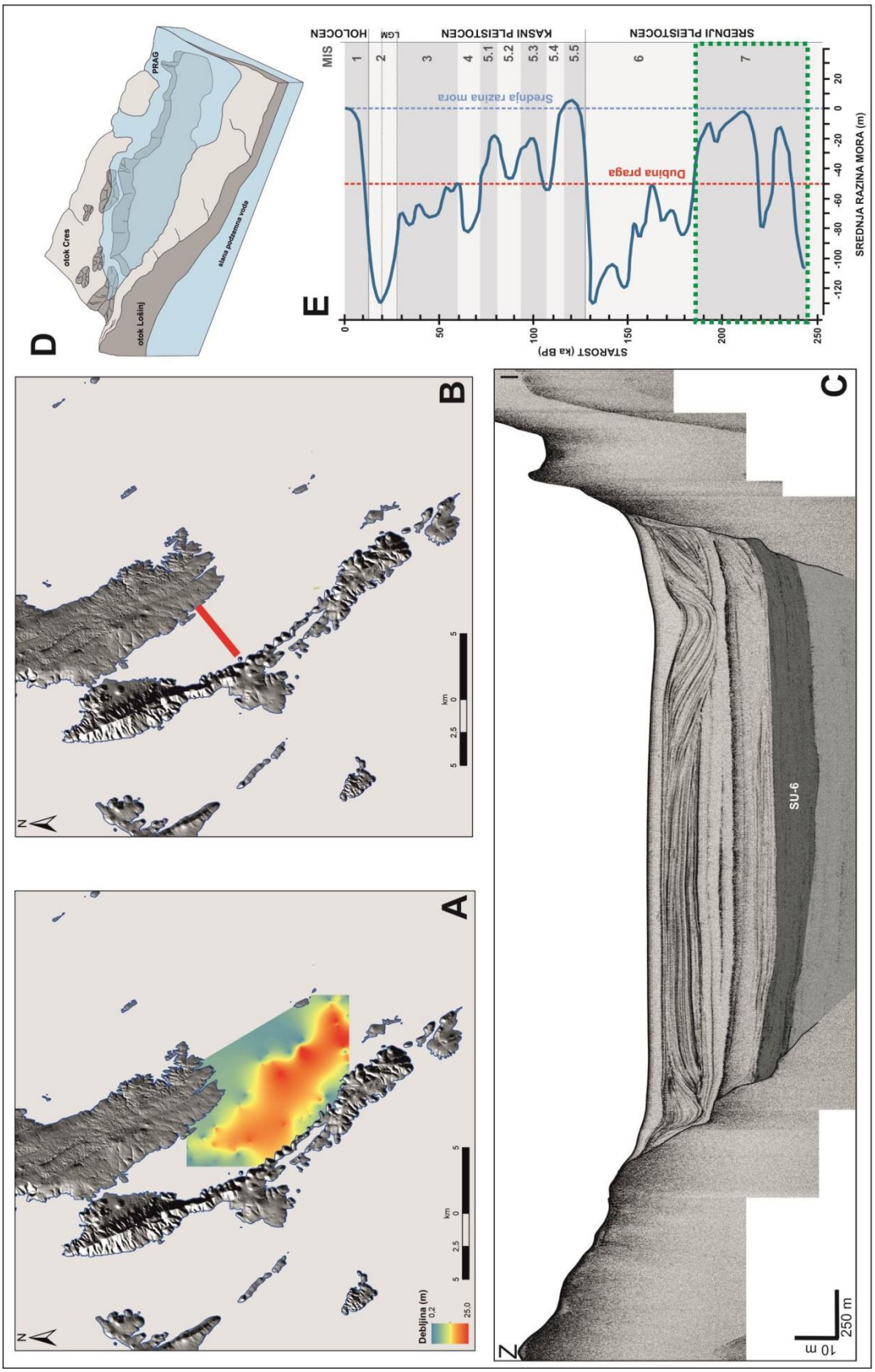


Slika 117: Shematske paleogeografske karte Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena i holocena, koje se zasnivaju na batimetrijskim podacima (Tk25 topografska karta mjerila 1:25 000, DGU): A) MIS 7 morski okoliš, B) MIS 6 paleojezero, C) krško polje tijekom MIS 6 glacijalnog maksimuma, D) MIS 5 morski okoliš, E) MIS 3 paleojezero, F) krško polje tijekom LGM-a, G) MIS 2 marinsko jezero, H) holocensko poplavljivanje praga prije 10 500 kalendarskih godina, I) holocenski morski okoliš. Žuti kružići na karti označavaju lokaciju praga (-50 m). Bijeli kružići označavaju lokaciju praga Škarda-Ist (-70 m) od kuda je more vjerojatno ušlo na prostor Kvarnera. Svaka paleookolišna faza je također označena slovima na krivulji promjene morske razine tijekom srednjeg pleistocena-holocena (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002).

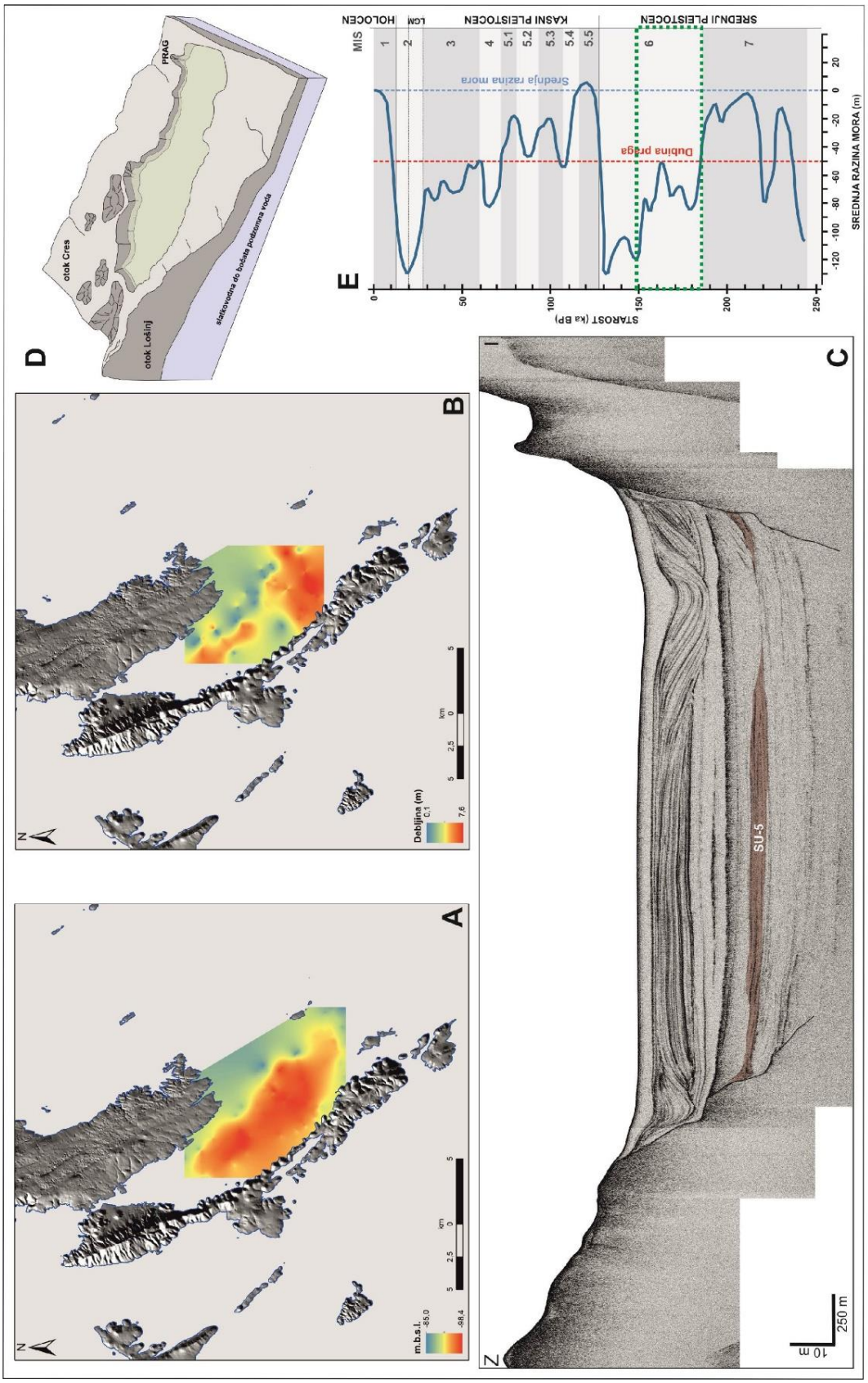
Karte reflektora baza, odnosno donjih reflektora svake izdvojene seizmičke jedinice, napravljene su koristeći metodu interpolacije. Istom metodom napravljene su i karte debljine sedimenata svake jedinice. Međutim, za podinu seizmičke jedinice SU-6 nije napravljena batimetrijska karta jer reflektor baze nije bilo moguće odrediti na analiziranim seizmičkim profilima, što je posljedica ograničenja primjenjene metode visoke rezolucije (Slika 118). Kartu debljine sedimenata jedinice SU-6 treba razmatrati s oprezom, s obzirom da je interpolacija napravljena bez poznavanja stvarne dubine donjeg reflektora jedinice, te je povezana s dubinom akustičke podloge. Bitno je naglasiti da su seizmički profili visoke rezolucije ukazali da je istraživani prostor bio dublji tijekom taloženja ove jedinice za oko 40 m u odnosu na današnju dubinu Lošinjskoga kanala. Iz tog razloga i uspostavljeni morski okoliš vjerojatno je bio značajno različit u odnosu na današnji (Slika 118).

Iako rijetki, pokazatelji promjena morske razine kojima se može pripisati MIS 7 starost istraženi su i opisani na drugim područjima Jadranskog mora. Morski sedimenti MIS 7 starosti također su istaloženi u Srednjo-jadranskoj depresiji (Piva et al., 2008b). Tijekom MIS 7 odvijalo se taloženje sige na prostoru Medvjeđe spilje na otoku Lošinju na dubini od 10 m ispod srednje razine mora, te sige iz spilje kod Iškog Mrtovnjaka s dubine od 23 m (Surić, 2006; Surić & Juračić, 2010), što ukazuje na dubinu mora nižu od navedenih dubina s kojih su sige prikupljene. Navedena istraživanja dobro koreliraju s podacima dobivenim u ovoj disertaciji i potvrđuju da je razina mora na prostoru Jadrana bila dovoljno visoka da u Lošinjskom bazenu postoji morski okoliš.

Sedimenti seizmičke jedinice SU-5 naliježu na sedimente jedinice SU-6. Akustička obilježja jedinice SU-5, odnosno sub-paralelni refleksi ograničenog lateralnog pružanja, srednje do niske amplitude upućuju na uspostavu jezerskog okoliša (Slika 119). Vjerojatno je došlo do izolacije prostora Lošinjskoga bazena od izravnog morskog utjecaja i razvoja bočatog jezera u kršu na prijelazu iz MIS 7 u MIS 6 (Slika 116, 117). Može se pretpostaviti da su u okolišu bili uspostavljeni bočati uvjeti s obzirom da je bazen razvijen u okršenom terenu. Interpretacija paleookolišnog razvoja bazena tijekom taloženja jedinice SU-5 zasniva se na podacima o promjenama globalne razine mora na prijelazu iz MIS 7 u MIS 6. Naime, u tom periodu je došlo do izraženog pada razine mora (Waelbroeck et al., 2002). Podaci s prostora Sardinije ukazali su da je početkom MIS 6 morska razina bila 52 m niža u odnosu na današnju (Antonioli, 2003). Prag u jugoistočnom dijelu bazena (-50 m) u tom periodu djelovao je kao barijera koja je omogućila razvoj jezera (Slika 116, 117).



Slika 118: Lošinjski bazen u kršu: A) karta debljine sedimenata, B) karta s označenom lokacijom profila, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-6, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 119: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-5, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-5, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

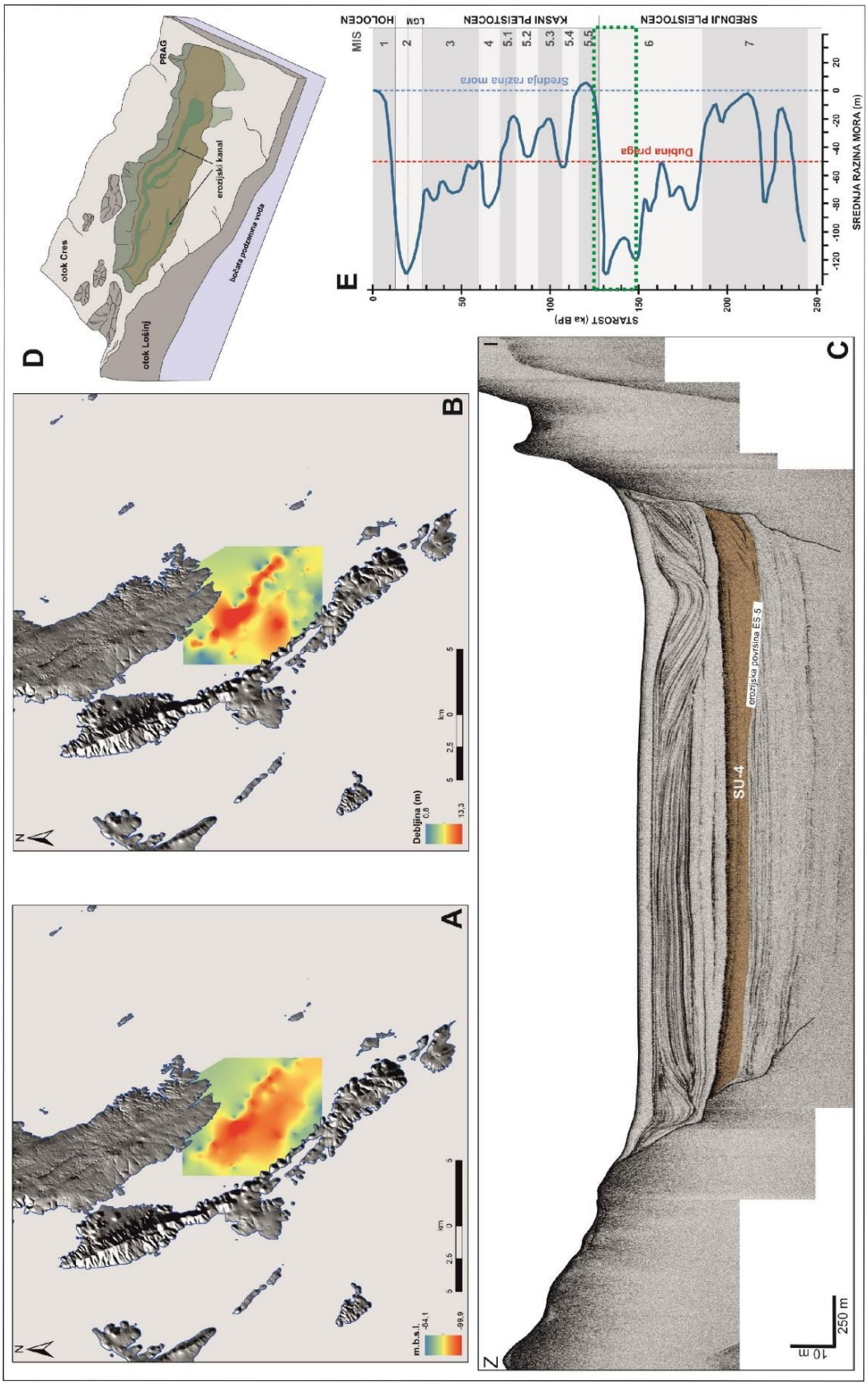
Batimetrija taložnog bazena se prije početka taloženja sedimenata iz jedinice SU-5 razlikovala u odnosu na današnju. Postojala su dva nešto dublja područja u središnjem dijelu Lošinjskoga kanala, s maksimalnom dubinom od 98,4 m u odnosu na današnju razinu mora. U južnom dijelu istraživanog prostora određena je najveća debljina naslaga ove jedinice (7,6 m) (Slika 119).

Tijekom MIS 6 glacijalnog maksimuma prethodno istaložene naslage seizmičke jedinice SU-5 su djelomično erodirane i nastao je erozijski kanal (erozijska površina ES-5) koji se uočava na seizmičkim profilima i čini bazu seizmičke jedinice SU-4 (Slika 120). Vjerojatno je da je na istraživanom prostoru tijekom ovog perioda postojalo krško polje s usječenim površinskim tokom uz istočni dio bazena, odnosno otok Cres (Slika 116, 117). Krško polje razvilo se u drugoj polovici MIS 6 kada je razina mora bila za oko 125 m niža u odnosu na današnju (Rohling et al., 1998).

Pretpostavka je da je na prostoru Lošinjskoga bazena prilikom prijelaza iz MIS 6 u MIS 5 došlo je do porasta razine mora i akumulacije transgresivnih bočatih ili morskih naslaga seizmičke jedinice SU-4. Deglacijacija nakon završetka MIS 6 bila je brža u odnosu na deglacijaciju nakon LGM-a (Dendy et al., 2017), što je moglo uzrokovati brzu transgresiju na istraživanom prostoru. Naslage koje se mogu pripisati SU-4 dominantno zapunjavaju najdublje dijelove bazena odnosno kanal na dubini od oko 100 m koji prati podmorsku morfologiju otoka Cresa, što se uočava i na karti debljine sedimenata (Slika 120). Određena je maksimalna debljina sedimenata ove jedinice od 13,3 m (Slika 120).

MIS 6 naslage također su prepoznate na drugim lokacijama u Jadranskom moru. U srednjem Jadranu je u to vrijeme bio razvijen okoliš srednjeg do unutrašnjeg šelfa (Piva et al., 2008b; Maselli et al., 2010). Kopnene naslage MIS 6 starosti također su istaložene na prostoru obalne ravnice rijeke Po (Amorosi et al., 2004). Zanimljivo je da analizom brojnih siga s istočne obale Jadrana (Surić, 2006) nisu dobivene sige MIS 6 starosti. To je neobično s obzirom da je niska razina mora trebala pogodovati taloženju ovih morfoloških indikatora promjene morske razine. Podaci s prostora Lošinjskoga kanala potvrđuju da je relativna razina mora duž istočne obale Jadrana bila dovoljno niska za taloženje siga.

Opisane seizmičke jedinice (SU-6, SU-5, SU-4) ne mogu se korelirati s jezgrama sedimenata, te se opisana paleookolišna rekonstrukcija treba razmatrati s oprezom. Nadalje, reflektori opisanih jedinica nisu izraženi na svim profilima kao posljedica slabijeg prodiranja akustičkog signala dublje u potpovršinu što također otežava interpretaciju podataka.



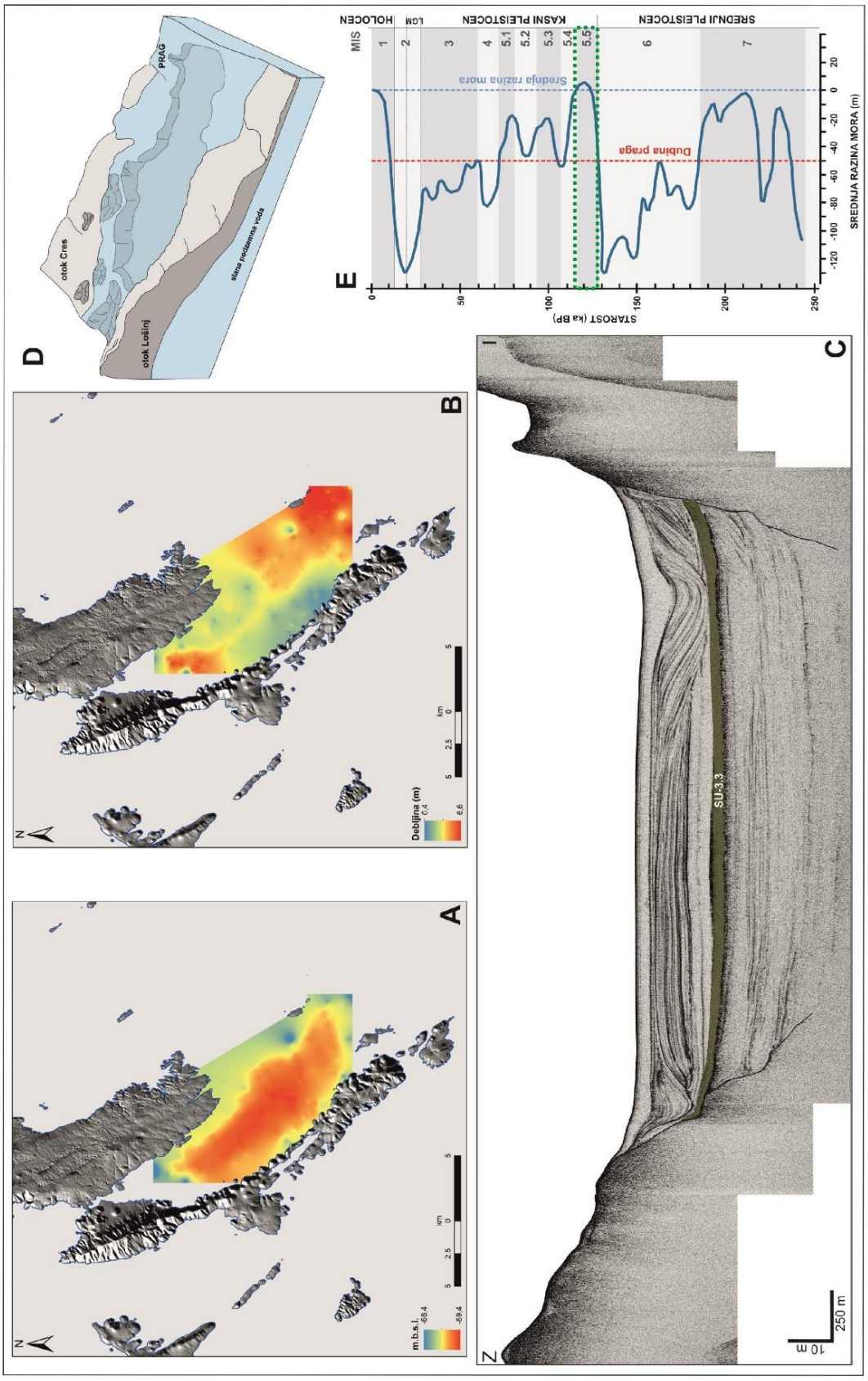
Slika 120: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-4, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-4, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

6.2.2 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 5)

Seizmičku jedinicu SU-3 moguće je podijeliti na 3 podjedinice: SU-3.3, SU-3.2 i SU-3.1. Akustička obilježja svih podjedinica ukazuju na taloženje u morskom okolišu (Slika 121-123). Pretpostavka je da je do taloženja sedimenata iz podjedinica SU-3.3, SU-3.2 i SU-3.1 došlo tijekom MIS 5 kada je razina mora bila viša od dubine praga (-50 m) (Slika 116, 117). Razmatrajući krivulju globalne promjene razine mora (Slika 121), MIS 5 se može podijeliti na 3 perioda visoke razine mora i 2 perioda niže razine mora (Shackleton et al., 2003; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). Prvi i najtopliji period (MIS 5.5) obilježen je visokom razinom mora, a uslijedila su dva hladnija intervala (MIS 5.4 i MIS 5.2), koji se izmjenjuju s toplim intervalima (MIS 5.3 i MIS 5.1). U literaturi se često mogu naći oprečni podaci o razini mora tijekom ovih podstadija (Chappell & Shackleton, 1986; Shackleton, 1987; Waelbroeck et al., 2002; Shackleton et al., 2003; Siddall et al., 2003; Masson-Delmotte et al., 2010; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014).

Taloženje morskih naslaga seizmičke podjedinice SU-3.3 vjerojatno je započelo tijekom MIS 5.5 (Slika 121). S obzirom da je tijekom MIS 5.5 razina mora bila viša od današnje (Lambeck et al., 2004; Siddall et al., 2006; Ferranti et al., 2006; Dutton & Lambeck, 2012), bio je moguć razvoj morskog okoliša na prostoru Lošinjskoga bazena. Taložni bazen na početku taloženja sedimenata iz SU-3.3 batimetrijski se uvelike razlikovao u odnosu na taložni prostor koji je postojao prilikom taloženja prethodne jedinice SU-4. Tijekom MIS 5.5 razvijen je izduženi bazen, pružanja SZ-JI, s najvećom dubinom od 89,4 m u odnosu na današnju razinu mora (Slika 121). Maksimalna debljina očuvanih naslaga jedinice SU-3.3 (6,6 m) određena je u jugoistočnom dijelu istraživanog područja, u blizini praga koji razdvaja današnji Lošinjski kanal od Kvarnerića.

Sedimenti i reljefne forme MIS 5.5 starosti na različitim lokacijama u svijetu nalaze se iznad ili ispod današnje razine mora, a podaci o položaju obalne linije tijekom ovog stadija učestalo se koriste i za odredbu vertikalnih pokreta tijekom zadnjih 125 000 godina (Lambeck et al., 2004; Ferranti et al., 2006; Antonioli et al., 2009). MIS 5.5 naslage prethodno su detaljno istraživane duž talijanske obale (Ferranti et al., 2006). Na prostoru sjevernog i sjeverozapadnog dijela Jadrana naslage MIS 5.5 starosti su određene su na dubinama između 37-125 m ispod potpovršine, kao posljedica snažnog tonjenja ovog prostora (Kent et al., 2002; Amorosi et al., 2004; Lambeck et al., 2004; Antonioli et al., 2009). U Srednjo-jadranskoj depresiji također su istaložene morske naslage MIS 5.5 starosti (Piva et al., 2008b). Međutim, MIS 5.5 indikatori promjene morske razine još nisu sa sigurnošću utvrđeni duž istočne obale Jadrana (Babić et al., 2012; Surić, 2006; Surić & Juračić, 2010), a pretpostavljeno je da morska razina tijekom MIS 5.5 na prostoru sjevernog dijela istočne obale Jadrana nikad nije dosegla današnju razinu (Benac & Juračić, 1998).



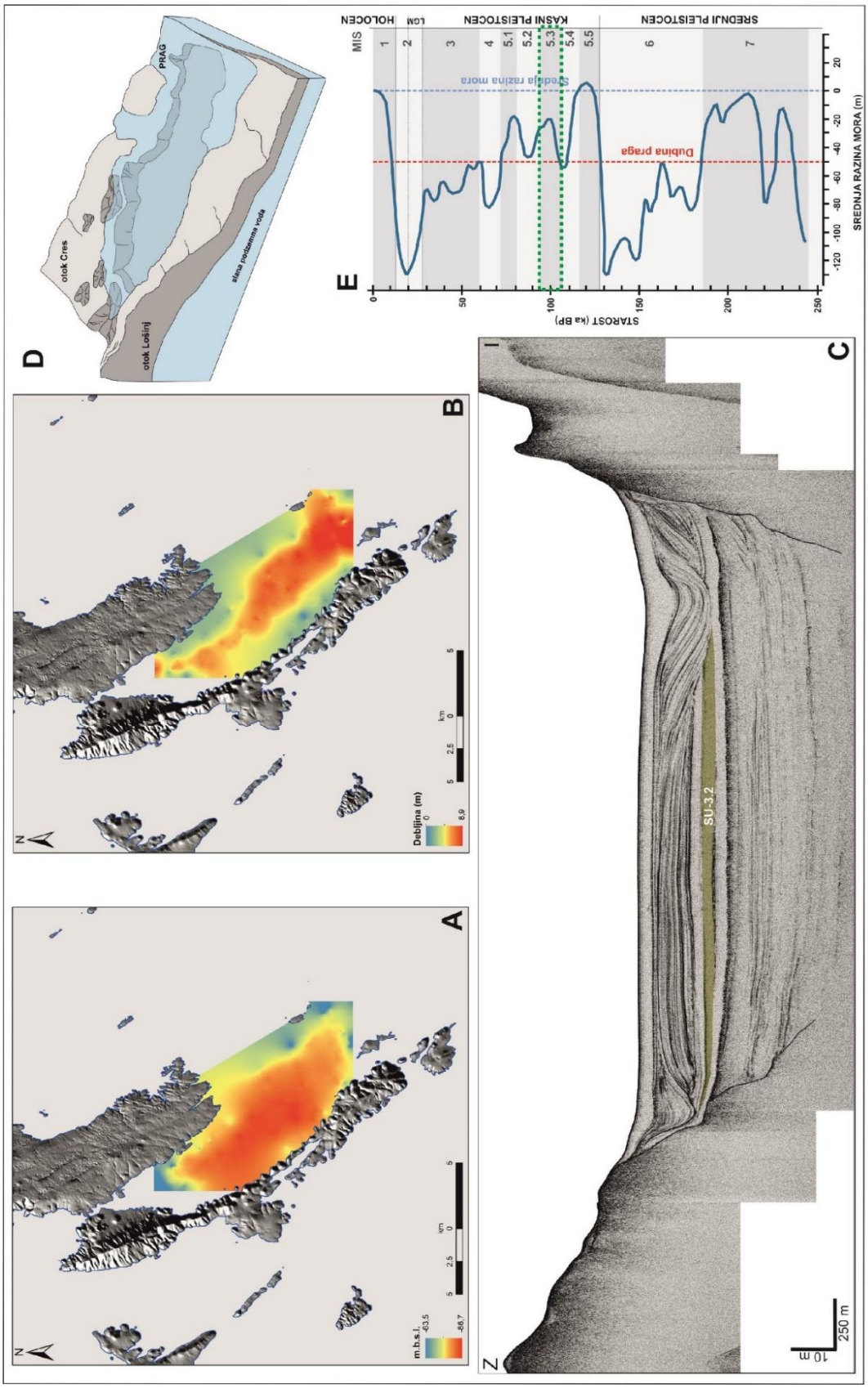
Slika 121: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-3.3, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-3.3, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata podjedinice (zeleni pravokutnik).

Moguće objašnjenje nenalaska MIS 5.5 naslaga do sada duž istočne obale Jadrana, na temelju analize geofizičkih profila s prostora Lošinjskoga kanala, je da se naslage MIS 5.5 starosti nalaze duboko u potpovršini „zarobljene“ u dubokim depresijama. Dok su MIS 5.5 naslage na prostoru talijanskog dijela sjevernog Jadrana duboko u potpovršini kao posljedica tonjenja (Kent et al., 2002; Amorosi et al., 2004; Ferranti et al., 2006; Antonioli et al., 2009), na istraživanom prostoru istočne obale njihova dubina u potpovršini je uvjetovana geomorfološkim obilježjima ovog dijela Jadrana. Ukoliko su MIS 5.5 naslage bile istaložene i na područjima koja su danas izložena kopnenim uvjetima ili uz samu obalu, tijekom kasnijih glacijalnih uvjeta niske razine mora mogle su biti erodirane i pretaložene.

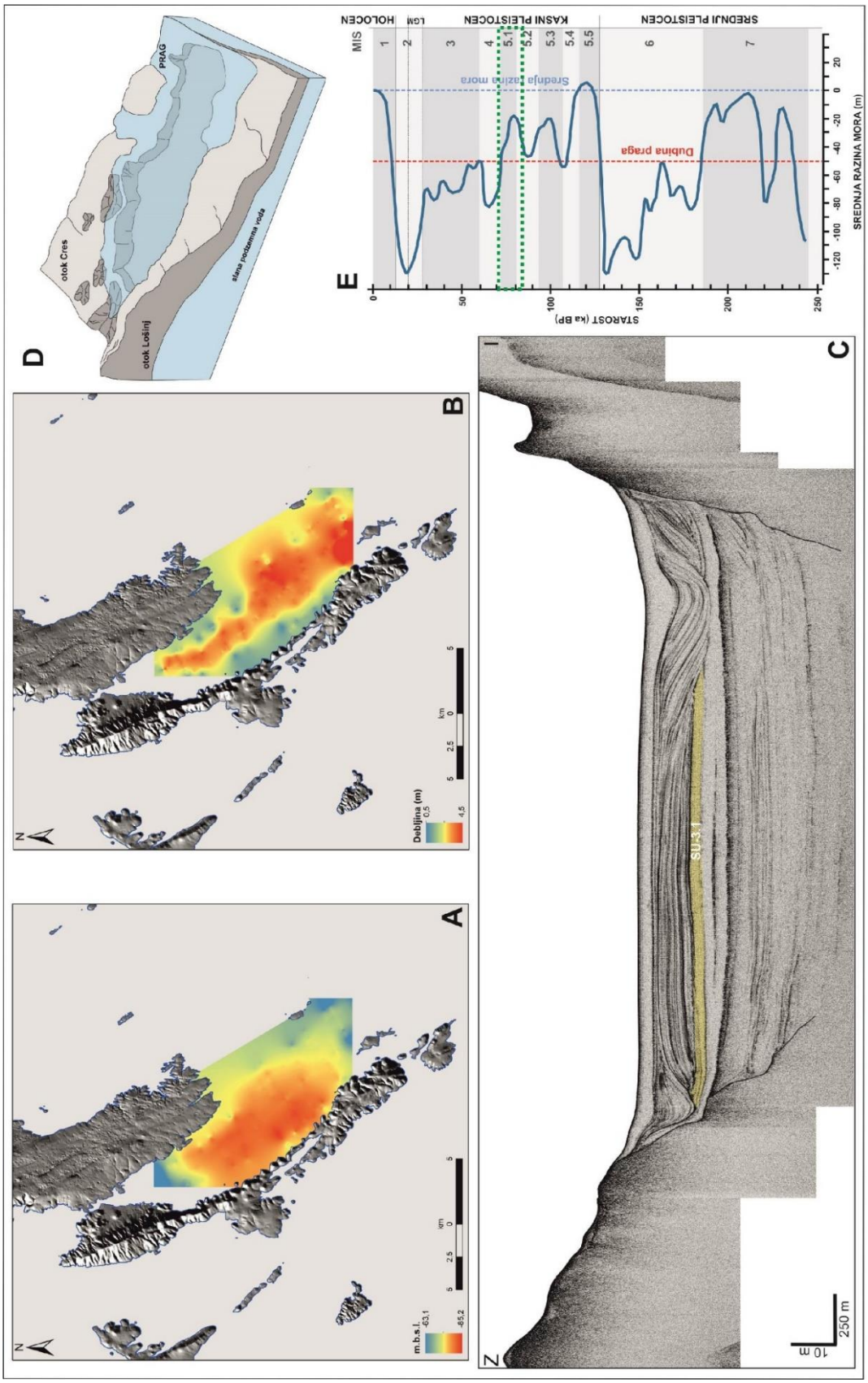
Sedimenti iz seizmičke podjedinice SU-3.2 istaloženi su u morskom okolišu vjerojatno tijekom MIS 5.3 kada je razina mora bila za oko 10-28 m niža od današnje (Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). Na početku taloženja podjedinice SU-3.2 dubina taložnog prostora se smanjila, te je maksimalna dubina bazena bila 86,7 m u odnosu na današnju razinu mora. Najveća debljina naslaga iz jedinice SU-3.2 od 8,9 m određena je u južnom dijelu istraživanog područja (Slika 122).

Nema puno podataka o MIS 5.3 naslagama na prostoru Jadrana. Lagunarne i močvarne naslage MIS 5.3 starosti prethodno su određene jedino u potpovršini ravnice rijeke Po (Amorosi et al., 2004), dok su morske naslage ove starosti pronađene u Srednjo-jadranskoj depresiji (Piva et al., 2008a,b).

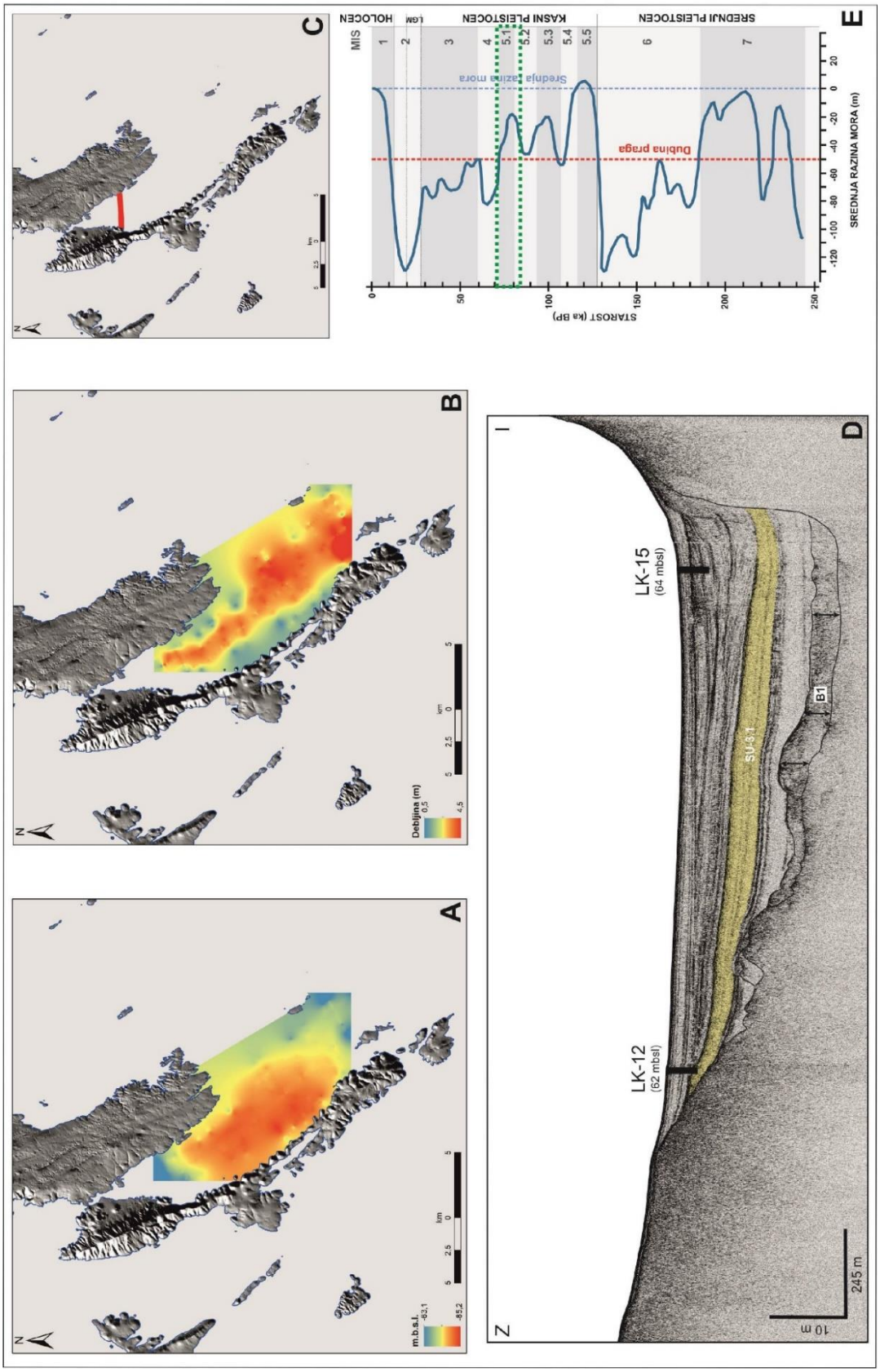
Moguće je da su morski sedimenti iz seizmičke podjedinice SU-3.1 istaloženi tijekom MIS 5.1 (Slika 123, 124). Naime, tijekom ovog podstadija razina mora je bila dovoljno visoka da Lošinjski bazen bude poplavljen i da se uspostave morski okolišni uvjeti. Smatra se da je razina mora tijekom MIS 5.1 bila niža od današnje za 15 do 20 m (Shackleton, 1987; Lambeck & Chapell, 2001; Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014), dok je istraživanjima na prostoru Mediterana pretpostavljeno da je prije oko 81 000 godina razina mora bila 1 m viša od današnje (Dorale et al., 2010). Nakon što su istaloženi sedimenti podjedinice SU-3.2 došlo je do promjene u izgledu taložnog bazena. Dubina bazena se smanjila s njegovim progresivnim zapunjavanjem i taloženjem naslaga. Maksimalna dubina bila je 85,2 m u odnosu na današnju razinu mora (Slika 123). Najveća debljina naslaga (4,5 m) iz podjedinice SU-3.1 određena je u jugozapadnom dijelu istraživanog područja uz otok Lošinj (Slika 123).



Slika 122: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-3.2, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-3.2, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata podjedinice (zeleni pravokutnik).

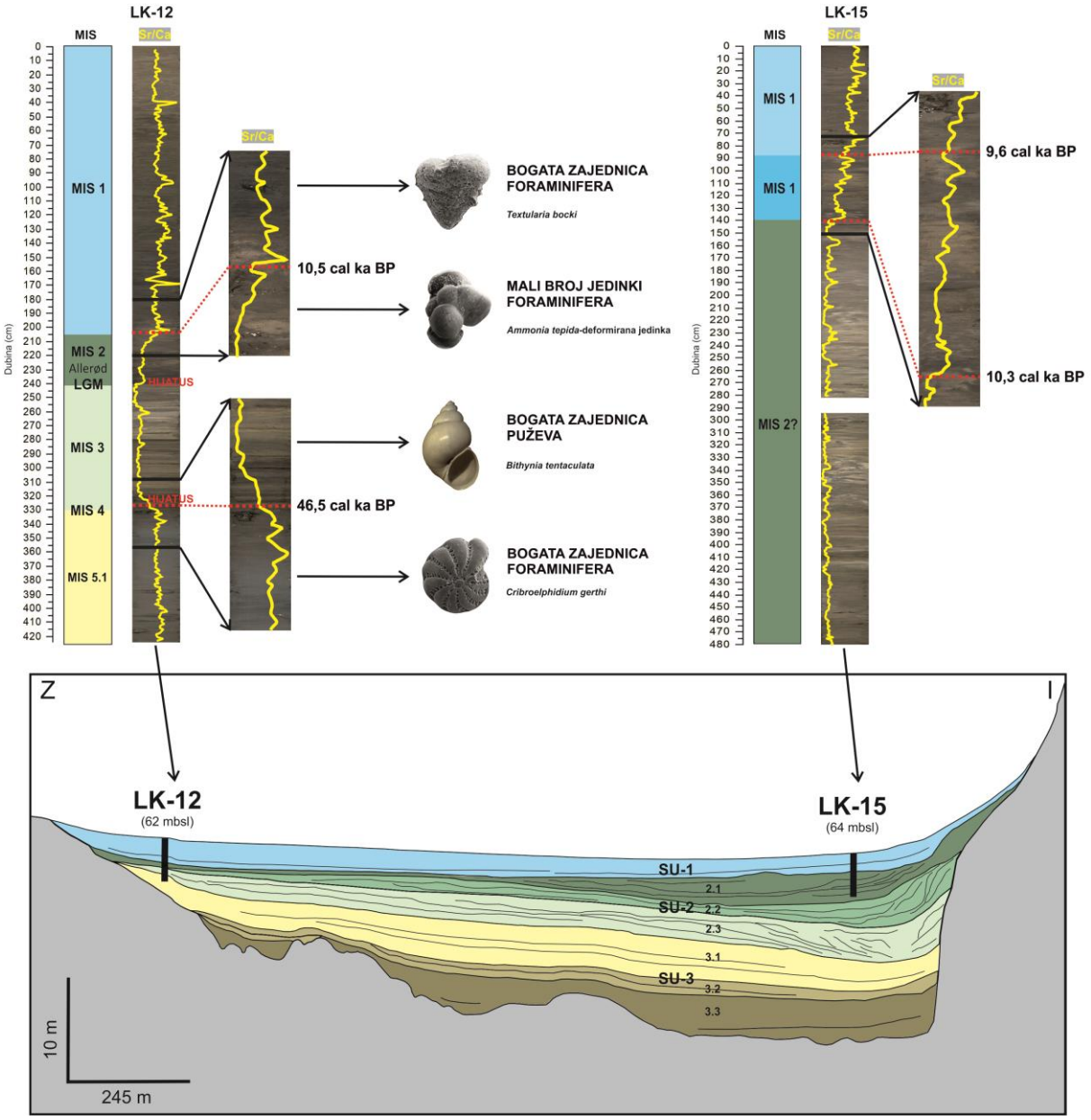


Slika 123: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-3.1, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-3.1, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata podjedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 124: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-3.1, B) karta debljine sedimenata, C) karta s označenom lokacijom profila, D) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-3.1 i označenim lokacijama bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

Korelacija geofizičkih podataka i podataka dobivenih analizom jezgre sedimenata LK-12 pokazala je da seizmička podjedinica SU-3.1 odgovara najdonjem dijelu jezgre LK-12, odnosno sedimentološkoj jedinici LU-12-4 (Slika 124, 125). Time je omogućena detaljnija interpretacija paleookolišnih uvjeta tijekom taloženja sedimenata iz ove seizmičke podjedinice.



Slika 125: Prikaz korelacije geofizičkih podataka i podataka dobivenih analizom jezgara sedimenata LK-12 i LK-15 s istaknutim osnovnim obilježjima svake jedinice.

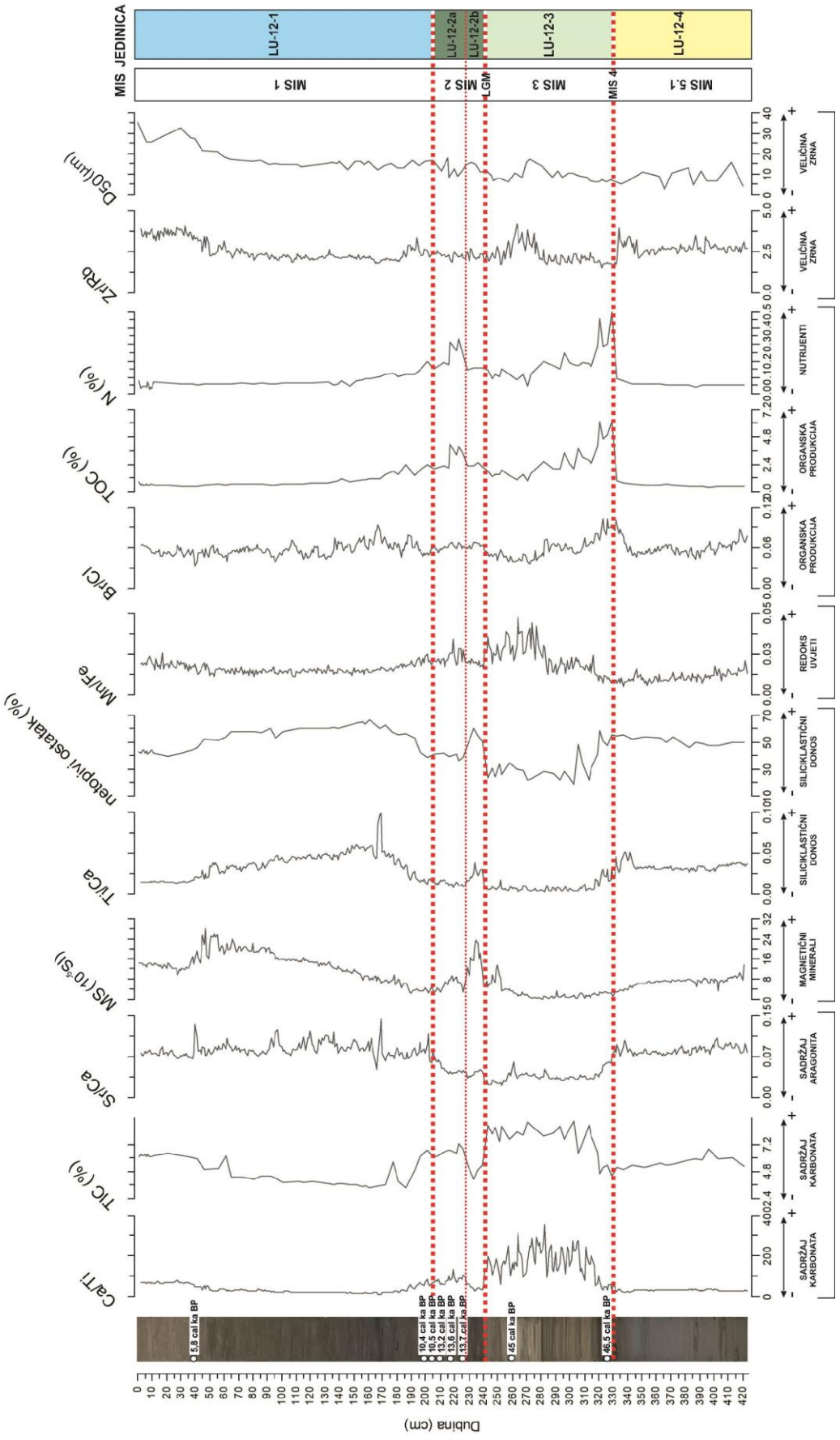
Datiranjem donjeg dijela naliježuće jedinice LU-12-3 iz jezgre sedimenata LK-12 dobivena je starost od 46 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti. Stoga se može zaključiti da su morski sedimenti iz sedimentološke jedinice LU-12-4, odnosno seizmičke podjedinice SU-3.1, istaloženi prije navedenog vremena. Analiza jezgre sedimenata potvrdila je rezultate geofizičkog istraživanja i ukazala je na vjerojatno taloženje sedimenata tijekom najmlađeg dijela MIS 5 (MIS 5.1).

Geokemijski podaci podijeljeni su na pokazatelje karbonatne produkcije/donosa (Ca/Ti, Ca (cps), TIC (%), $CaCO_3$ (%)), pokazatelje intruzije mora (Sr/Ca), pokazatelje terigenog donosa (Ti/Ca, Fe/Ca, Si/Ca, K/Ca, Ti (cps), Fe (cps), Si (cps), K (cps) i netopivi ostatak (%)), redoks pokazatelje (Mn/Fe), pokazatelje produktivnosti okoliša (Br/Cl, TOC (%), N (%)) i pokazatelje veličine zrna (Zr/Ti, Zr/Rb, D_{50}) (Slika 126).

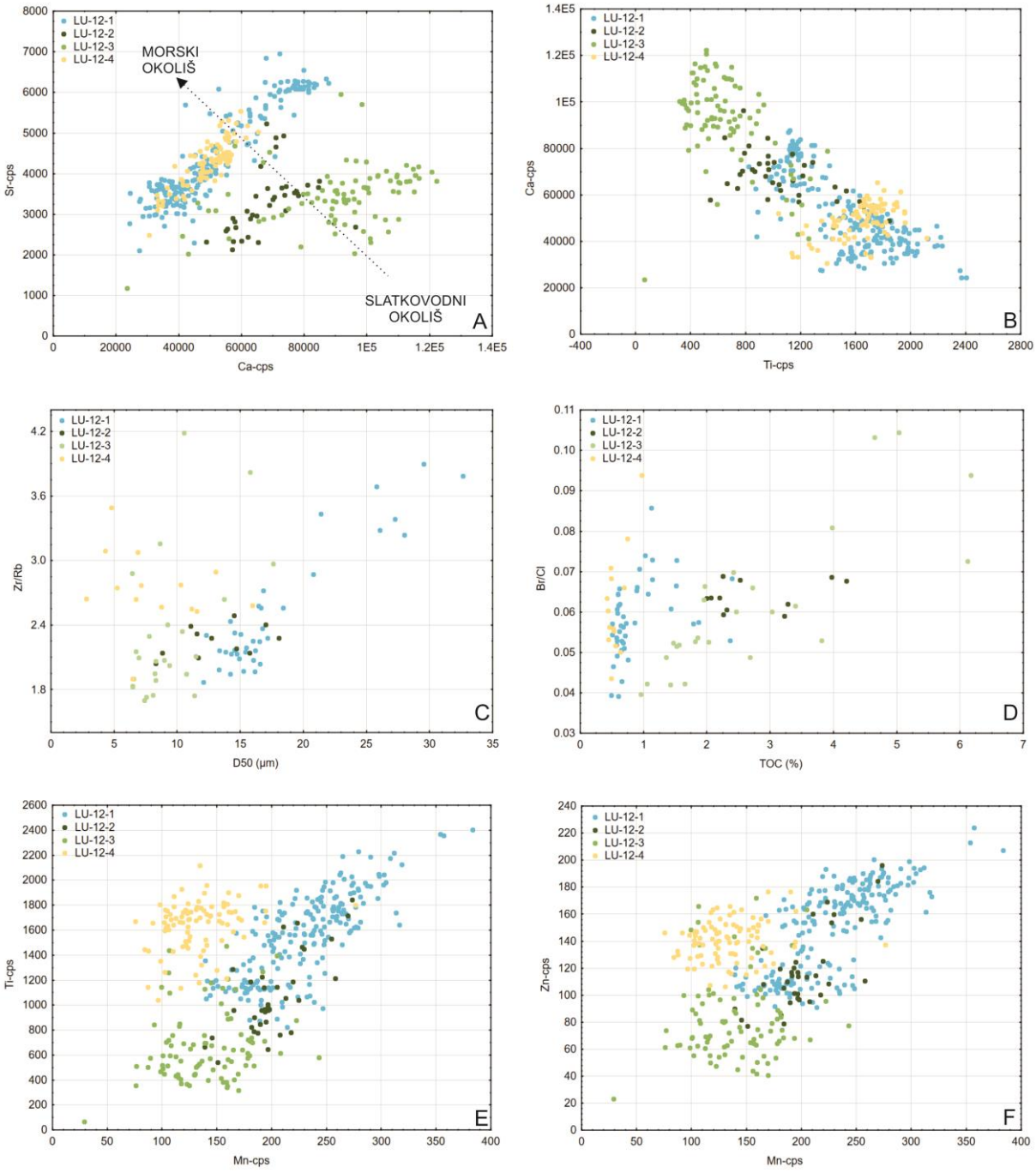
Jedno od najvažnijih obilježja sedimentološke jedinice LU-12-4 je visok omjer Sr/Ca koji se može koristiti kao pokazatelj uspostave morskih okolišnih uvjeta na prostoru Lošinjskoga kanala (Slika 125, 126). Prethodna istraživanja ukazala su na razlike u omjeru Sr/Ca u morskim i slatkovodnim okolišima (Dodd & Crisp, 1982; He & Xu, 2015). Viši omjer Sr/Ca prisutan je u morskoj vodi (He & Xu, 2015). Geokemija sedimenata bi također trebala odražavati ove varijacije, u ovisnosti o uspostavljenim okolišnim uvjetima. Nadalje, sklonost mnogih morskih organizama za lučenje kućica i ljuštura od aragonitnog materijala doprinosi povećanju omjera Sr/Ca u morskom okolišu, s obzirom da se visoke vrijednosti Sr/Ca omjera mogu objasniti dominatnim taloženjem aragonita u odnosu na kalcit (Croudace et al., 2006; Thompson et al., 2006). Filikci et al. (2017) također su koristili omjer Sr/Ca kao pokazatelj intruzije mora u istraživanju zaljeva Gemlik, koji je pragom odvojen od ostatka Mramornog mora i gdje je došlo do izmjene morske i jezerske sedimentacije s promjenama razine mora. U istraživanju koje je proveo Hasan (2017) na prostoru Novigradskoga i Karinskoga mora ovaj omjer se pokazao izvrsnim pokazateljem morske sedimentacije.

Sedimenti jedinice LU-12-4 obilježeni su niskim udjelom karbonata, na što upućuju niski TIC (5-6,77%) i $CaCO_3$ (41,61-56,43%), te niži omjer Ca/Ti i Ca (cps) (Bassetti et al., 2016) (Slika 126). Mogući izvor karbonata u morskim sedimentima su uobičajeno ostaci karbonatnih skeleta organizama, te donos karbonatnog materijala s kopna (Pikelj, 2010). Karbonatna komponenta sedimenta u jedinici LU-12-4 vjerojatno je biogenog porijekla, s obzirom na negativnu korelaciju s drugim pokazateljima terigenog donosa (Slika 127). Fluks anorganskog ugljika u ovoj jedinici je visok i iznosi između 37,35-47,02 g/m^2god. Ovo je dokaz „razrijeđenja“ karbonatne komponente donosom terigenog siliciklastičnog materijala.

Indikatori donosa materijala s kopna (npr., Ti/Ca, Fe/Ca, Si/Ca, K/Ca, te Ti (cps), Fe (cps), Si (cps) i K (cps)) (Bahr et al., 2005; Blanchet et al., 2013; Croudace & Rothwell, 2015) ukazuju na povećan donos siliciklastičnog materijala u Lošinjski bazen tijekom MIS 5.1 (Slika 126, 127). S obzirom da se svi pokazatelji terigenog donosa ponašaju slično uzduž jezgre, u daljnjem tekstu jedino je omjer Ti/Ca korišten kao indikator promjena u donosu siliciklastične komponente s obzirom da je Ti neosjetljiv na redoks procese (Croudace et al., 2006; Chawchai et al., 2015).



Slika 126: Distribucija odabranih geokemijskih i sedimentoloških pokazatelja u jezgri sedimenata LK-12.

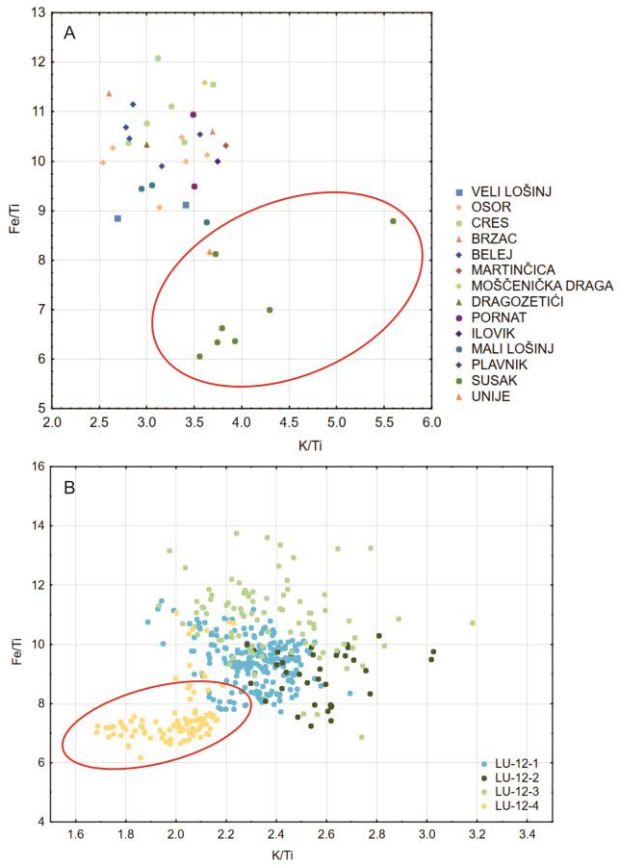


Slika 127: Dijagrami raspršenja u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-12: A) Sr-Ca, B) Ca-Ti, C) Zr/Rb-D_{50}, D) Br/Cl-TOC, E) Ti-Mn, F) Zn-Mn.

Povećani donos materijala s kopna dokazan je i višim magnetskim susceptibilitetom u sedimentima iz jedinice LU-12-4 (do 28,3 x 10^{-5} SI), te povećanim udjelom netopivog ostatka (46-55%) koji je mjera siliciklastične komponente sedimenata. Određen je fluks netopivog ostatka tijekom MIS 5.1 u rasponu od 324,09-434,56 g/m^2god. U mineralnom sastavu dominira kvarc koji je također indikator terigenog porijekla sedimenta. Može se zaključiti da je donos materijala s kopna imao dominantan utjecaj na sedimentaciju na prostoru Lošinjskoga kanala tijekom MIS 5.1 marinske faze,

moguće kao posljedica povećane količine oborina i općenito vlažnije klime na istraživanom prostoru i stoga snažnije erozije materijala s otoka Cresa i Lošinja.

Na porijeklo siliciklastičnog materijala upućuje mineraloški i geokemijski sastav sedimenata. Usporedba rezultata geokemijskih analiza jezgre sedimenata LK-12 i tala s prostora okolnih otoka iz baze podataka Geokemijskog atlasa Republike Hrvatske (Halamić et al., 2009) ukazuju da bi porijeklo dijela terigenog materijala istaloženog u ovoj jedinici mogle biti naslage lesa (Slika 128). Nizak omjer K/Ti u sedimentima ove jedinice u usporedbi s gornjim jedinicama jezgre mogao bi biti indikator lesne provenijencije. To odgovara nižem omjeru K/Ti u analiziranim tlima lesnog sastava (Slika 128). Česta je primjena omjera K/Ti u istraživanjima porijekla kopnenog materijala (Richter et al., 2006; Piva et al., 2008). Moguće je da su kopneni prostor otoka Cresa i Lošinja tijekom MIS 5.1 prekrivale naslage lesa koje su erozijskim djelovanjem pretaložene u Lošinjski kanal i čine važnu komponentu sedimenta jedinice LU-12-4. Ilijanić (2014) je u istraživanju Vranskog jezera na otoku Cresu utvrdila postojanje lesolikog materijala u sedimentima jezera koji su dominantno izgrađeni od dolomita, kalcita i kvarca, što odgovara mineralnom sastavu MIS 5.1 sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala. Analiza minerala glina (smektit, klorit, ilit i kaolinit) također ide u prilog ovoj pretpostavci.



Slika 128: Dijagram raspršenja Fe/Ti-K/Ti u uzorcima iz A) geokemijske karte (Halamić et al., 2009) i B) u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-12. Na slici A crvenom elipsom zaokruženi su uzorci lesa iz geokemijske karte, dok su na slici B crvenom elipsom označeni uzorci iz jednice LU-12-4.

Sedimente iz jedinice LU-12-4 dominantno gradi siltozni materijal (64,3-83,4%), a značajniji je i udio čestica veličine glina (12,8-35,7%) u odnosu na gornje jedinice. Geokemijski indikatori veličine čestica (Zr/Ti i Zr/Rb) imaju ujednačenu distribuciju u jedinici LU-12-4, s blagim povećanjem u gornjem dijelu jedinice. Zr je uglavnom prisutan u krupnijoj frakciji, a Rb u glinama što omogućuje upotrebu navedenih omjera kao indikatora promjena u veličini čestica (Croudace & Rothwell, 2015). Međutim, slaba korelacija srednje veličine čestica (D_{50}) u sedimentima iz jedinice LU-12-4 i navedenih omjera potencijalno ukazuje na nemogućnost upotrebe omjera Zr/Ti i Zr/Rb kao indikatora veličine čestica u ovoj jedinici jezgre. Ovo je moguće i posljedica znatno manjeg broja analiziranih uzoraka metodom laserske difrakcije. Međutim, postoji dobra korelacija Zr/Rb i D_{50} u sedimentima iz gornjih jedinica jezgre LK-12 (Slika 127).

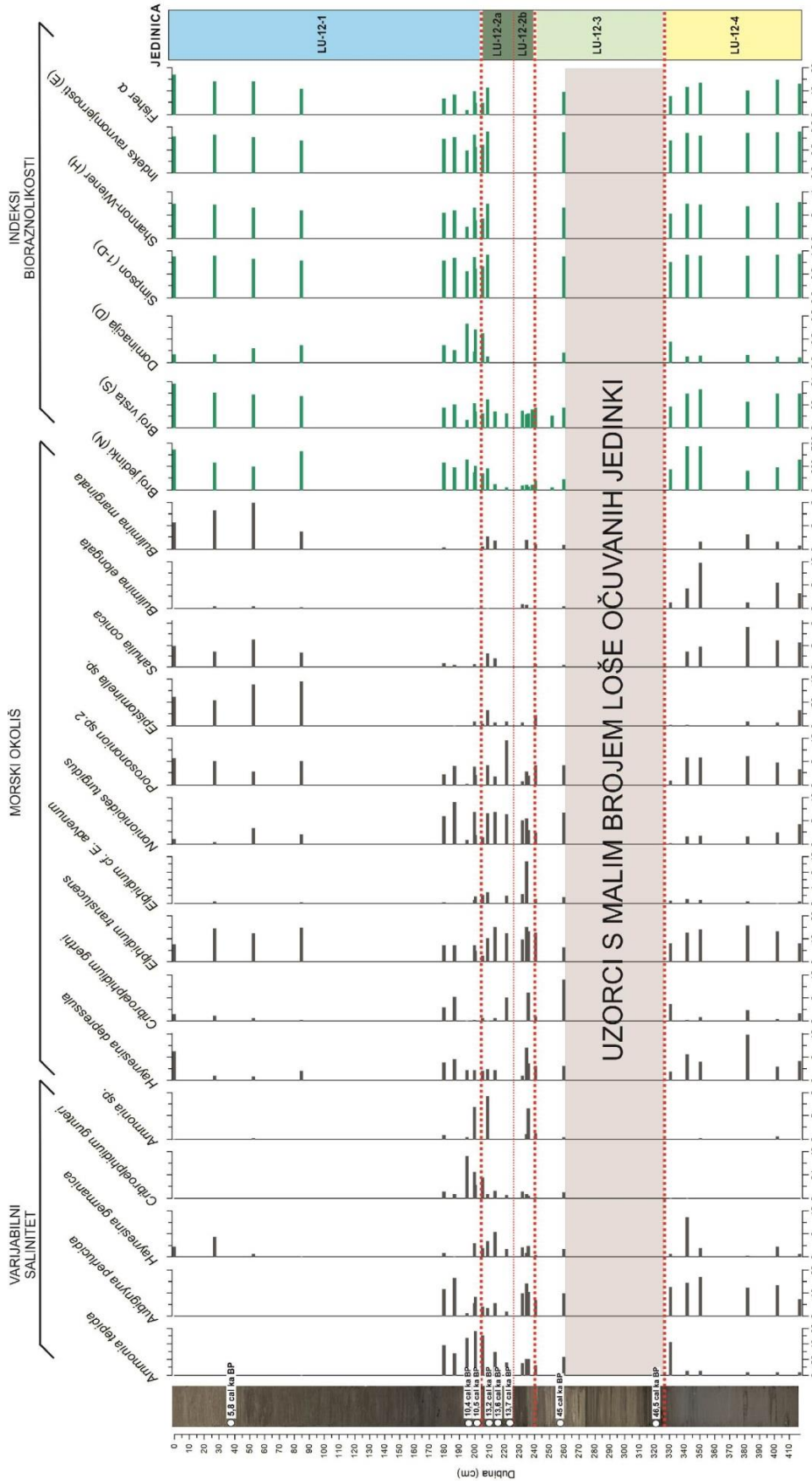
Omjer Mn/Fe učestalo se koristi kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu (Haenssler et al., 2014; Croudace & Rothwell, 2015). Međutim, Tribovillard et al. (2006) su naglasili da je Mn veoma mobilan ukoliko su uspostavljeni reduktivni uvjeti u sedimentu, te da ima ograničenu vrijednost kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu. Može doći do recikliranja Mn u vodeni stupac i pri tome mu je primarna funkcija vezivanje elemenata u tragovima, koji su prisutni u vodi, u sediment. Jouve et al. (2013) također su ukazali na nepouzdanost omjera Mn/Fe kao indikatora redoks uvjeta. Međutim, niski omjer u sedimentima iz jedinice LU-12-4 vjerojatno je indikator smanjene količine kisika u okolišu tijekom taloženja sedimenata. Omjer Mn/Fe u sedimentima iz ove jedinice se može koristiti kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu zbog slabe korelacije Mn i terigenih elemenata (npr., Ti) i Mn i elemenata u tragovima (npr., Zn) (Slika 127). Stoga je pretpostavka da se taloženje MIS 5.1 morskih naslaga odvijalo u plitkomorskom okolišu s ograničenom cirkulacijom kao posljedica postojanja praga u jugoistočnom dijelu bazena. Stratifikacija vodenog stupca česta je u bazenima s pragom (npr. Crno more) (Major et al., 2002; Aksu et al., 2002).

Izrazito niski TOC (0,42-0,97%) i N (0,04-0,09%) upućuju na nisku produktivnost u morskom okolišu, odnosno na manjak nutrijenata što je onemogućilo značajniju akumulaciju organske tvari unatoč postojanju povoljnih redoks uvjeta (Slika 126). Slični udjeli navedenih kemijskih komponenata također su određeni u površinskim uzorcima i jezgrama sedimenata izbušenim duž zapadne obale Jadranskoga mora (Oldfield et al., 2003; Giani et al., 2009; Tesi et al., 2013; Lopes-Rocha et al., 2017). U analiziranim uzorcima iz jedinice LU-12-4 određen fluks TOC-a je u rasponu između 2,9-5,84 g/m^{2}god, dok se N akumulirao brzinom između 0,29-0,6 g/m^{2}god. Tesi et al. (2013) su odredili fluks TOC-a duž zapadne obale Jadrana. Dobivene vrijednosti su u rasponu od oko 0-30 g/m^{2}god, s maksimumom u ušću rijeke Po u Jadran. Vrijednosti fluksa u odobalnom području zapadne obale Jadrana (muljni pojas) (Tesi et al., 2013) slične su vrijednostima fluksa u uzorcima iz jedinice LU-12-4. Giani et al. (2001) su utvrdili da je fluks TOC-a i N u odobalnom prostoru sjevernog Jadrana za oko

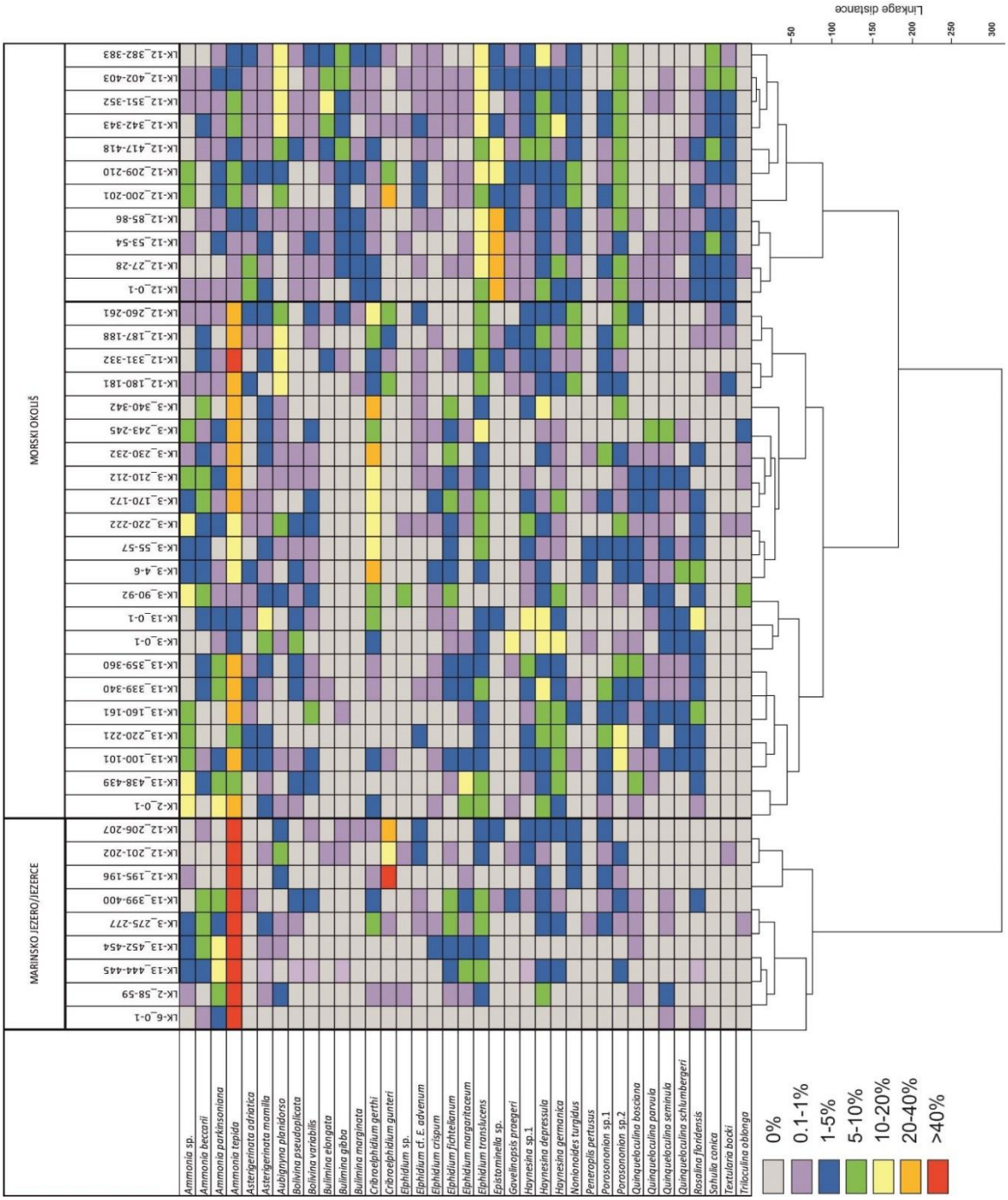
80% manji u odnosu na fluks u obalnom području. Uobičajeno se povećani fluks TOC-a terigenog porijekla, koji dovodi do anoksije, manifestira kao sapropelni sloj u jezgrama sedimenata (Mercone et al., 2000; Reed et al., 2011; Siani et al., 2001). Izračun udjela i fluksa TOC-a izuzetno je bitan za razmatranje potencijala za skladištenje atmosferskog CO_2, te kao izvora hrane za bentičke organizme (Svensen et al., 2008).

Korelacija udjela TOC-a i omjera Br/Cl (Slika 127) omogućuje primjenu omjera Br/Cl, dobivenog μXRF skenerom jezgara, kao indikatora povećane produkcije organske tvari u sedimentima s prostora Lošinjskoga kanala. Ovaj omjer je također korišten kao indikator povećane produkcije organske tvari u jezgrama sedimenata s prostora Istočnog Mediterana (Thomson et al., 2006). Na izvor očuvane organske tvari ukazuje C/N omjer (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Omjer C/N u jedinici LU-12-4 je u rasponu od 7,95-13,57 što znači da algalna organska tvar dominira u istaloženim sedimentima, s povremenim izraženijim donosom organskog materijala s kopna.

Bogata i raznolika zajednica foraminifera i brojni ostaci skeleta mekušaca podupiru geofizičku i geokemijsku interpretaciju razvoja morskog okoliša na prostoru Lošinjskoga bazena u kršu tijekom MIS 5.1. Dominantne vrste u analiziranim uzorcima iz ove jedinice su *A. perlucida*, *E. translucens* i *A. tepida* (Slika 129). Navedene vrste uobičajeno nastanjuju plitkomorske ili bočate obalne okoliše (lagune, estuarije, slane močvare) (Jorissen, 1988; Debenay, 1990; Almogi-Labin et al., 1992; Murray et al., 2000; Debenay & Guillou, 2002; Murray, 2006; Frontalini et al., 2011a). Također su u pojedinim uzorcima značajnije zastupljene vrste rodova *Bulimina* i *Haynesina*. Jedinke roda *Bulimina* prisutne su u okolišima nešto veće dubine (do 50 m), te smanjene količine kisika (Cimerman et al., 1988; preuzeto iz Vaniček et al., 2000). Vrste roda *Haynesina* izuzetno su tolerantne na okolišni stres, te nastanjuju bočate okoliše i šelfna područja (Murray, 1991). Vidović (2010) je utvrdila prisutnost ovog roda u plitkomorskim okolišima duž istočne obale Jadrana. Svi analizirani uzorci iz jedinice LU-12-4 imaju vrijednosti Fisher α indeksa >5, implicirajući uspostavu morskog okoliša normalnog saliniteta (Slika 129). Nadalje, uzorci ove jedinice grupirani su u isti klaster (Slika 130) s uzorcima iz jedinice LU-12-1, za koje se zna da pripadaju morskom okolišu niske produkcije. Iz svega navedenog može se zaključiti da zajednica foraminifera također ukazuje na uspostavu morskog, kisikom siromašnog okoliša, tijekom MIS 5.1 na prostoru Lošinjskoga kanala. Prepoznati mekušci (*Cerastoderma* sp., *Turritella* sp., *Cerithium* sp.) u sedimentima iz jedinice LU-12-4, tipični su za plitkomorske obalne okoliše.



Slika 129: Grafički prikaz distribucije najzastupljenijih vrsta foraminifera u uzorcima iz jezgre sedimenata LK-12 i indeksa bioraznolikosti.



Slika 130: Rezultati klaster analize (Wardova metda i Euklidove udaljenosti) zajednice foraminifera iz svih jezgara s prostora Lošinjskoga kanala. U obzir su uzete samo jedinke kojih je barem u jednom uzorku bilo >1%.

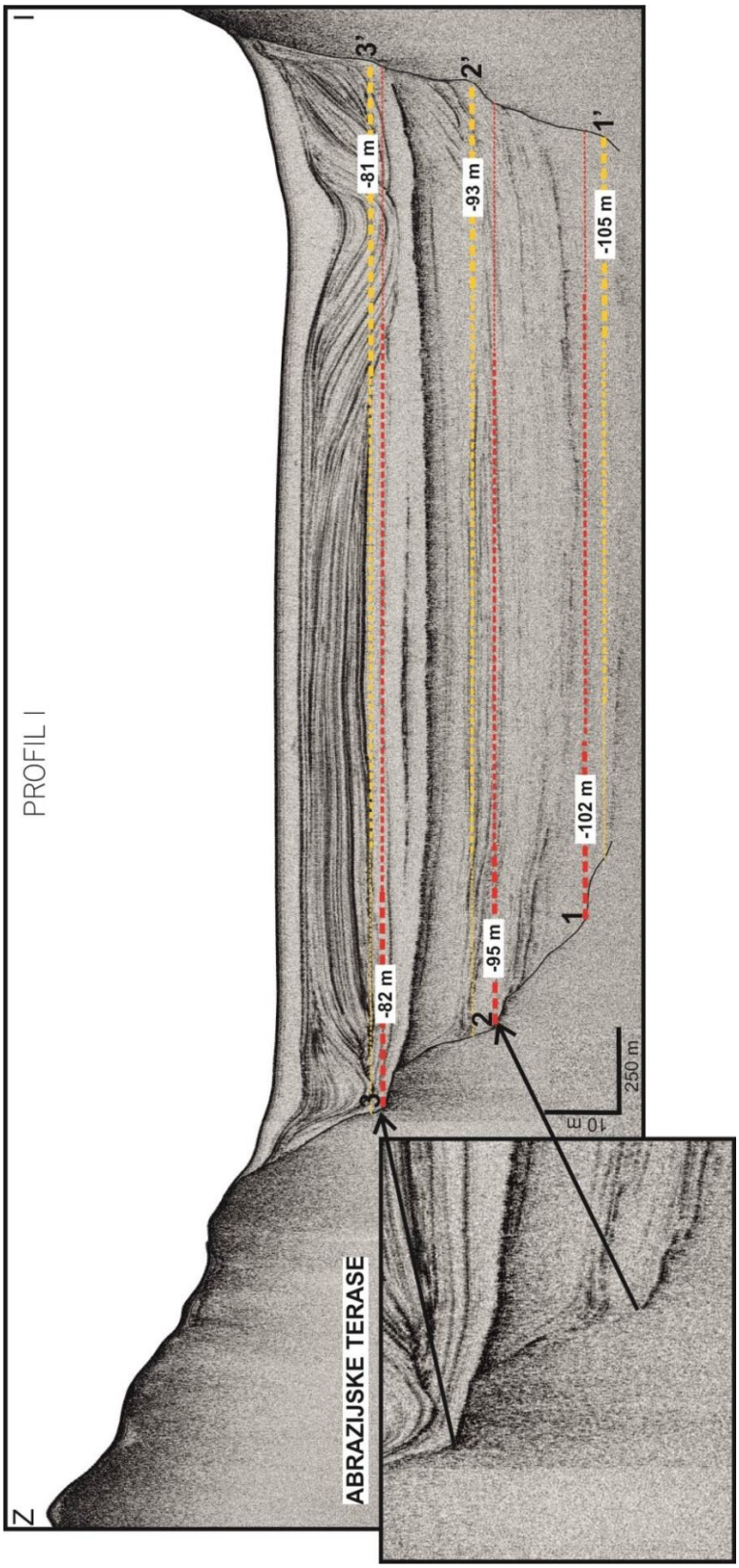
Rezultati palinološke analize ukazali su na prijelaz iz suptropske klime u znatno hladnije klimatske uvjete u vrijeme taloženja sedimenata iz jedinice LU-12-4. U uzorku sa samog dna jezgre sedimenata LK-12 determinirana su brojna peludna zrna bora i listopadnog drveća, uz značajan udio marinskih dinocista (*Polysphaeridium* sp.). Dinocista *Polysphaeridium* sp. obitava u suptropskim-tropskim, marinskim, obalnim područjima normalnog-povećanog saliniteta s višim temperaturama. Posebice je učestala u područjima s ljetnim temperaturama > 29,1°C, zimskim >19,1°C, te u okolišima

s malo fosfata i nitrata (Zonneveld et al., 2013). Moguće je zaključiti da su sedimenti iz ove jedinice istaloženi tijekom interglacijala, što dodatno potvrđuje pretpostavku da su naslage iz sedimentološke jedinice LU-12-4 MIS 5.1 starosti. Palinološka analiza mlađih naslaga iz jedinice LU-12-4 pokazala je promjenu flore na istraživanom prostoru. Pronađen je pelud pelina *Artemisia* sp. i trava, koji su indikatori zahlađenja i smanjenja vlage tijekom interglacijala, kao i pelud bora i zelena alga *Botryococcus* sp. Važno je istaknuti da rezultati palinoloških analiza također potvrđuju geokemijske rezultate i postojanje anoksičnog okoliša tijekom MIS 5.1.

Do sada su na prostoru Jadrana pronađene naslage MIS 5.1 starosti u potpovršini delte rijeke Po (Amorosi et al., 2004), a tijekom ovog stadija nastavljena je i morska sedimentacija u Srednjo-jadranskoj depresiji (Piva et al., 2008a,b). Međutim, duž istočne obale Jadrana (otok Susak) istraživana su paleotla nastala tijekom MIS 5.1 (Wacha et al., 2011b; Durn et al., 2017). Taloženje siga se također odvijalo tijekom MIS 5.1, te su provedena istraživanja na prostoru Kvarnera ukazala da razina mora nije bila više od 20 m niža u odnosu na današnju tijekom MIS 5.1 (Surić et al., 2009; Surić & Juračić, 2010). Navedeno se podudara s rezultatima ove disertacije i ukazuje na relativno visoku razinu mora tijekom ovog stadija.

Surić et al. (2009; 2014) istaknuli su moguću tektonsku aktivnost (izdizanje) na prostoru Kvarnera od MIS 5. To je moglo utjecati na dubinu praga koji razdvaja Lošinjski kanal od Kvarnerića, što može imati utjecaj na interpretaciju vremena razvoja prethodno opisanog morskog okoliša. Ukoliko uzmemo u razmatranje stupanj izdizanja od 0,15-0,25 mm/god (Surić et al., 2014), možemo pretpostaviti dubinu Lošinjskoga praga tijekom MIS 5.1 u rasponu od -61 do -68 m ispod današnje razine mora. Na seizmičkim profilima visoke rezolucije također su prepoznate abrazijske terase uz otok Lošinj na dubinama od -82, -95 i -102 m ispod današnje razine mora, te istovremene abrazijske terase uz otok Cres na dubinama od -81 m, -93 m i -105 m ispod današnje razine mora (Slika 131). Abrazijske terase ukazuju na više faza razvoja jezerskog okoliša tijekom kvartara na prostoru Lošinjskoga kanala. Nemoguće je odrediti starost abrazijskih terasa, međutim one su zasigurno starije od sedimenta koji ih zapunjava, odnosno formirane su prije MIS 5. Razlika u dubinama abrazijskih terasa s istočne i zapadne strane Lošinjskoga kanala može se objasniti jedino kao posljedica različitih tektonskih utjecaja tijekom kvartara na istraživanom prostoru. Međutim, zanimljivo je da je došlo do promjene u spuštanju i izdizanju tektonskih blokova. Naime, najdonja terasa uz otok Lošinj nalazi se na manjoj dubini od najdonje terase uz otok Cres, dok se dvije gornje terase uz otok Lošinj nalaze na većoj dubini u odnosu na terase uz otok Cres (Slika 131). Potrebno je provesti daljnja istraživanja tektonskih pomaka na prostoru Kvarnera kako bi se u potpunosti razumijele moguće varijacije u dubini praga koji ima ključan utjecaj na poplavljivanje ili izolaciju Lošinjskoga kanala tijekom kvartara.

Pri tome se ne smije zanemariti niti utjecaj glacio-hidro-izostatske prilagodbe, iako je ova korekcija moguća jedino za najmlađi dio kvartara (Lambeck et al., 2011).



Slika 131: Abrazijske terase uz otoke Lošinj i Cres na različitim dubinama u potpovršini. Postoji razlika u dubinama istovremenih abrazijskih terasa što ukazuje na tektonsku aktivnost.

6.2.3 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 4)

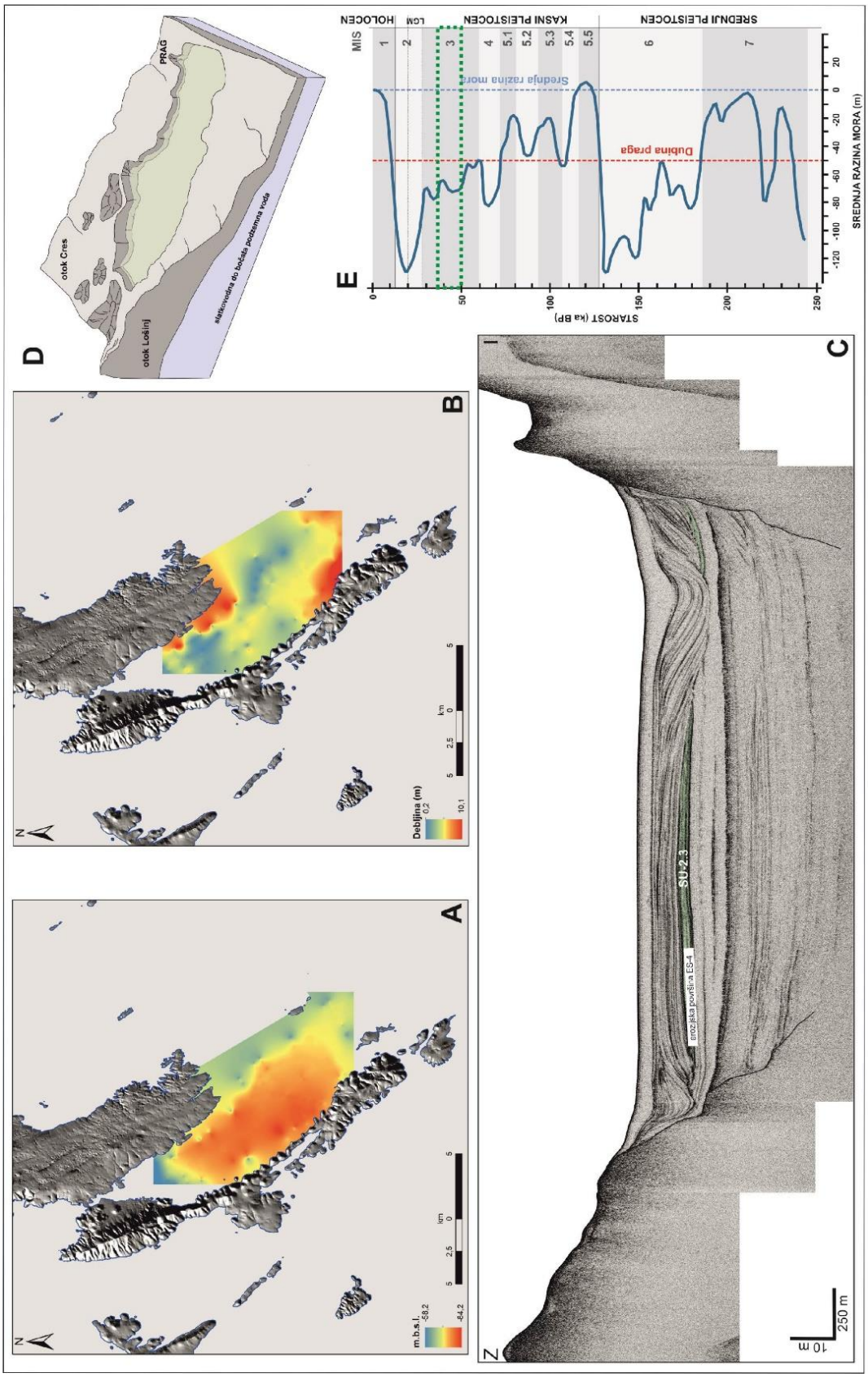
Erozijska površina (ES-4) prepoznata je na seizmičkim profilima s prostora Lošinjskoga bazena na dubini od oko 84 m ispod današnje razine mora (Slika 132, 133). Snažan reflektor koji razdvaja jedinice SU-3 i SU-2 vjerojatno se može povezati s paleookolišnim razvojem Lošinjskoga bazena tijekom MIS 4 perioda niske razine mora. Tijekom ovog stadija, razina mora bila je oko 80-90 m niža od današnje (Siddall et al., 2008), što je potencijalno omogućilo razvoj kopnenog okoliša na istraživanom prostoru, slično kao i tijekom MIS 6 perioda niske razine mora (Slika 116, 117). U jezgri sedimenata LK-12 erozijska površina ES-4 prepoznata je kao veoma oštra granica između ne-laminiranih i laminiranih sedimenata iz sedimentoloških jedinica LU-12-4 i LU-12-3. Bez preciznije kronologije jezgre sedimenata LK-12 ne možemo biti sigurni u postojanje prekida u taloženju tijekom MIS 4. Međutim, velika je vjerojatnost da je tijekom ovog stadija na prostoru Lošinjskoga bazena postojalo krško polje.

6.2.4 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (MIS 3)

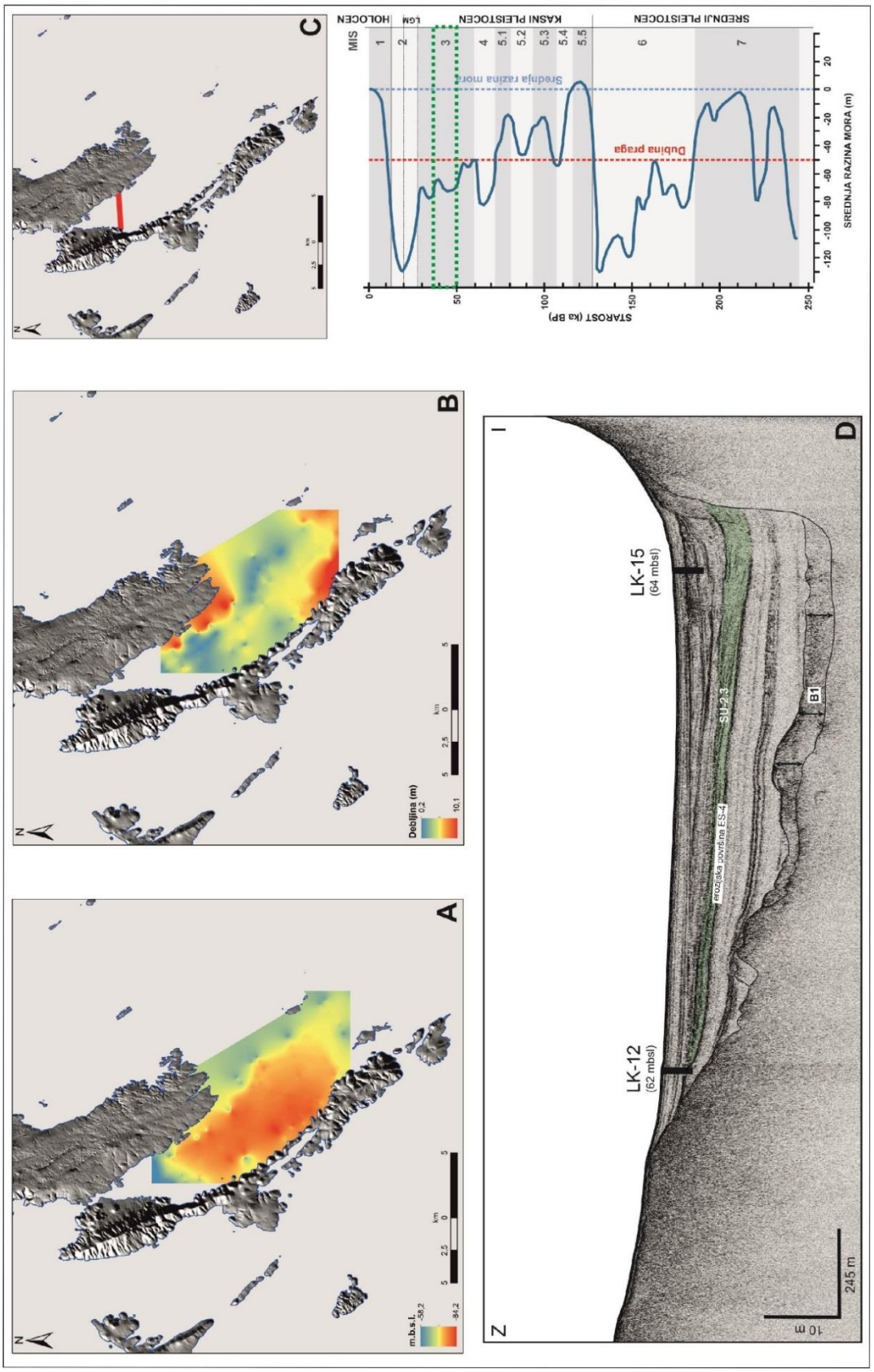
Seizmički podaci (jedinica SU-2) daju jasne dokaze o značajnoj paleookolišnoj promjeni nakon MIS 4 (Slika 125). Seizmička jedinica SU-2 podijeljena je na tri podjedinice (SU-2.3, SU-2.2 i SU-2.1), čija akustička obilježja, odnosno sub-paralelni refleksi, upućuju na postojanje jezerskog okoliša. Vjerojatno je da su sedimenti iz ove jedinice istaloženi tijekom zadnjeg glacijalnog ciklusa (MIS 3 i MIS 2) (Slika 116, 117).

Smatra se da je razina mora početkom MIS 3 bila oko 60 m niža u odnosu na današnju (Lambeck & Chappell, 2001; Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2003; Siddall et al., 2008; Rohling et al., 2008), sa značajnim stoljetnim i tisućljetnim varijacijama (Siddall et al., 2008; Rasmussen et al., 2014). Navedeno ukazuje da je početkom ovog stadija razina mora bila dovoljno niska da uzrokuje izolaciju Lošinjskoga bazena, no i dovoljno visoka da uzrokuje visoku razinu podzemne vode i intruziju morske vode kroz krš. To je omogućilo nastanak paleojezera na istraživanom prostoru, te taloženje sedimenata iz seizmičke podjedinice SU-2.3 (Slika 132, 133).

Taložni bazen na početku taloženja sedimenata jedinice SU-2.3 nije se značajnije promjenio u odnosu na MIS 5, iako je došlo do njegovog oplićavanja (maksimalna dubina od 84 m u odnosu na današnju razinu mora). Najveća debljina naslaga (10 m) je određena uz otoke Cres i Lošinj (Slika 132). Sedimenti podjedinice SU-2.3 nisu izbušeni u jezgri sedimenata LK-12, kao posljedica morfologije bazena ili pak naknadne erozije (Slika 133), te je stoga samo za pretpostaviti da pripadaju jezerskoj sedimentaciji s početka MIS 3.



Slika 132: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.3, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.3, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



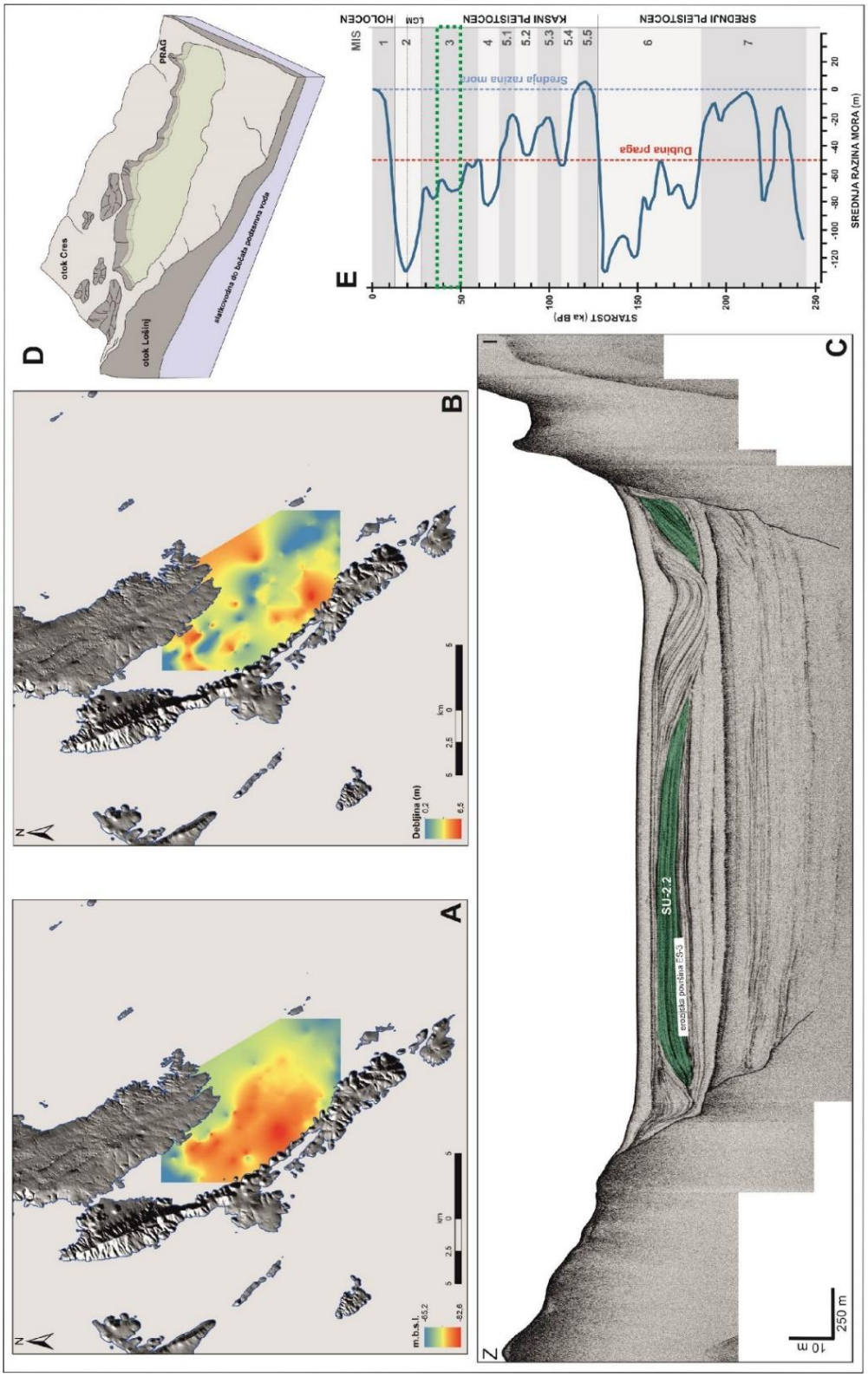
Slika 133: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.3, B) karta debljine sedimenata, C) karta s označenom lokacijom profila, D) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.3 i lokacijama bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

Podjedinica SU-2.3 odvojena je od podjedinice SU-2.2 erozijskom površinom (ES-3), što upućuje na pad razine jezera i vjerojatno njegovo isušivanje (Slika 134, 135). Ove paleookolišne promjene uvjetovane su padom razine morske i podzemne vode tijekom MIS 3. Sedimenti seizmičke podjedinice SU-2.2 taloženi su ponovno u jezerskom okolišu koji je uspostavljen nakon erozijske faze, vjerojatno kao posljedica ponovnog porasta razine mora i samim time razine podzemne vode u kršu (Slika 134, 135). Promjene paleookoliša sukladne su utvrđenim naglim i značajnim fluktuacijama morske razine tijekom MIS 3 (Siddall et al., 2008; Rasmussen et al., 2014). Dubina taložnog bazena prije taloženja sedimenata iz podjedinice SU-2.2 se smanjila (do maksimalno 82 m u odnosu na današnju razinu mora), a najveća debljina naslaga iz ove podjedinice (6,5 m) određena je na prostoru uz otoke Cres i Lošinj (Slika 134).

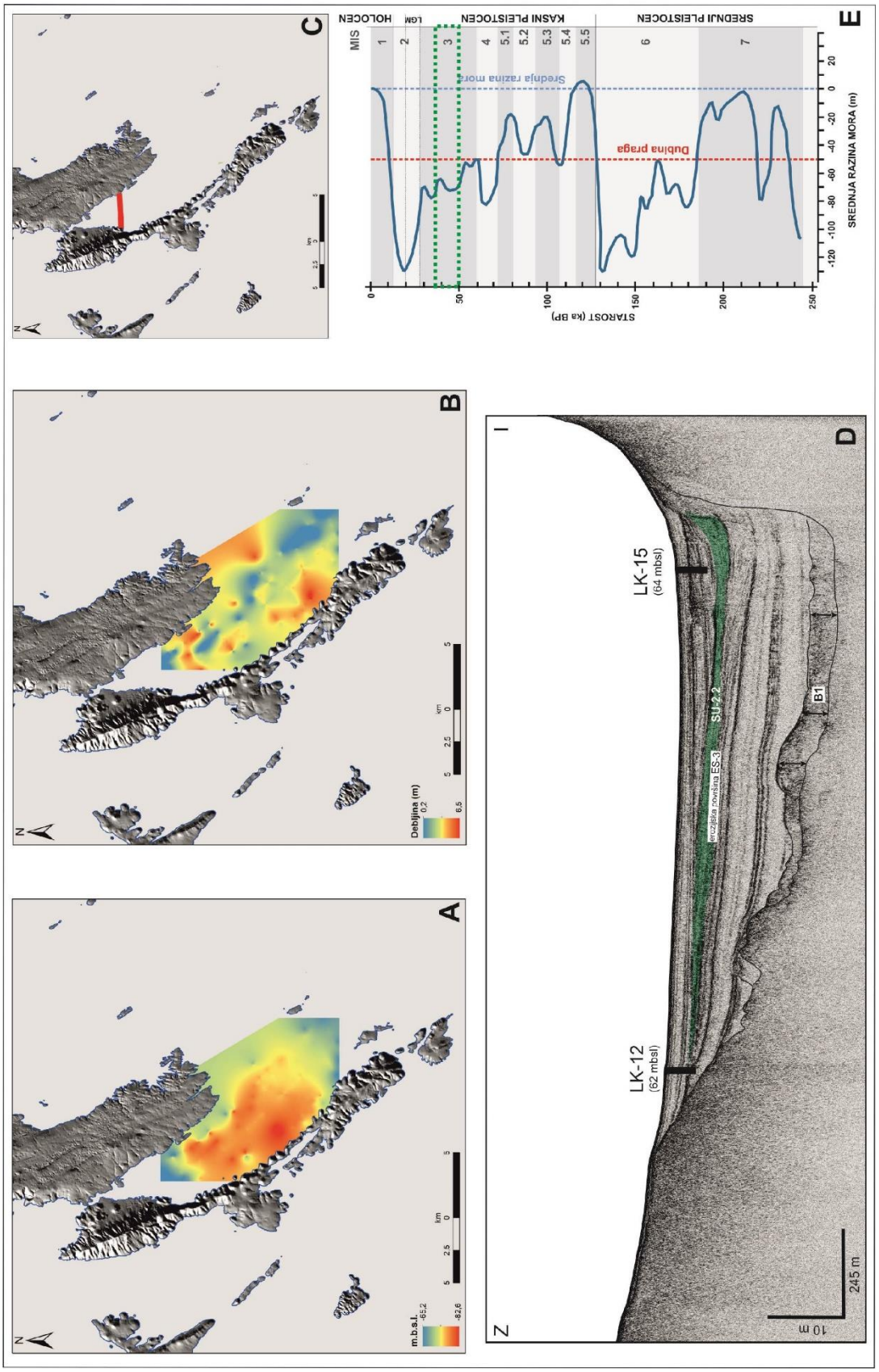
Podjedinica SU-2.2 odgovara jedinici LU-12-3 iz jezgre sedimenata LK-12. Sedimenti ove jedinice istaloženi su tijekom MIS 3 u periodu prije 46 500-44 700 kalendarskih godina (Slika 125, 135). Geokemijski podaci ukazali su na značajnu promjenu u paleookolišnim uvjetima u odnosu na morsku sedimentaciju tijekom MIS 5.1. Naglo se smanjuje omjer Sr/Ca, što upućuje na razvoj slatkovodnog do bočatog okoliša bez izravnog morskog utjecaja (tzv. „Lošinjsko paleojezero“) (Slika 125). Dok je sediment taložen u MIS 5.1 morskom okolišu bio dominantno siliciklastičnog porijekla, u Lošinjskom paleojezeru prevladavaju karbonatni sedimenti (Slika 126, 127). Porast u udjelima TIC-a (4,44-9,32%), $CaCO_3$ (37,02-77,66%) i omjeru Ca/Ti, te istovremeno smanjenje omjera Ti/Ca, MS (0,2-13,6 x 10^{-5} SI) i udjela netopivog ostatka (19,03-59,06%) indikatori su dominantno karbonatne sedimentacije (Slika 126). U mineralnom sastavu dominira kalcit. Visoki udio karbonata je uobičajen za taloženje u krškim jezerima (Valero-Garcés et al., 2014), pa i onima razvijenim duž hrvatskog dijela istočne obale Jadrana (Ilijanić, 2014; Hajek-Tadesse et al., 2018; Ilijanić et al., 2018). Moguće je da je donos siliciklastičnog materijala u Lošinjsko paleojezero smanjen u odnosu na donos tijekom MIS 5.1 morske faze i kao posljedica aridne klime na istraživanom području tijekom MIS 3. Naime, glacijalni periodi se uobičajeno smatraju hladnim i suhim (Lang & Wolff, 2011). Hladni i suhi klimatski uvjeti u regiji tijekom MIS 3, s povremenim toplijim periodima sa snažnim vjetrom, utvrđeni su istraživanjem naslaga lesa i paleotla na prostoru otoka Suska (Wacha et al., 2011a,b, 2017; Mikulčić Pavlaković et al., 2011).

Drugi geokemijski pokazatelji (TOC, N, C/N), te paleontološka analiza, otkrivaju postojanje različitih okolišnih uvjeta na početku i kraju jezerskog zapisa, odnosno promjene u razini jezera i salinitetu (Slika 126, 127). U donjem dijelu jedinice LU-12-3, koja je obilježena tamnim i laminiranim sedimentom, istaložena organska tvar je kopnenog porijekla (visok C/N omjer). Izračunati fluks TOC-a također je visok (5,43-27,88 g/m^2god) u jezerskoj sekvenciji, te je sličan fluksu na prostoru današnjeg ušća delte rijeke Po u Jadran (Tesi et al., 2013). Udio TOC-a >4%, rezultira iz porasta produktivnosti

(visok N), vjerojatno kao posljedica uspostave izoliranog i veoma plitkog jezerskog ili močvarnog okoliša na prostoru gdje je izbušena jezgra LK-12 (Slika 125).



Slika 134: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.2, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.2, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 135: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.2, B) karta debljine sedimenata, C) karta s označenom lokacijom profila, D) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.2 i lokacijama bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

Sličan tip okoliša, koji je interpretiran kao obala jezera s močvarnim razvojem, prepoznala je Ilijanić (2014) u 14 000 godina starim sedimentima Vranskog jezera na otoku Cresu. Organskom tvari bogata sukcesija iz Lošinjskog paleojezera obilježena je ostacima hara (Characeae), što potvrđuje razvoj plitkog slatkovodnog okoliša. U analiziranim uzorcima iz starijeg dijela jezerskih naslaga dominira pelud bora i zelena alga *Botryococcus* sp. Navedena alga je tipična za slatkovodne okoliše (Guy-Ohlson, 1998) i hladnu klimu. Također je determiniran i *S. cruciformis* koji nastanjuje bočate okoliše (Wall et al., 1973; Mudie et al., 2001), iako se javlja i u slatkovodnim okolišima (Kouli et al., 2001). Ostrakodna zajednica u ovom dijelu jezgre indicira taloženje sedimenata u bočatom okolišu s promjenjivim salinitetom vode. Bočatu zajednicu definira dobro poznata ostrakodna vrsta C. *torosa* (Heip, 1976; van Harten, 1975; 2000). Jedinke vrste *C. torosa* u analiziranim uzorcima na površini ljušturice imaju razvijene kvržice. Pojava kvržica uobičajena je za bočate okoliše te se njihova brojnost i razvijenost koristi kao marker za praćenje promijena saliniteta vode. Naime, kvržična deformacija česta je na ljušturicama jedinki koje žive u vodama saliniteta manjeg od 4,5‰, a u okolišima u kojima dolazi do povišenja saliniteta vode broj kvržica se smanjuje, odnosno nestaje (van Harten, 1975; 2000; Frenzel & Boomer, 2005; Frenzel et al., 2012).

U sedimentu iz središnjeg dijela jedinice LU-12-3, gdje se izmjenjuju svjetlije i tamnije lamine, organska tvar ima algalno porijeklo (nizak C/N omjer). Ova promjena u izvorištu organske tvari unutar jedinice LU-12-3 potencijalno ukazuje na produbljivanje Lošinjskog paleojezera i na varijacije u glavnom izvoru organske tvari tijekom vremena. Međutim, Lošinjsko paleojezero nikada nije bilo dublje od 25 m, što se može zaključiti iz dubine praga i dubine baze jezerskih naslaga na seizmičkim profilima (Slika 132).

S padom razine mora prema LGM-u (Waelbroeck et al., 2002; Siddall et al., 2008), Lošinjsko paleojezero vjerojatno je postalo pliće i dobro prozračeno. Ovo je zaključeno na temelju ne-laminiranog i svjetlijeg karbonatnog sedimenta u gornjem dijelu očuvane jezerske sukcesije. Povećanje omjera Mn/Fe također bi moglo biti dokaz uspostave oksičnih i plitkomorskih uvjeta u okolišu (Slika 126). Međutim, vjerojatno je da se u ovoj jedinici, kao i naliježućim jedinicama omjer Mn/Fe ne može koristiti kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu, zbog dobre korelacije Mn s pokazateljima donosa kopnenog materijala (npr., Ti) i Mn i elemenata u tragovima (npr., Zn) (Slika 127). Pelud bora i zelene alge *Pediastrum* sp. dominira u ovom dijelu jezerske sukcesije. Alga *Pediastrum* sp. nastanjuje slatkovodne okoliše (Saksena & Sharma, 1982; Eigemann et al., 2013). Ostrakodna zajednica je raznovrsnija u odnosu na donji dio jedinice, te jedinke vrste C. *torosa* imaju sve više kvržica na površini ljušturica, vjerojatno kao posljedica daljnjeg smanjenja saliniteta. U zajednici s bočatim indikator vrstama u analiziranim uzorcima nalaze se i slatkovodne vrste koje toleriraju oligohaline vode (Lorenschat et al. 2014). Najbrojniji je rod *Candona*, a brojne su i vrste *D*.

stevensoni, te *P*. cf. *pasmmophila*. Vrsta *C*. *fuscata*, također prepoznata u uzorcima, je pak tipična vrsta slane vode (Frenzel et al., 2005; Uffenorde et al., 2016). Nastanjuje plitke, isključivo mezohalinske okoliše, kao što su ušća i plaže. Gotovo se ne nalazi u vodi od 18-30‰, a nikada nije pronađena u vodi sa salinitetom većim od 30‰. U južnom Baltičkom moru na području Strelasunda, u kojemu slanost vode oscilira oko 8-9‰, nađena je u zajednici s drugim ostrakodnim vrstama i foraminiferama, od kojih su dominantne vrste *C. torosa* (muljevito dno), *C.. fuscata* (pješčano dno) i foraminifera *M. fusca* (Frenzel & Oertel, 2002).

U prepoznatoj zajednici mekušaca duž cijele jedinice LU-12-3 dominiraju jedinke vrste *B. tentaculata* koja je česta u slatkovodnim okolišima (Seddon, 2014), ali je tolerantna na širi raspon saliniteta (Carlsson, 2006; Cadée, 2015). Prisustvo malog broja jedinki foraminifera čije su kućice veoma abradirane i fragmentirane dokaz je uspostave nepovoljnog okoliša za njihovo očuvanje ili se radi o pretaloženim jedinkama. Izuzetak je uzorak s dubine od 260-261 cm u kojem su pronađene dobro očuvane jedinke u kojima dominira plitkomorska i bočata vrsta *A. tepida* (Debenay et al., 2001; Debenay & Guillou, 2002; Murray, 2006) (Slika 129).

Može se zaključiti da je očuvani slijed jezerskih sedimenata ukazao na dinamične uvjete u Lošinjskom paleojezeru tijekom MIS 3. Prag na istočnom ulazu u kanal imao je funkciju barijere čime je omogućen razvoj izoliranog bazena (Slika 116). Hidrološka ravnoteža i fluktuacije razine jezera, povezane s fluktuacijama razine mora, pokazali su se osnovnim faktorima koji su omogućili razvoj paleojezera. Morski utjecaj je postojao u obliku intruzije morske vode kroz okršene vapnence u jugoistočnom dijelu bazena (Slika 116), te je bio značajniji na početku taloženja jezerskih naslaga iz sedimentološke jedinice LU-12-3. Jezero je s vremenom i spuštanjem razine mora postalo sve slatkovodnije.

S obzirom na ovisnost razine jezera o razini mora, jezgra sedimenata LK-12 daje izravan dokaz o razini mora koja je bila 50-64 m niža od današnje u periodu od 46 500-44 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti. Vremenski interval zabilježene jezerske sukcesije odgovara Grenlandskom interstadijalu GI-12c (Rasmussen et al., 2014). Važno je istaknuti da je u svega 1800 godina istaloženo 89 cm sedimenta na prostoru gdje je izbušena jezgra LK-12, te je stoga zapis s prostora Lošinjskog bazena visoke rezolucije. Za pretpostaviti je da je paleojezero postojalo duži vremenski period, ne samo do prije 44 700 kalendarskih godina, ali je moguće da su naslage erodirane tijekom LGM-a ili pak nikad nisu bile istaložene na prostoru gdje je jezgra sedimenata LK-12 izbušena, kao posljedica morfologije bazena. Na seizmičkim profilima može se vidjeti da je najveća debljina jezerskih naslaga u središnjem dijelu bazena (Slika 134). Bušenje ovog dijela Lošinjskoga kanala u budućnosti može dati detaljniji i duži jezerski zapis.

Postojanje jezerskih naslaga ispod post-glacijalnih marinskih naslaga u depresijama u kršu duž istočne obale Jadrana do sada je samo pretpostavljeno i djelomično dokazano (Juračić et al., 1999; Wunsam et al., 1999; Schmidt et al., 2001). Ovo istraživanje daje izravan dokaz postojanja MIS 3 potopljenog jezera duž istočne obale Jadrana. Nadalje, MIS 3 jezerske ili morske naslage nisu prethodno pronađene duž istočne obale Jadrana, iako MIS 3 zapis postoji duž zapadne obale Jadrana (Amorosi et al., 2004). Iz tog razloga velika je važnost sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala za istraživanja promjena paleookoliša i promjena razine mora tijekom ovog stadija. Duž istočne obale Jadrana promjene morske razine tijekom MIS 3 utvrđene su jedino datiranjem siga (Surić , 2006; Surić et al., 2005; Surić & Juračić, 2010). Važno je također naglasiti da su rekonstrukcije morske razine tijekom MIS 3 rijetke i da još uvijek razina mora tijekom ovog stadija nije sa sigurnošću utvrđena niti na globalnoj razini (Meerbeeck et al., 2009; Murray-Wallace & Woodroffe, 2014).

Razina mora, te paleookolišne i klimatske promjene također su imale utjecaj na migraciju ljudi tijekom kvartara (Timmermann & Friedrich, 2016; Wooller et al., 2018). Naime, periodi niske razine mora omogućili su stvaranje kopnenih veza između područja koja su danas razdvojena morem (Beyin, 2011; Meiri et al., 2013). Tijekom srednjeg i kasnog pleistocena na prostoru Europe obitavali su neandertalci (*Homo sapiens neanderthalensis*). Pronađen je veliki broj nalazišta MIS 3 starosti (Wood, 2008). Pretpostavka je da su neandertalci također obitavali na istočnoj obali Jadrana (Karavanić et al., 2014; Karavanić et al., 2016). Moguće je da je prostor koji je danas potopljen, nekada bio „kopneni most“ koji je spajao istočnu i zapadnu obalu Jadrana i koji je mogao biti koridor za migracije ili pak mjesto obitavanja neandertalaca. Paleogeografska rekonstrukcija šireg prostora otoka Cresa i Lošinja tijekom MIS 3 prikazana je na Slici 117. Ukupna površina sliva tijekom jezerske faze bila je 308 km^2, te je kopneni sliv bio za oko 40-62% veći od današnjeg (Slika 117). Lošinjsko paleojezero koje je postojalo tijekom MIS 3 vjerojatno je bilo na putu pretpostavljenog migracijskog koridora. Potencijalna daljnja istraživanja, posebice sekvestracija DNA iz sedimenata (npr., Wilerslev & Cooper, 2005; Watson, 2017; Slon et al., 2017) mogla bi dati izravne dokaze za ovu pretpostavku.

6.2.5 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (LGM)

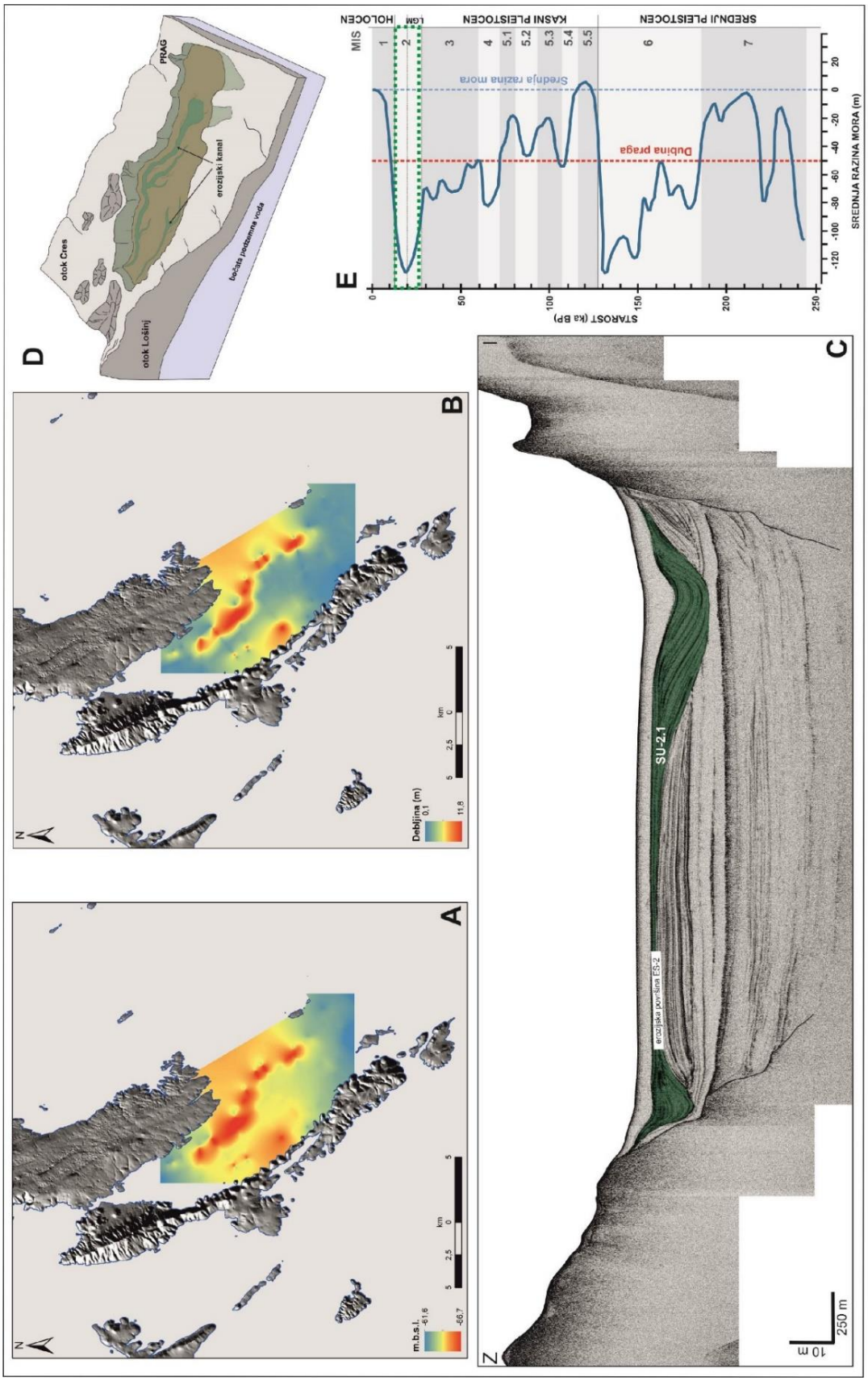
Prethodno istaložene MIS 3 jezerske naslage djelomično su erodirane razvojem kanala (erozijska površina ES-2) na dubini od oko 87 m ispod današnje razine mora, što se dobro uočava na geofizičkim profilima uz otoke Cres i Lošinj (Slika 136). Erozija je znatno utjecala na izgled taložnog bazena, odnosno inicijalno njegovo produbljavanje u područjima uz otoke, te potom njegovo zapunjavanje post-LGM naslagama iz jedinice SU-2.1 debljine do oko 12 m (Slika 136, 137).

Dokazi o postojanju kopnene faze u obliku prekida u taloženju mogu se također prepoznati u jezgri sedimenata LK-12. Model dubina-starost dao je starost najmlađeg dijela laminirane jezerske jedinice (LU-12-3) od 44 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti, dok je gornja tamna i homogena jedinica (LU-12-2) datirana na 13 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti, odmah iznad erozijskog kontakta. Ovo je izravni dokaz prekida sedimentacije tijekom kasnog MIS 3 i LGM-a na prostoru gdje je jezgra izbušena.

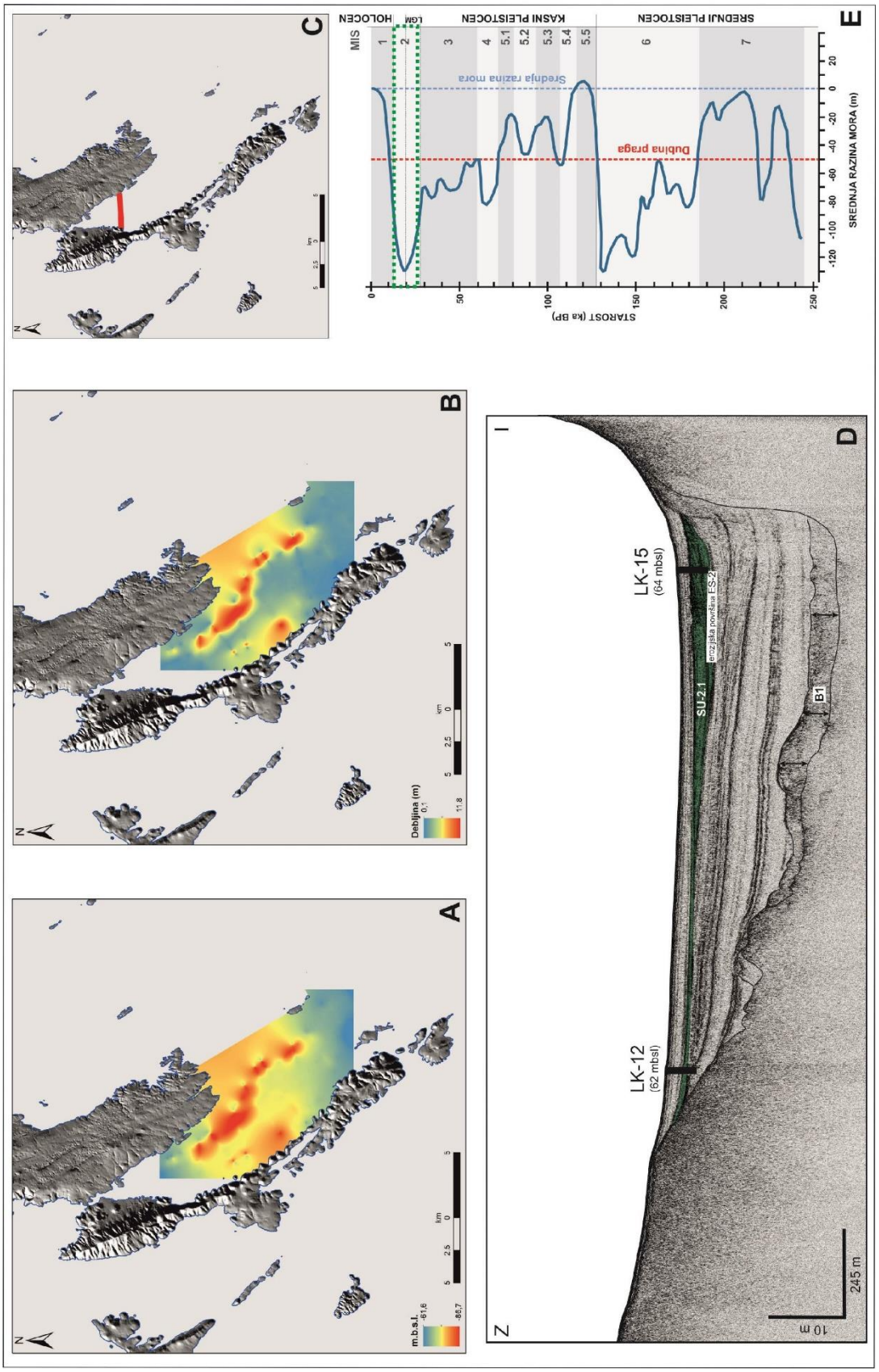
Najdonji dio jezgre LK-15 (jedinica LU-15-3) odgovara siltoznim i pretežito karbonatnim naslagama istaloženim u kanalu uz otok Cres (Slika 125, 138). Moguće je da se radi o pretaloženim jezerskim naslagama. Također su pronađeni pojedinačni karbonatni klasti koji su vjerojatno erodirani s otoka Cresa, te pretaloženi u kanal tijekom perioda izraženijeg otjecanja. Zanimljivo je da u ovom dijelu jezgre nisu nađeni makropaleontološki ostaci, osim nekoliko loše očuvanih kućica gastropoda. Vrijeme taloženja naslaga ispune kanala stoga se ne može dobiti analizom jezgre sedimenata LK-15, s obzirom da dobro očuvan materijal koji je moguće datirati nije pronađen.

Na temelju svega navedenog za pretpostaviti je da je tijekom LGM-a Lošinjsko jezero presušilo zbog pada razine podzemne vode, povezane s padom razine mora, što je vjerojatno dovelo do razvoja krškog polja (Slika 116, 117). Naime, tijekom LGM-a došlo je do značajnog spuštanja razine mora za oko 121 do 134 m u odnosu na današnju razinu mora (Fairbanks, 1989; Lambeck & Chapell, 2001; Lambeck et al., 2014; Benjamin et al., 2017), što je uvjetovalo razvoj kopnenog okoliša u Lošinjskom bazenu.

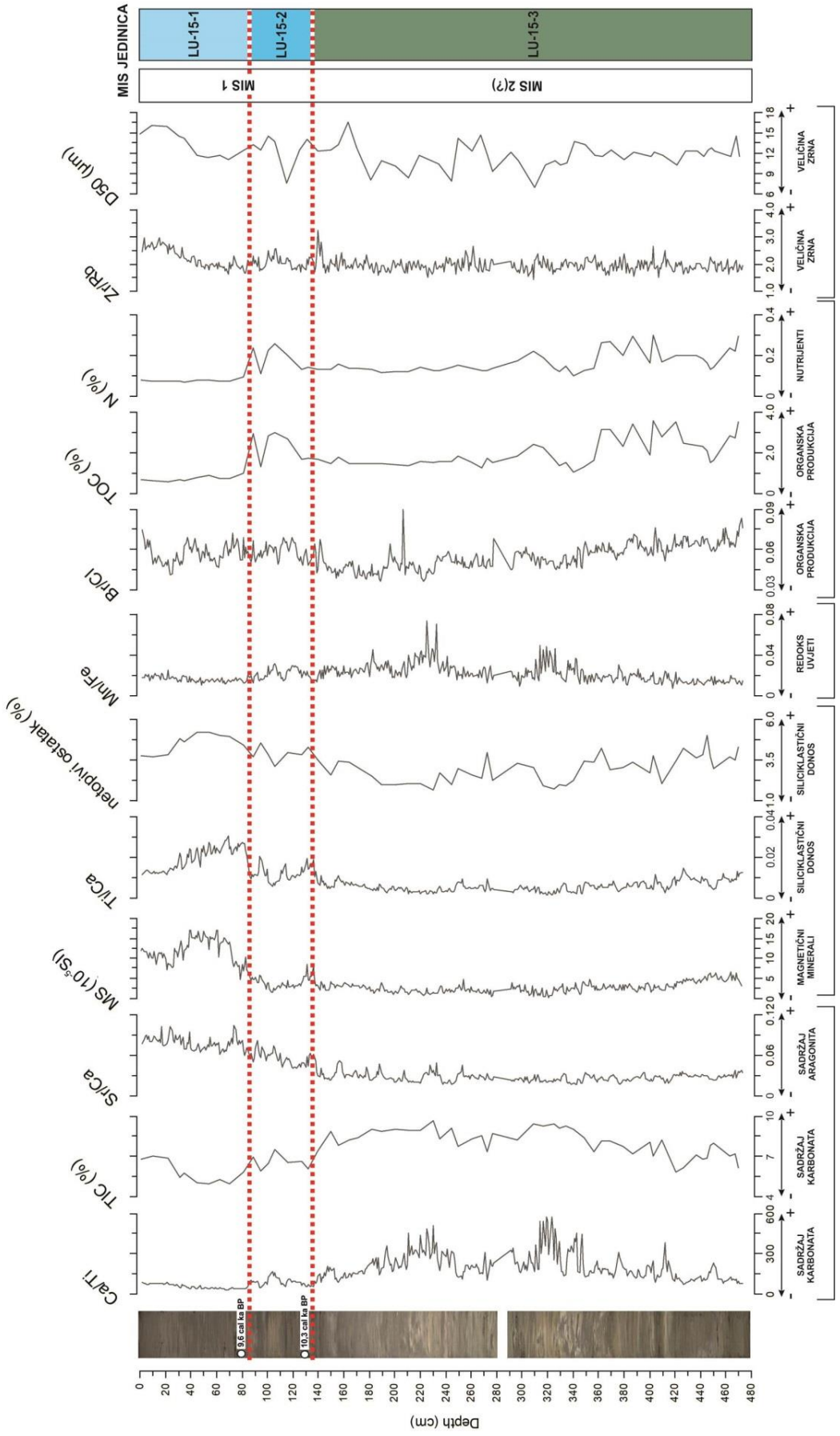
Krška polja su tipičan krški reljefni oblik prisutan danas duž istočne obale Jadrana (Ford & Williams, 1989; Bonacci, 2013; Kranjc, 2013). Često su u krškim poljima razvijeni vodotoci ili nastaju periodička ili stalna ujezerenja vode (Bonacci, 1987; Bonacci, 2013). Polja koja se nalaze u blizini obale Jadranskog mora, poput Bokanjačkog blata, tijekom holocena su pretvorena u plitka jezera (Ilijanić et al., 2018).



Slika 136: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.1, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.1, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 137: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-2.1, B) karta debljine sedimenata, C) karta s označenom lokacijom profila, D) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-2.1 i lokacijama bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 138: Distribucija odabranih geokemijskih i sedimentoloških pokazatelja u jezgri sedimenata LK-15.

Erozijski kanal ukazuje na postojanje periodičkih potoka ili jaružne ili bujične erozije u krškom polju u Lošinjskom bazenu. Ovo polje vjerojatno je također periodički bilo plavljeno. Voda je mogla putem kanala otjecati prema Kvarneriću kroz ponore koji nastaju u ovim krškim formama (Bonacci, 1987; Bonacci, 2013). Međutim, provedeno geofizičko istraživanje nije omogućilo lociranje potencijalnih ponornih zona. Jezerski okoliš s jaružnom ili bujičnom erozijom danas je razvijen u Prološkom blatu kod Imotskog (Slika 139), te je vjerojatno da je tijekom LGM-a sličan paleookoliš postojao na prostoru Lošinjskoga bazena.

Slika 139: Satelitske snimke Prološkog blata. Na gornjoj slici prikazano je Prološko blato tijekom sušnog perioda s izraženom jaružnom ili bujičnom erozijom. Na donjoj slici prikazano je Prološko blato tijekom vlažnog perioda kada je površina jezera znatno veća.

Za pretpostaviti je da su se u bazenima u kršu duž istočne obale Jadrana faze razvoja jezera i krških polja izmjenjivale tijekom kasnog glacijala. Istovremeno, na prostoru sjeverno-jadranskog šelfa postojali su veoma drugačiji okoliši. Bila je razvijena velika aluvijalna ravnica rijeke Po i njenih pritoka (npr., Amorosi et al., 2003; Campo et al., 2017; Pellegrini et al., 2018; Ronchi et al., 2018). Rijeka Po i pritoke utjecale su u Jadransko more u Srednjo-jadranskoj depresiji, te je istaložen debeli slijed morskih sedimenata na ovom prostoru (Ridente et al., 2008; Piva et al., 2008). Aluvijalna ravnica rijeke Po bila je izvor materijala za eolske naslage, koje se izmjenjuju s paleotlom, istaložene tijekom LGM-a na prostoru otoka Suska (Wacha et al., 2011a; 2017).

6.2.6 Paleookolišni razvoj Lošinjskoga bazena tijekom kasnog pleistocena (Allerød) i holocena

Prije 13 700 kalendarskih godina (Allerød) ponovno je uspostavljena sedimentacija na prostoru gdje je jezgra sedimenata LK-12 izbušena (sedimentološka jedinica LU-12-2; gornji dio seizmičke podjedinice SU-2.1) (Slika 125, 137). Dvije različite paleookolišne podfaze prepoznate su u periodu od 13 700 do 10 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti, koje odgovaraju podjedinicama LU-12-2b i LU-12-2a u jezgri LK-12. Sedimenti ovih podjedinica istaloženi su tijekom Grenlandskog interstadijala GI-1c2 (Rasmussen et al., 2014).

Nizak sadržaj TIC-a i $CaCO_3$, te omjera Ca/Ti u sedimentima tijekom starije podfaze (LU-12-2b), koja je trajala od 13 700-13 600 kalendarskih godina prije sadašnjosti, ukazuje na uspostavu okolišnih uvjeta koji nisu pogodovali nastanku i očuvanju karbonata, posebice u odnosu na prethodno opisanu MIS 3 jezersku fazu (Slika 125). Međutim, donos siliciklastičnog materijala (visoki omjer Ti/Ca, MS i udio netopivog ostatka) bio je izrazit, vjerojatno kao posljedica poplavljivanja područja bušenja i povećane precipitacije na početku Allerøda. Doprinos algalne organske tvari u podjedinici LU-12-2b je manje važan u odnosu na organsku tvar kopnenog porijekla (visok C/N omjer) (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006), što također upućuje na izraziti kopneni utjecaj (Slika 126). Povećanje u donosu materijala s kopna tijekom ovog perioda također je uočeno u drugim područjima Jadrana (Goudeau et al., 2014). Fluks organskog ugljika je također visok (do 25,3 g/m^2god) i sličan fluksu u donjem dijelu jedinice LU-12-3. Navedeni rezultati ukazuju na postojanje plitkog i produktivnog vodenog okoliša sa značajnim kopnenim utjecajem i ograničenim morskim utjecajem.

Geokemijski podaci upotpunjeni su paleontološkim analizama, odnosno prisutnošću mekušaca koji uobičajeno nastanjuju slatkovodne do bočate okoliše (*Theodoxus* sp., *B. tentaculata*). U analiziranim uzorcima dominiraju jedinke foraminifera *A. perlucida*, *E. translucens* i *A. tepida* koje su tipične za plitkomorske i/ili bočate okoliše (Murray et al., 2000; Debenay & Guillou, 2002; Murray, 2006). Ukupan broj jedinki i broj vrsta foraminifera unutar opisane podjedinice je nizak (Slika 129). Dominacija ostrakodne vrste *C. torosa* također upućuje na bočate uvjete.

Vjerojatno je tijekom Allerøda došlo do inicijalnog potapanja Lošinjskoga bazena u kršu (Slika 116, 117). Potapanje bazena bilo je posljedica izdizanja razine podzemne vode u istraživanom području povezane s izdizanjem razine mora, te je pospješeno većom količinom oborina i difuzijom morske vode kroz okršeni greben. Novo nastali bočati vodeni okoliš je bio veoma plitak i zaštićen, s mogućim razvojem močvare. Na temelju dobivenih rezultata iz analizirane jezgre, odnosno dubine na kojoj su prisutne bočate naslage u potpovršini, može se zaključiti da je razina mora prije 13 700 kalendarskih godina na istraživanom području bila niža od 64 m, te je prag i tijekom ovog perioda

imao funkciju barijere (Slika 116, 117). Procjenjeno je da je globalna razina mora u istom vremenskom periodu bila za oko 60-75 m niža od današnje (Lambeck et al., 2014).

Porast omjera Sr/Ca u sedimentima iz podjedinice LU-12-2a ukazao je da izraženiji morski utjecaj na prostoru Lošinjskoga bazena započinje prije 13 600 kalendarskih godina (Slika 125). Istaloženi slabo laminirani sedimenti bogati su organskim i anorganskim ugljikom (visok TIC i TOC). Fluks TOC-a je visok u sedimentima na prijelazu iz podjedinice LU-12-2b u podjedinicu LU-12-2a (do 27,2 g/m^2god), te se postepeno smanjuje prema gornjem dijelu jedinice. Organska tvar je algalnog porijekla (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Na smanjenje donosa siliciklastičnog materijala s kopna tijekom ove podfaze upućuju i drugi pokazatelji (nizak Ti/Ca, MS) (Slika 126). Moguće je da su na istraživanom prostoru bili uspostavljeni aridni klimatski uvjeti, što je smanjilo eroziju okolnog kopna. Palinološka analiza pokazala je prisutnost indikatora suhe i hladne klime (pelud bora, zelene alge *Pediastrum* sp., *Botryococcus* sp. i pelud pelina), te postepenu uspostavu tople klime (zelena alge *Coelastrum* sp., cijenobakterija *Gloeotrichia* sp., pelud glavočika (Astreaceae), pelud listopadnog drveća lipe (*Tilia* sp.), lješnjaka (*Corylus* sp.) i bukve (*Fagus* sp.)). Slični klimatski uvjeti tijekom istog vremenskog perioda pretpostavljeni su i na području zaljeva Gemlik u Mramornom moru (Filikci et al., 2017), što implicira regionalne aridne klimatske uvjete.

Raznolika zajednica mekušaca (*Theodoxus* sp, *B. tentaculata*, *Turritella* sp.) tipična je za bočate okoliše. Dominantne vrste foraminifera u zajednici su *A. tepida* i *C. gunteri* (Slika 129), koje također podnose bočate okolišne uvjete. Primjerice, eurihalina vrsta *C. gunteri* prepoznata je i u jezerima Kanade (Boudreau et al., 2001). Jedinke foraminifera su dobro očuvane i brojnije u odnosu na prethodnu podjedinicu što također sugerira rastući morski utjecaj (Slika 129). Izračunati indeksi bioraznolikosti potvrđuju ovu pretpostavku (Slika 130). Klaster analiza svrstala je uzorke iz podjedinice LU-12-2a u isti klaster s uzorkom iz danas izoliranog obalnog okoliša razvijenog na otoku Cresu (Slika 130). Analiza ostrakodne zajednice potvrdila je uspostavu bočatih okolišnih uvjeta (dominacija vrste *C. torosa*), te također rastući morski utjecaj prema gornjem dijelu jedinice, uz prisutnost tipične marinske faune (*Callistocythere* sp., *Costa* sp., *Semicytherura* sp.).

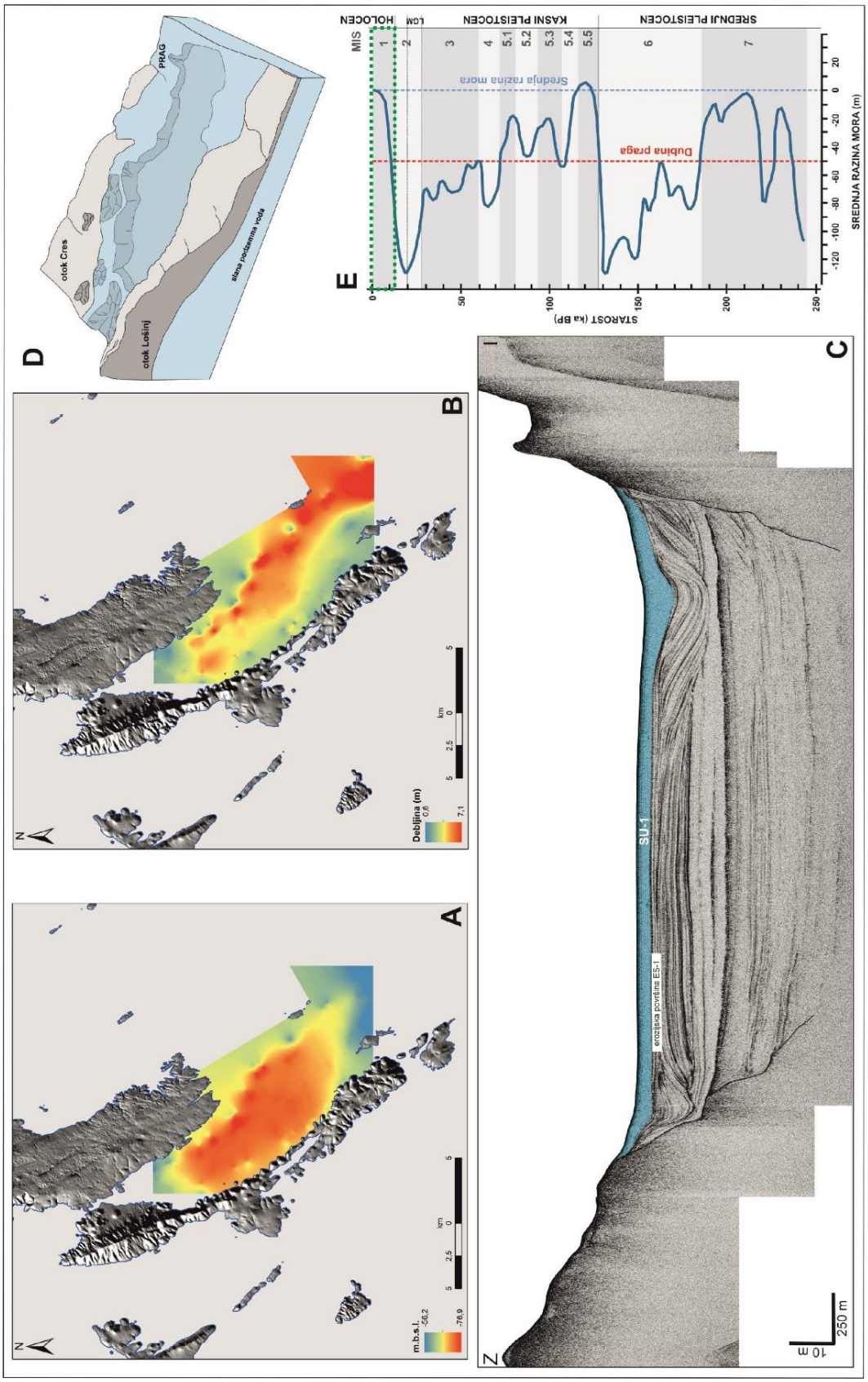
Svi prikupljeni podaci pokazali su da je u vremenskom intervalu od 13 600 do 10 500 kalendarskih godina prije sadašnjosti došlo do značajnog izdizanja razine mora na istraživanom prostoru. Tada je postojalo dublje, bočato marinsko jezero u Lošinjskom bazenu u kršu. Ovaj izolirani okoliš nije imao površinsku vezu s morem. Razina marinskog jezera bila je niža od dubine praga (50 m), a intruzija mora odvijala se kroz krš (Slika 116, 117). Slični okoliši postoje duž današnje istočne obale Jadrana (npr., Mljetska jezera, jezero Mir, Zmajevo oko) (Surić, 2002; Surić, 2005; Pikelj & Juračić, 2013). Važno je naglasiti da je razvijeno post-LGM jezero vjerojatno bilo slanije u odnosu na

MIS 3 Lošinjsko paleojezero. Snažniji morski utjecaj posljedica je brzog porasta razine mora u periodu nakon LGM-a (Correggiari et al., 1996; Waelbroeck et al., 2002; Lambeck et al., 2014). Opisana paleookolišna podfaza nije prepoznata u jezgri sedimenata LK-15 moguće zbog blizine otoka Cresa mjestu bušenja navedene jezgre i izraženijeg donosa materijala s kopna.

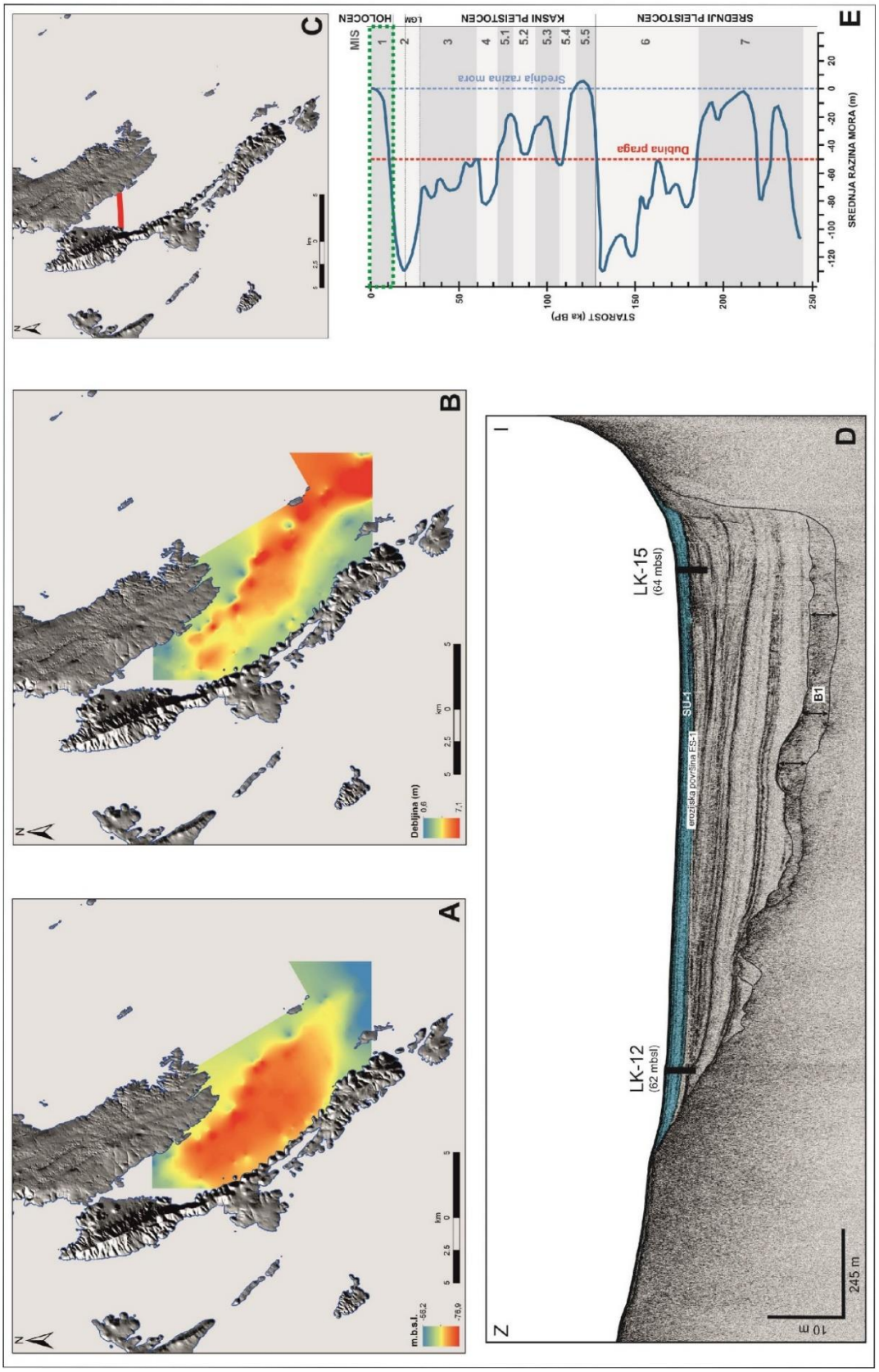
Iako su sedimenti istaloženi tijekom Allerøda na prostoru Lošinjskoga bazena dobro očuvani, Schmidt et al. (2000) pretpostavili su prekid u taloženju tijekom ovog vremenskog perioda na području Vranskog jezera na otoku Cresu. Rezultati dobiveni istraživanjem obližnjeg Valunskog zaljeva ukazali su na razvoj močvare i potom slatkovodnog do bočatog jezera tijekom LGM-a (Schmidt et al., 2001). Opisani rezultati donekle se razlikuju od rezultata dobivenih ovim istraživanjem s osnovnom razlikom u vremenu uspostavljenih okoliša što je moguće posljedica razlike u dubini praga navedenih okoliša, kao i datiranja materijala. Naime, u istraživanjima Valunskog zaljeva i Vranskog jezera na otoku Cresu datirani uzorci nisu kalibrirani, a analize su napravljene na ukupnom sedimentu što umanjuje njihovu pouzdanost. Istovremeno, paleookolišna evolucija talijanskog dijela Jadrana je bila uvelike različita. Dok su duž hrvatske obale Jadrana postojala marinska jezera, aluvijalni tokovi i ravnice razvijeni na talijanskom dijelu Jadrana tijekom LGM-a „pomiču se“ (retrogradiraju) prema današnjem kopnu (Amorosi et al., 2003; Correggiari et al., 2005; Moscon et al., 2015; Benjamin et al., 2017).

Tijekom LGM-a i nakon njegovog završetka veliki dio šireg prostora otoka Cresa i Lošinja bio je kopno (Slika 117). Taj prostor mogao je biti koridor migracije ili obitavanja modernih ljudi (*Homo sapiens sapiens*), slično kao neandertalaca tijekom MIS 3. Otkriveno je više epigravetijenskih nalazišta duž istočne obale Jadrana, koja uključuju spilju Šandalja II, te Pupičinu i Vešansku spilju u Istri, Lopar na otoku Rabu i Vlakno na Dugom otoku, kao i niz lokaliteta u južnoj Dalmaciji (Karavanić et al., 2013). Primjerice, tijekom Bølling-Allerøda dogodila se migracija ljudi na prostor sjeverne Amerike preko danas potopljenog „kopnenog mosta“ na prostoru Beringa („Bering Land Bridge“) (Wooller et al., 2018; Meiri et al., 2013). Moguće je da je sjeverno-jadranski šelf imao sličnu funkciju tijekom perioda niske razine mora, pa tako i tijekom Allerøda.

Marinsko jezero na prostoru Lošinjskoga bazena, bez izravne veze s morem na istočnoj strani praga, postojalo je oko 3000 godina (Slika 116, 117). Prije 10 500 kalendarskih godina, došlo je do promjene paleookoliša (sedimentološka jedinica LU-12-1, seizmička jedinica SU-1) (Slika 125). Akustička obilježja seizmičke jedinice SU-1 upućuju na uspostavu morskog okoliša (Slika 140, 141). Prilikom taloženja naslaga koje se mogu pripisati seizmičkoj jedinici SU-1 također se mijenja izgled, odnosno batimetrija taložnog bazena u odnosu na prethodnu okolišnu fazu (Slika 136, 137).



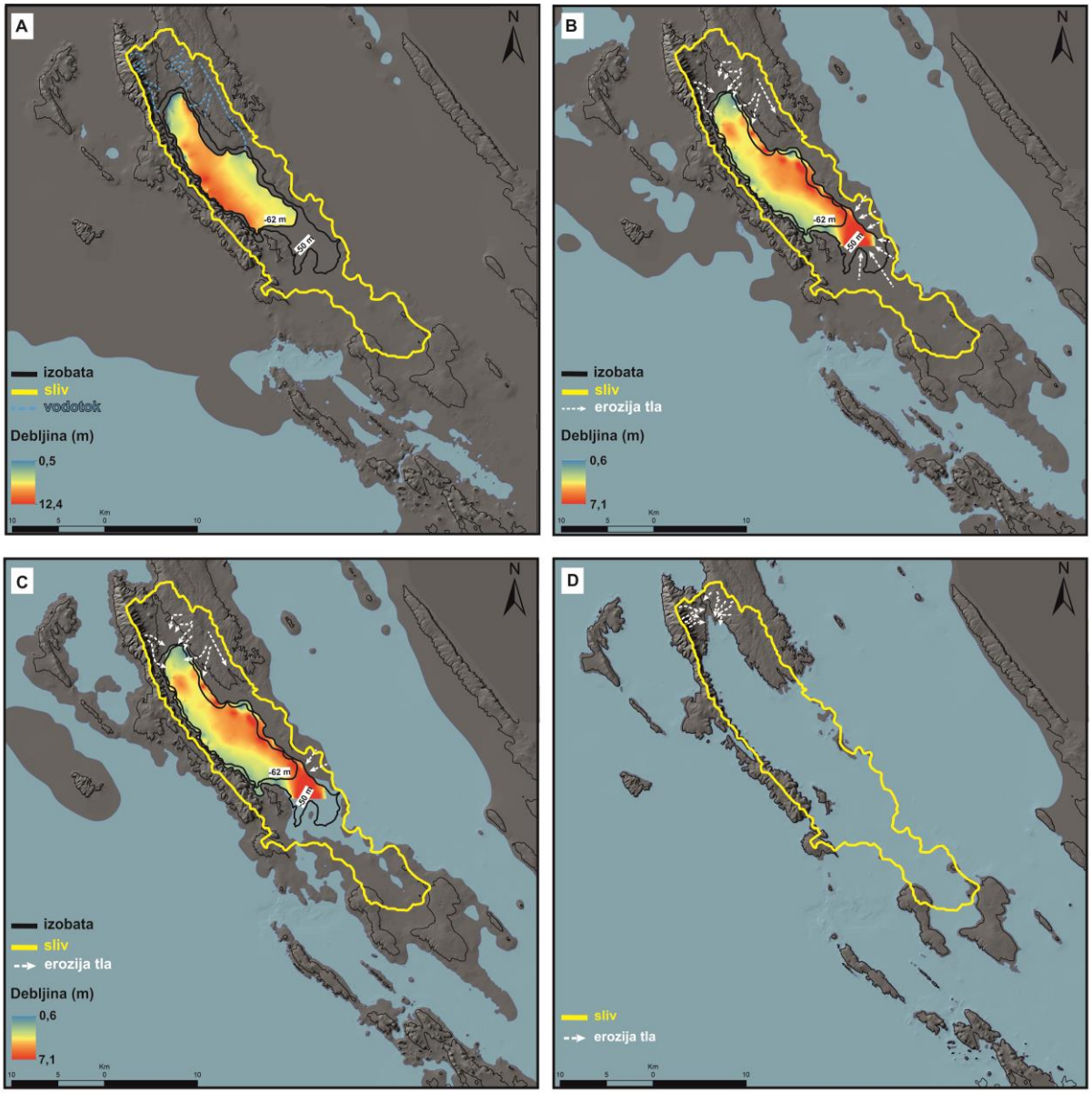
Slika 140: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-1, B) karta debljine sedimenata, C) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-1, D) rekonstruirani paleookoliš, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).



Slika 141: Lošinjski bazen u kršu: A) karta reflektora baze jedinice SU-1, B) karta debljine sedimenata, C) karta s označenom lokacijom profila, D) seizmički profil visoke rezolucije s označenom seizmičkom jedinicom SU-1 i lokacijama bušenja jezgara sedimenata LK-12 i LK-15, E) krivulja promjene morske razine (modificirano prema Waelbroeck et al., 2002) s označenim vremenskim trajanjem taloženja sedimenata jedinice (zeleni pravokutnik).

Najveća debljina naslaga akustički polu-prozirne seizmičke jedinice SU-1, od 7 m određena je u jugoistočnom dijelu Lošinjskoga bazena uz prag koji razdvaja Lošinjski bazen od Kvarnerića (Slika 140, 141). Sedimenti seizmičke jedinice SU-1 vjerojatno su dominantno akumulirani u ovom dijelu bazena kao posljedica naglog potapanja jugoistočnog dijela sliva i erozije materijala s tog prethodno kopnenog područja (Slika 142). Površina kopnenog sliva bila je za oko 40% veća u odnosu na današnju na početku ove paleookolišne faze, iako znatno manja u odnosu na MIS 3 jezersku fazu (Slika 142). Nakon morske transgresije tijekom MIS 5, morski sedimenti također su preferirano taloženi u jugoistočnom dijelu istraživanog prostora. Moguće je stoga da su promjene u površini kopnenog sliva, sukladno sa značajnim promjenama u razini mora, bile osnovni čimbenik koji je utjecao na prostornu distribuciju morskih sedimenata.

Podaci dobiveni analizom najgornjeg dijela jezgara sedimenata LK-12 (jedinica LU-12-1) i LK-15 (jedinica LU-15-1) omogućili su detaljniju rekonstrukciju paleookoliša. Omjer Sr/Ca naglo je porastao u sedimentima (Slika 125), što je potvrdilo poplavljivanje Lošinjskoga bazena morem (Slika 116, 117). Holocenska morska sukcesija sedimenata u jezgri LK-12 obilježena je krupnozrnatijim sedimentom i izraženim donosom siliciklastičnog materijala s kopna (visok MS, omjer Ti/Ca, udio netopivog ostatka) (Slika 126). Na isto ukazuje i mineralni sastav sedimenta u kojem dominira kvarc. Ovaj porast u donosu siliciklastičnog materijala je vjerojatno povezan s početkom pluvijalnog perioda i pojačanom erozijom slivnog područja. Holocenski pluvijalni period prethodno je određen na području Jadranskog mora (Wunsam et al., 1999; Schmidt et al., 2000; Schmidt et al., 2001; Combourieu-Nebout et al., 2013). Palinološki podaci potvrđuju postojanje vlažne klime. Najgornji dio jezgre sedimenata LK-12 (od 37 cm do vrha jezgre) je obilježen smanjenjem MS, omjera Ti/Ca i udjela netopivog ostatka (Slika 126). Ova promjena datirana je na 5 800 kalendarskih godina prije sadašnjosti, što potencijalno sugerira završetak pluvijalnog perioda i razvoj okoliša veoma sličnog današnjemu. Niski udio N indikator je manjka nutrijenata u morskom okolišu, dok niski udio TOC-a ukazuje na niži sadržaj organske tvari u odnosu na jezerske okoliše (Slika 126). Fluks TOC-a je u rasponu od 0,41-10,5 g/m^{2}god, a slične vrijednosti dobivene su istraživanjem fluksa u odobalnom području zapadne obale Jadrana (muljni pojas) (Tesi et al., 2013). Važno je naglasiti da je holocensko more vjerojatno bilo nešto produktivnje (viši N, TOC) od MIS 5.1 morskog okoliša (Slika 126). C/N omjer je indikator snažnijeg donosa biljnog kopnenog materijala tijekom holocena, dok MIS 5.1 morske sedimente obilježava algalna organska tvar (Slika 126). Navedene razlike su vjerojatno posljedica različite klime tijekom ovih stadija.



Slika 142: Veličina slivnog područja: A) tijekom MIS 3 jezerske faze i razine mora niže za 62 m u odnosu na današnju, B) na kraju faze razvoja marinskog jezera (Allerød-holocen) i razine mora niže za 50 m u odnosu na današnju, C) na početku holocenske morske faze i razine mora niže za 45 m u odnosu na današnju, D) tijekom holocenske morske faze i razine mora niže za 10 m u odnosu na današnju. Na slikama su uz sliv prikazane i karte baznih reflektora izdvojenih paleookolišnih faza.

Paleontološka analiza potvrdila je poplavljivanje Lošinjskoga bazena morem (Slika 116, 117). Određeni su tipični morski (lagunarni) mekušci (*Mytilus* sp., *Cerastoderma* sp.), a jedinke foraminifera su brojne. Naglo raste i bioraznolikost zajednice u kojoj dominiraju vrste *E. translucens*, *Epistominella* sp., *A. adriatica* i *S. conica* (Slika 129). Određena zajednica razlikuje se od MIS 5.1 zajednice foraminifera, u kojoj su prisutne vrste koje nastanjuju plitkomorske, ali i bočate okoliše (npr., *A. tepida*, *A. perlucida*). Većina uzoraka iz jedinice LU-12-1 pripada istom klasteru kao i površinski uzorak prikupljen na dubini mora od 62 m (Slika 130). Prepoznata holocenska zajednica je slična zajednici

tipičnoj za nešto dublje i organskom tvari obogaćene morske okoliše duž istočne obale Jadrana (Vidović, 2010; Vidović et al., 2016).

U jezgri sedimenata LK-15 prisutna je morska i slatkovodna zajednica mekušaca u sedimentima na prijelazu iz jedinice LU-15-3 u LU-15-2, što odgovara porastu geokemijskih pokazatelja morskog poplavljivanja Lošinjskoga bazena (Sr/Ca; Slika 125). Navedeni prijelaz datiran je na 10 300 kalendarskih godina prije sadašnjosti. Ova jezgra također je ukazala na izraženiji donos siliciklastičnog materijala s kopna tijekom holocena (Slika 138).

Na temelju analize 2 jezgre sedimenata iz bazenskog dijela Lošinjskoga kanala, određeno je da je razina mora dosegnula dubinu praga (50 m), koji razdvaja Lošinjski kanal i Kvarnerić, u periodu od prije 10 300-10 500 kalendarskih godina. Vrijeme morskog poplavljivanja istraživanog bazena generalno se podudara s regionalnim krivuljama relativne promjene razine mora (Correggiari et al., 1996; Lambeck et al., 2011; Vacchi et al., 2016). Međutim, važno je istaknuti da se potpuno zaslanjivanje Lošinjskoga bazena u kršu nije dogodilo odmah nakon preplavljivanja praga, koji razdvaja ovaj bazen i Kvarnerić. Jedinke bočatih i slatkovodnih mekušaca (*Theodoxus* sp., *B. tentaculata*) bile su prisutne do dubine od 186 cm u jezgri sedimenata LK-12, odnosno do dubine od 85 cm u jezgri sedimenata LK-15. Potpuno morski okoliš razvio se na prostoru Lošinjskoga bazena u kršu se prije 10 000 kalendarskih godina na temelju podataka iz jezgre sedimenata LK-12, odnosno prije 9 600 kalendarskih godina na temelju podataka iz jezgre sedimenata LK-15.

6.3 Paleookolišni razvoj potopljenih ponikvi na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala tijekom holocena i korelacija s marinskim jezercima razvijenim u ponikvama na otoku Cresu

Relativno mali broj istraživanja geokemijskih, sedimentoloških i mikropaleontoloških značajki rubnih morskih okoliša, poput marinskih jezeraca na otoku Cresu, proveden je do sada duž istočne obale Jadrana (Mihelčić et al., 1996; Vaniček et al., 2000; Cuculić et al., 2009; Mlakar et al., 2015; Felja et al., 2015; Shaw et al., 2016; Sondi et al., 2017). Međutim, ovaj tip okoliša bio je predmetom brojnih istraživanja širom svijeta (npr. Serandrei-Barbero et al., 1999; Carboni et al., 2009; Kemp et al., 2013; Stéphan et al., 2014; Milker et al., 2015). Posebice je velika važnost rubnih morskih okoliša u paleookolišnim istraživanjima, te u istraživanjima promjena razine mora (Gehrels, 1994; Edwards et al., 2004; Marriner et al., 2014; Müller-Navara et al., 2017; Benjamin et al., 2017; Emmanouilidis et al., 2018). Podaci dobiveni analizom jezgara iz marinskih jezeraca Marinska, Arcij i Podbrajde korelirani su sa sedimentnim zapisom iz potopljenih ponikvi u cilju prepoznavanja njihovih starijih holocenskih ekvivalenata i utvrđivanja promjena paleookoliša i morske razine. Istraživane ponikve na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala i na otoku Cresu su manjih dimenzija i znatno pliće od prethodno opisanog Lošinjskoga bazena u kršu, te je njihov paleookolišni razvoj bio drugačiji.

6.3.1 Obilježja sedimenata iz marinskih jezeraca na otoku Cresu

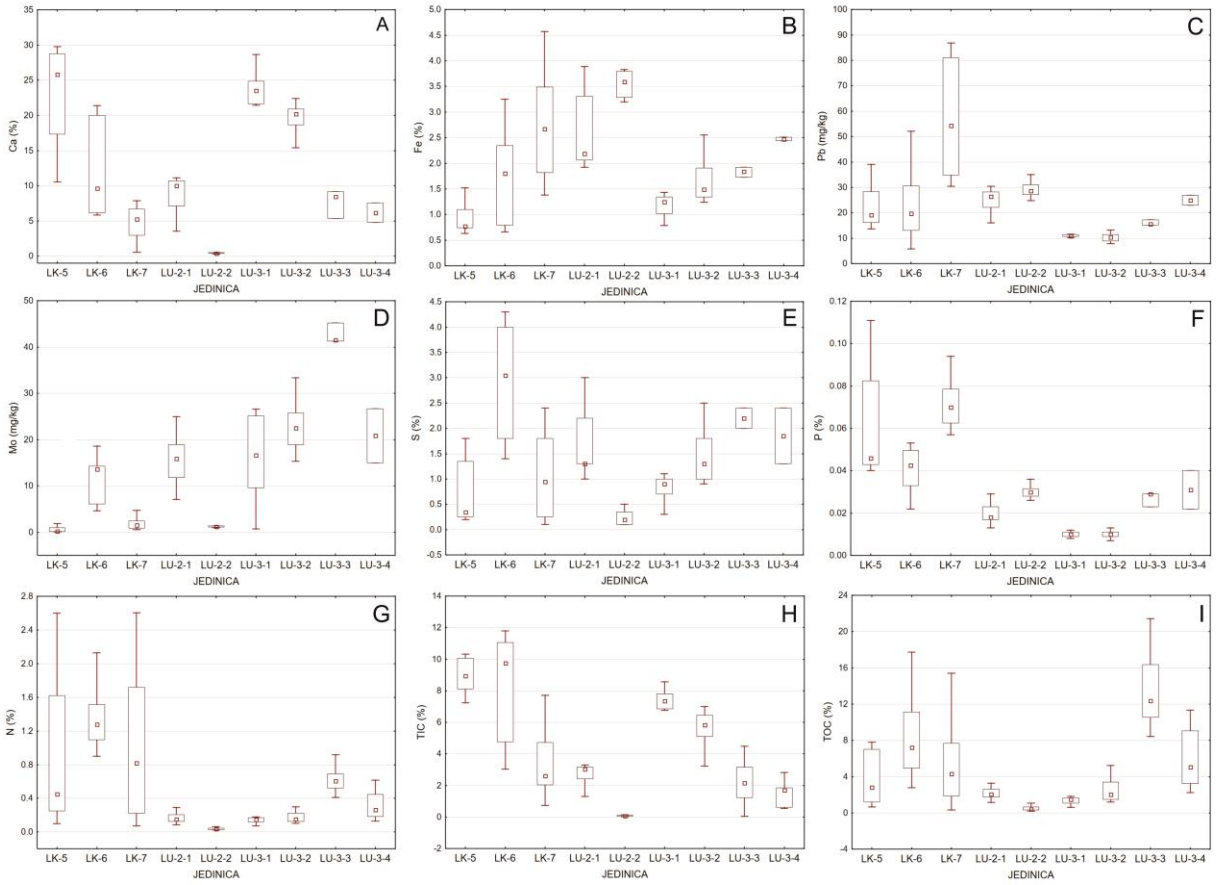
Opis osnovnih obilježja sedimenta i vode u istraživanim marinskim jezercima Marinska, Arcij i Podbrajde prikazan je u Tablici 46. U vrijeme uzorkovanja, voda u marinskom jezercu Marinska, gdje je izbušena jezgra sedimenata LK-5, bila je bočata s temperaturom iznad 28^{o}C i koncentracijom O_2 od 15,12 mg/l.

Tablica 46: Osnovna obilježja sedimenta i parametri vode u marinskim jezercima na otoku Cresu.

MARINSKO JEZERCE	VODA	DUBINA VODENOG STUPCA	NUTRIJENTI	ORGANSKA TVAR	Mo	DOMINANTNE VRSTE FORAMINIFERA
Marinska	morska	dublje (bez faza isušivanja)	visoki	visoka	kopneni	*Ammonia tepida*
Arcij	bočata	veoma plitko	visoki	visoka	redoks	*Haplophragmoides canariensis*
Podbrajde	morska	plitko (faze isušivanja moguće jedino na rubu jezerca)	visoki	visoka	kopneni	rijetke ali prisutne

Sedimenti u ovom plitkom marinskom jezercu obilježeni su visokim udjelom N i P (Slika 143). Visoki udio potonjeg elementa u površinskim sedimentima vjerojatno je posljedica nepotpune mineralizacije organskog materijala koji je nedavno istaložen (Holtan et al., 1988). Izvor navedenih elemenata također može biti i ptičji izmet (guano) (Batanero et al., 2017), s obzirom da istraživano područje nastanjuju močvarne ptice selice. Visoki udio nutrijenata omogućio je razvoj okolišnih

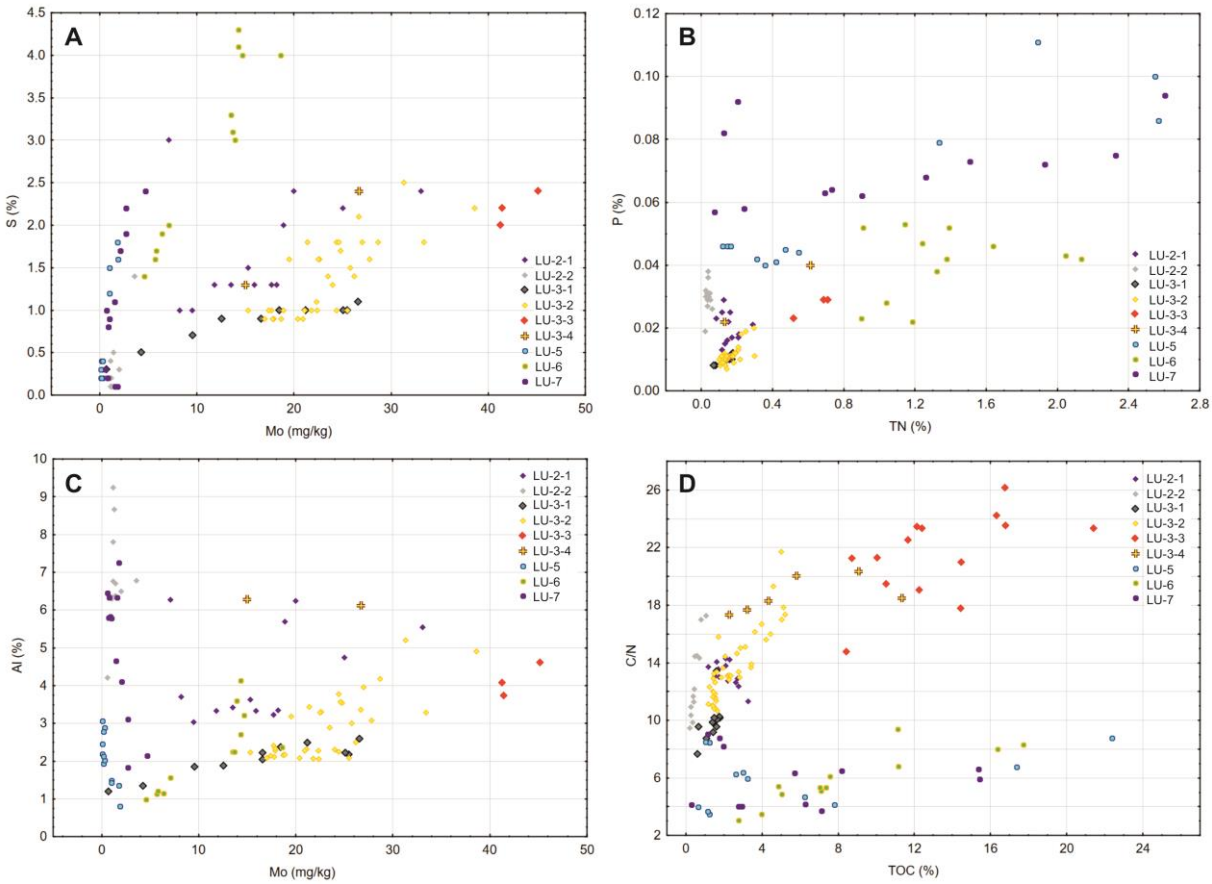
uvjeta pogodnih za akumulaciju organske tvari u sedimentu (Slika 143). Niski omjer C/N ukazuje da je organska tvar dominantno algalnog porijekla (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Karbonati su također važna komponenta sedimenta (visok TIC, Ca, $CaCO_3$). Koncentracije Mo i S u sedimentima marinskog jezerca Marinska su niske (Slika 143, 144). Vjerojatno je da Mo očuvan u sedimentu nije indikator anoksičnih uvjeta, već se može povezati s donosnom materijala s kopna (Goldberg et al., 1996). Navedeno se može zaključiti iz korelacije Mo s Al (Slika 144).



Slika 143: Pravokutni dijagrami (Box-plot dijagrami) osnovnih kemijskih parametara u jezgrama sedimenata LK-2, LK-3, LK-5, LK-6 i LK-7. Središte pravokutnika je medijan, donji i gornji dio pravokutnika su prvi i treći kvartil, a donja i gornja međa maksimalna i minimalna vrijednost.

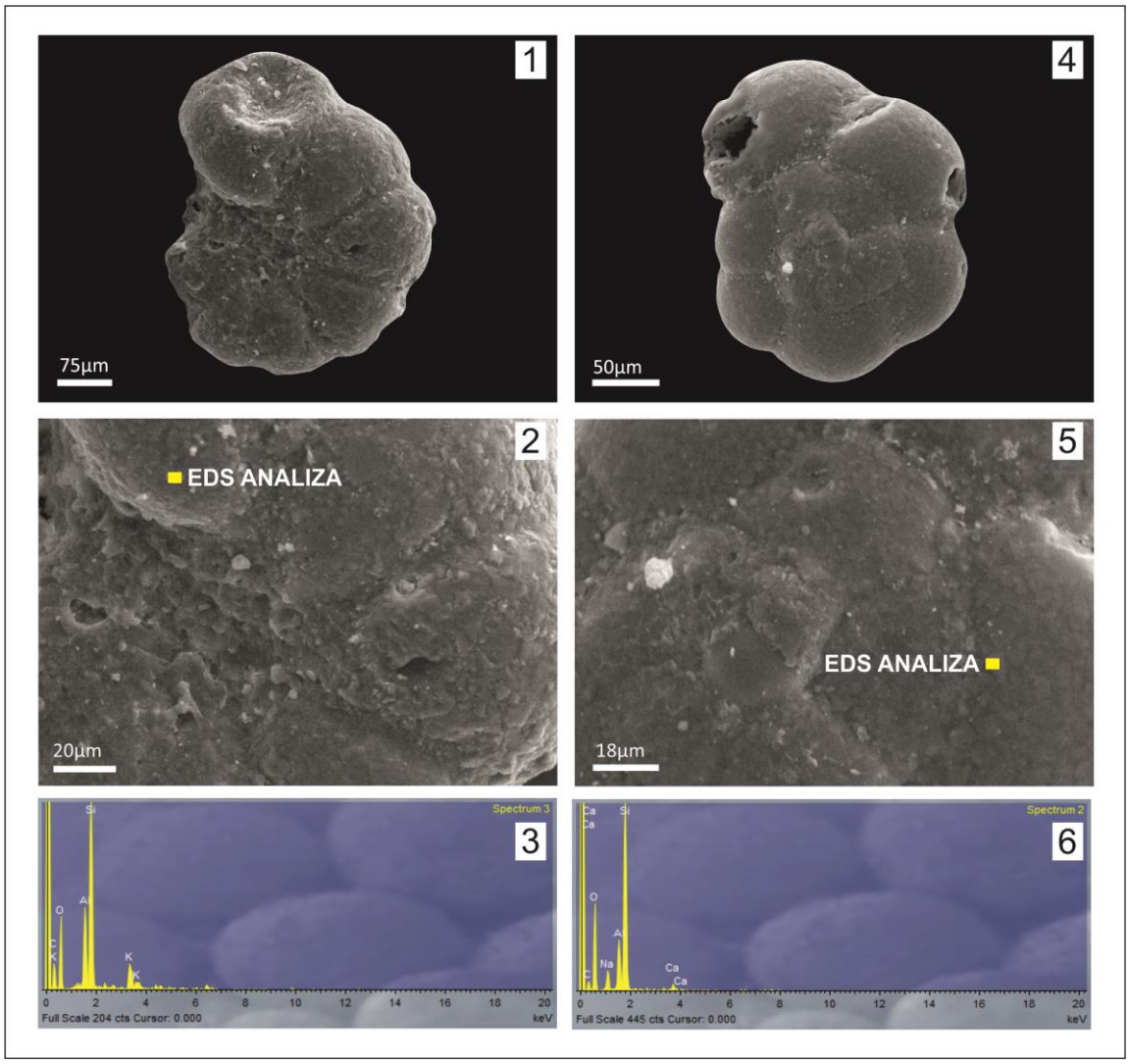
Isključivo aglutinirane foraminifere koje nastanjuju intertajdalne okoliše su određene u površinskom uzorku iz marinskog jezerca Marinska. Dominiraju vrste *H. canariensis* i *T. inflata*, koje čine 90,1% zajednice. Vrste *E. macrescens* i *M. fusca* su značajno manje zastupljene. Navedeni rodovi i vrste prethodno su prepoznati i u drugim rubnim morskim okolišima, poput slanih močvara, laguna i estuarija na prostoru Jadrana (Cimerman & Langer, 1991; Serandrei Barbero et al., 2004; Felja et al., 2015; Shaw et al., 2016). Debenay (2001) je uočio prisutnost vrste *T. inflata* u močvarama promjenjivog saliniteta i sadržaja organskog ugljika, dok su Debenay & Guillou (2002) ukazali da ova vrsta dominantno obitava u muljevitim sedimentima mikrotajdalnih okoliša na prostoru Mediterana.

Međutim, na prostoru otoka Cresa *T. inflata* nastanjuje okoliš s visokim udjelom organskog ugljika, ali i pijeska, kojeg u sedimentima jezerca Marinska ima do 75%. Određena zajednica aglutiniranih foraminifera ukazala je na značajan utjecaj morskih mijena u marinskom jezercu na otoku Cresu. Marinsko jezerce Marinska udaljeno je 50 m od obalne linije i moguće je da postoji utjecaj morskih mijena kroz krš, što uzrokuje fluktuacije u razini vode u jezercu. Iako je raznolikost aglutinirane zajednice foraminifera u Marinskoj mala, čini se da su prepoznate vrste dobro prilagođene na uspostavljene okolišne uvjete.



Slika 144: Dijagrami raspršenja elemenata u jezgrama LK-5, LK-6 i LK-7, te izdvojenim jedinicama jezgara LK-2 i LK-3. A) S-Mo, B) N-P, C) Mo-Al, D) TOC-C/N .

Veličina čestica sedimenta, kao i njihov mineralni sastav, je izuzetno važan za aglutinirane foraminifere koje kućicu grade od sedimenta prikupljenog u okolišu koji nastanjuju (Allen et al., 1999; Armynot du Châtelet et al., 2008; Armynot du Châtelet et al., 2013). SEM-EDS analiza ukazala je da su prepoznate aglutinirane foraminifere koristile kvarc, amfibole, tinjce i feldspate za gradnju kućica (Slika 145). Neki od navedenih minerala nisu prepoznati u ukupnom mineralnom sastavu sedimenta, vjerojatno kao posljedica njihove male zastupljenosti. Allen et al. (1999), Armynot du Châtelet et al. (2008), Makled & Langer (2010) i Armynot du Châtelet et al. (2013) su utvrdili da foraminifere odabiru određena mineralna zrna u okolišu koji nastanjuju, te da također postoje razlike i u odabiru mineralnih zrna među vrstama.



Slika 145: SEM-EDS analiza kućica foraminifera: 1-3 jednka vrste Haplophragmoides canariensis i mineralno zrno K-feldspata, 4-6 jedinka vrste Trochammina inflata i zrno plagioklasa.

U sedimentima iz jezerca Marinska prepoznat je mineral sepiolit, koji je često prisutan u zaštićenim okolišima, jezercima ili plitkim bočatim jezerima sa snažnim isparavanjem (Ordóñez et al., 1991; Velde, 1995; Meunier, 2003; Bustillo & Alonso-Zarza; 2007). Do izravnog taloženja sepiolita dolazi iz otopina bogatih Mg i Si (Mayayo et al., 1998) u okolišima s povišenim pH (Starkey & Blackmon, 1984). Prisutnost sepiolita u sedimentima iz jezerca Marinska može se povezati sa značajnim utjecajem klimatskih uvjeta (oborina i isparavanja) na razinu vode u jezercu, koje je nastalo u dolomitnim stijenama. Sezonska promjenjivost klimatskih uvjeta na istraživanom prostoru s periodima snažnog isparavanja, skupa s intruzijom morske vode kroz krš, vjerojatno su omogućili taloženje sepiolita.

Mjerenja vodljivosti (E_c) i koncentracije O_2 u vodi marinskog jezerca Arcij ukazala su na postojanje kisikom bogatog izoliranog morskog okoliša na otoku Cresu. Bez obzira na veću udaljenost ovog marinskog jezerca od mora (92 m), snažnija intruzija mora vjerojatno se događa kroz okršeni

greben koji razdvaja marinsko jezerce od mora. Dominantno siltozan površinski sediment obogaćen je na TOC (7,58%) i TIC (8,29%), a organska tvar ima algalno porijeklo (C/N<12) (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Slično kao i u marinskom jezercu Marinska, udjeli indikatora primarne produkcije (N i P) su visoki. Koncentracije Mo i S u površinskom sedimentu su više u usporedbi s marinskim jezercima Marinska i Podbrajde, te je vjerojatno da su reduktivni uvjeti u sedimentu omogućili očuvanje organske tvari (Slika 143, 144). U jezercu Arcij izvor Mo mogao bi biti različit u odnosu na izvor Mo u jezercu Marinska (Slika 144). U brojnim radovima (Pedersen, 1989; Crusius et al., 1996; Calvert & Pedersen, 1993; Algeo & Lyons, 2006; Scholz et al., 2017) Mo je korišten kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu. Smatra se da do taloženja Mo dolazi u anoksičnim i organskom tvari bogatim bazenima s pragom (Algeo & Lyons, 2006). Obogaćenje Mo u sedimentima iz jezerca Arcij može se objasniti postojanjem reduktivnih uvjeta u okolišu. Koncentracije S u analiziranom sedimentu su također visoke (Slika 143). Sumporovodik (H_2S) je važan za vezivanje Mo, posebice u plitkomorskim okolišima i bazenima bez praga (Pedersen, 1989; Algeo & Lyons, 2006; Scholz et al., 2017). U sedimentu istraživanog jezerca pronađen je pirit, te je vjerojatno da S sudjeluje u procesima vezivanja Mo.

Uspostavljeni okolišni uvjeti nisu ograničavajući za razvoj zajednice foraminifera u jezercu Arcij. Najučestalija vrsta je *A. tepida* s udjelom u zajednici od 97% (Prilog 7). Ova vrsta uobičajeno nastanjuje brojne plitkomorske okoliše, te rubne morske okoliše (lagune, estuarije, slane močvare) i kopnene slane bazene s obzirom da je dobro prilagođena na vodu normalnog saliniteta, kao i bočatu i hiperslanu vodu (Jorissen, 1988; Debenay, 1990; Almogi-Labin et al., 1992; Debenay et al., 2001; Debenay & Guillou, 2002; Debenay & Guiral, 2006; Murray, 2006; Vidović, 2010; Frontalini et al., 2011a). U prethodno provedenim istraživanjima utvrđena je sposobnost vrste *A. tepida* da tolerira okolišni stres (Almogi-Labin et al., 1992; Debenay et al., 2001; Debenay & Guillou, 2002). Visoka zastupljenost ove vrste u jezercu Arcij također potvrđuje sposobnost njene prilagodbe na nepovoljne uvjete u okolišu. U istraživanom jezercu određene su i jedinke čija je protoplazma bila obojena otopinom rose Bengal. Prepoznate su i jednike koje imaju morfološke nepravilnosti, što također upućuje na nepovoljne uvjete u okolišu („okolišni stres“) ili moguće genetske ili mehaničke čimbenike koji su uzrokovali deformaciju (Almogi-Labin et al., 1992). Relativno mali broj obojenih i deformiranih jedinki (6) (Prilog 7) je pronađen u uzorcima. Navedeno ne olakšava objašnjenje osnovnog čimbenika koji uzrokuje „stres“ u marinskom jezercu Arcij. Vjerojatno je da su nedostak kisika i visoki udio nutrijenata u sedimentu dominantni čimbenici.

U marinskom jezercu Podbrajde, koje je udaljeno 136 m od mora, izmjerene vrijednosti E_c ukazuju na postojanje normalnih morskih uvjeta. Geokemijskom analizom sedimenta utvrđena je sličnost s uvjetima u prethodno opisanim marinskim jezercima, posebice jezercu Marinska. Sediment

je obogaćen nutrijentima (N i P), a organska tvar je algalnog porijekla (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006) (Slika 143). Molibden je u sedimentima jezerca Podbrajde vjerojatno kopnenog porijekla (Slika 144) (Goldberg et al., 1996). Jedina značajnija razlika u geokemijskom zapisu, u odnosu na jezerca Marinska i Arcij, je povišena koncentracija Pb (Slika 143). Generalno se smatra da su povišene koncentracije Cd, Pb, Cu i Zn posljedica antropogenih aktivnosti (Clark, 2001). Obogaćenje sedimenata s Pb može se povezati s lovom (Mateo, 2009; Migani et al., 2015). Rezultati istraživanja koje su proveli Romano et al. (2016) pokazali su da Pb koje potječe od metaka potrošenih tijekom lova oksidira i razgrađuje se u močvarnim područjima što dovodi do mobilizacije i akumulacije ovog elementa u sedimentima. Migani et al. (2015) došli su do istog zaključka o porijeklu Pb u sedimentima laguna sjevernog Jadrana. Na ovaj način se također mogu objasniti povišene koncentracije Pb u sedimentima jezerca Podbrajde.

U površinskom uzorku ovog jezerca pronađeno je svega 7 jedinki foraminifera (Prilog 7). Nedostatak bogate zajednice foraminifera, u usporedbi s marinskim jezercima Marinska i Arcij, može biti posljedica veće udaljenosti ovog jezerca od mora i izravnog morskog utjecaja. Međutim, mjerenja konduktiviteta su pokazala da u ovom okolišu vladaju normalni morski uvjeti. Moguće je da su povišene koncentracije Pb spriječile razvoj bogate zajednice foraminifera u istraživanom marinskom jezercu. Suokhrie et al. (2017) su napravili pregled istraživanja foraminifera izloženih djelovanju različitih onečišćivača, uključujući teške metale. Većina istraživanja pokazala je da visoke koncentracije Pb u morskim sedimentima rezultiraju zajednicom niske bioraznolikosti i dominacijom oportunističkih vrsta, te također povećanjem morfoloških nepravilnosti kućica foraminifera. Frontalini et al. (2015) su izložili jedinke vrste *A. parkinsoniana* različitim koncentracijama Pb. Jedinke su imale citološke modifikacije koje mogu biti povezane s izlaganjem onečišćivačima. Ukoliko obogaćenje Pb u sedimentima istraživanog jezerca Podbrajde uzrokuje nedostatak foraminifera, tada bi korelacija modernih okoliša s onima koji su postojali prije antropogenog utjecaja, mogla biti veoma ograničena.

Prisutnost foraminifera u kopnenim okolišima koji su izolirani od izravnog morskog utjecaja objašnjena je prijenosom pticama (Debenay, 1990; Almogi-Labin et al., 1992). Na isti način može se objasniti prisutnost zajednice foraminifera u marinskim jezercima na prostoru otoka Cresa. Međutim, vjerojatno je da intruzija mora kroz okršeni greben ima ključni utjecaj na prisutost marinske faune na istraživanom području.

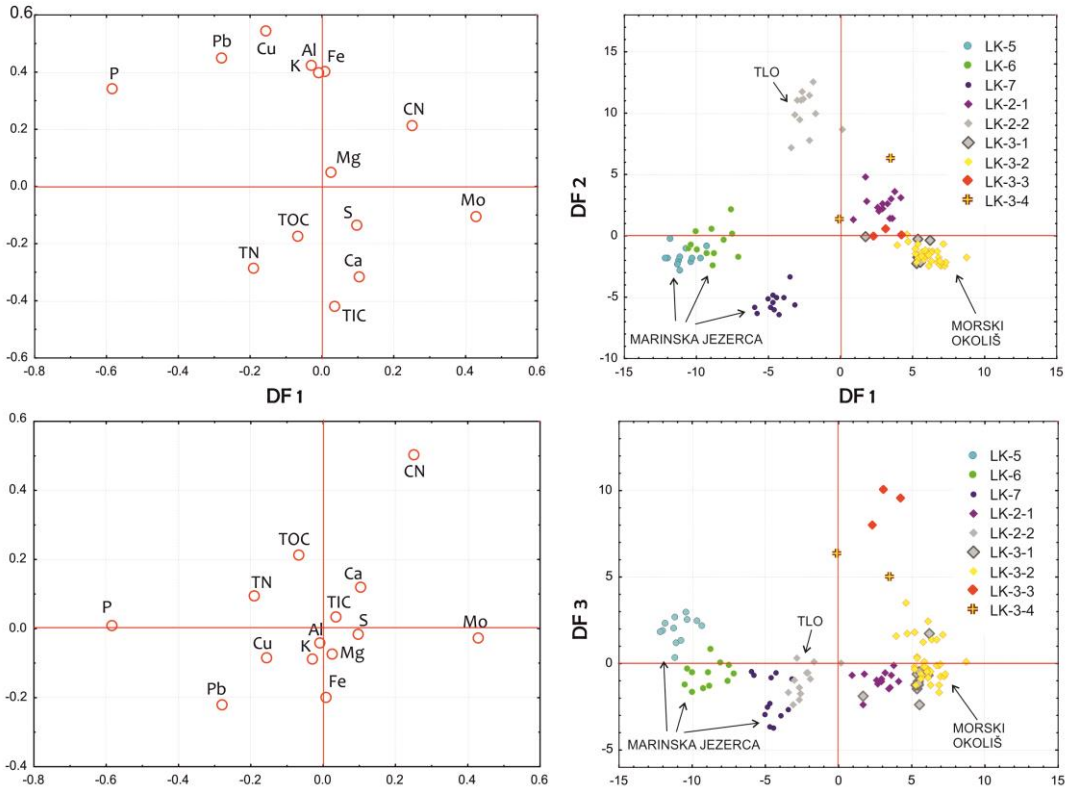
6.3.2 Paleookolišni razvoj danas potopljenih ponikvi na prostoru Lošinjskoga kanala tijekom holocena

Svaka jezgra izbušena u danas potopljenim ponikvama na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala sadrži holocenski zapis promjene okoliša povezane s promjenom razine mora (Slika 147). Jezgra sedimenata LK-2 izbušena je na prostoru uvale Jaz i sadrži 150 cm dugi sedimentni zapis koji obuhvaća >700 kalendarskih godina, jezgra sedimenata LK-3 dužine 370 cm obuhvaća zapis zadnjih oko 8 000 kalendarskih godina, dok jezgra sedimenata LK-13 dužine 554 cm obuvaća zapis zadnjih oko 8 500 kalendarskih godina. Istraživane potopljene ponikve imaju pragove na različitim dubinama koji su uvjetovali njihov paleookolišni razvoj.

Dva jasna intervala prepoznata su u jezgri sedimenata LK-2 izbušenoj u ponikvi u uvali Jaz. Analiza donjeg intervala (jedinica LK-2-2) ukazuje na postojanje tla s visokom koncentracijom metala (Al, Fe, K, Cu, Pb) (Slika 143). Udio netopivog ostatka i MS, kao mjere terigene komponente, su izuzetno visoki. Kvarc i muskovit/ilit su dominantne mineralne faze. Geokemijska i mineraloška obilježja sedimenata iz ovog intervala su tipična za *terra rossa* tla razvijena u karbonatnim terenima (Durn et al., 1999; Miko et al., 2001). U ovoj jedinici nisu prisutne jedinke foraminifera što dodatno podržava paleookolišnu interpretaciju (Slika 147).

Nagla promjena paleookoliša (jedinica LK-2-1) (Slika 147) dogodila se prije oko 711 kalendarskih godina. Udio karbonatne komponente je porastao (TIC, $CaCO_3$, Ca, kalcit, Mg-kalcit), što je obilježje sedimenata iz morskih okoliša duž istočne obale Jadrana (Pikelj et al., 2009; Pikelj, 2010). Značajan porast koncentracija Mo i S (Slika 143) vjerojatno ukazuje na uspostavu kisikom osiromašenog izoliranog vodenog tijela (Pedersen, 1989; Crusius et al., 1996; Calvert & Pedersen, 1993; Algeo & Lyons, 2006; Scholz et al., 2017). Navedenu pretpostavku potvrđuje i visoki udio TOC-a, i njegovog fluksa, što također implicira i visoku primarnu produkciju (Slika 143). Međutim, čini se da ovaj okoliš nije bio jednako produktivan kao današnja marinska jezerca na otoku Cresu ili pak ove razlike mogu biti posljedica dijagenetskih procesa (Slika 143). Očuvana organska tvar ima miješano kopneno i algalno porijeklo, što je također razlika u odnosu na današnja marinska jezerca. Prisutnost foraminifera upućuje na značajniji morski utjecaj od prije 711 kalendarskih godina. Određena je zajednica male raznolikosti (Prilog 7), te dominiraju vrste tipične za bočate rubne morske okoliše (*A. tepida*, *A. parkinsoniana* i *H. depressula*) (Murray, 2006; Vaničeк et al., 2000). Vrsta *A. tepida* i rod *Haynesina* dobro podnose nepovoljne uvjete u okolišu i manjak kisika (Almogi-Labin et al., 1992; Debenay et al., 2000; Debenay et al., 2001; Debenay & Guillou, 2002; Vidović et al., 2009). Međutim, vrsta *A. parkinsoniana* ne smatra se vrstom tolerantnom na okolišni stres (Vidović et al., 2014). Klaster analiza omogućila je korelaciju različitih uzoraka obilježenih sličnom zajednicom foraminifera

(Slika 130). Vjerojatno je da sličnost uzoraka iz prijelazne zone jezgre iz uvale Jaz i uzorka iz marinskog jezerca Arcij dokaz uspostave sličnog okoliša. Stoga, paleo-marinsko jezerce sa značajnim utjecajem mora, analogno današnjem jezercu Arcij, vjerojatno je formirano prije oko 711 kalendarskih godina kada se razina mora približila dubini praga od -0,5 m (Slika 147). Međutim, statistička analiza geokemijskih podataka ukazala je na geokemijsku različitost okoliša uspostavljenog u uvali Jaz prije 711 kalendarskih godina i današnjeg marinskog jezerca Arcij (Slika 146). Moguće je da su razlike posljedica različitog geološkog okruženja marinskog jezerca Arcij i uvale Jaz u kojoj je siliciklastični donos značajniji na što ukazuje mineralni sastav i udio netopivog ostatka.



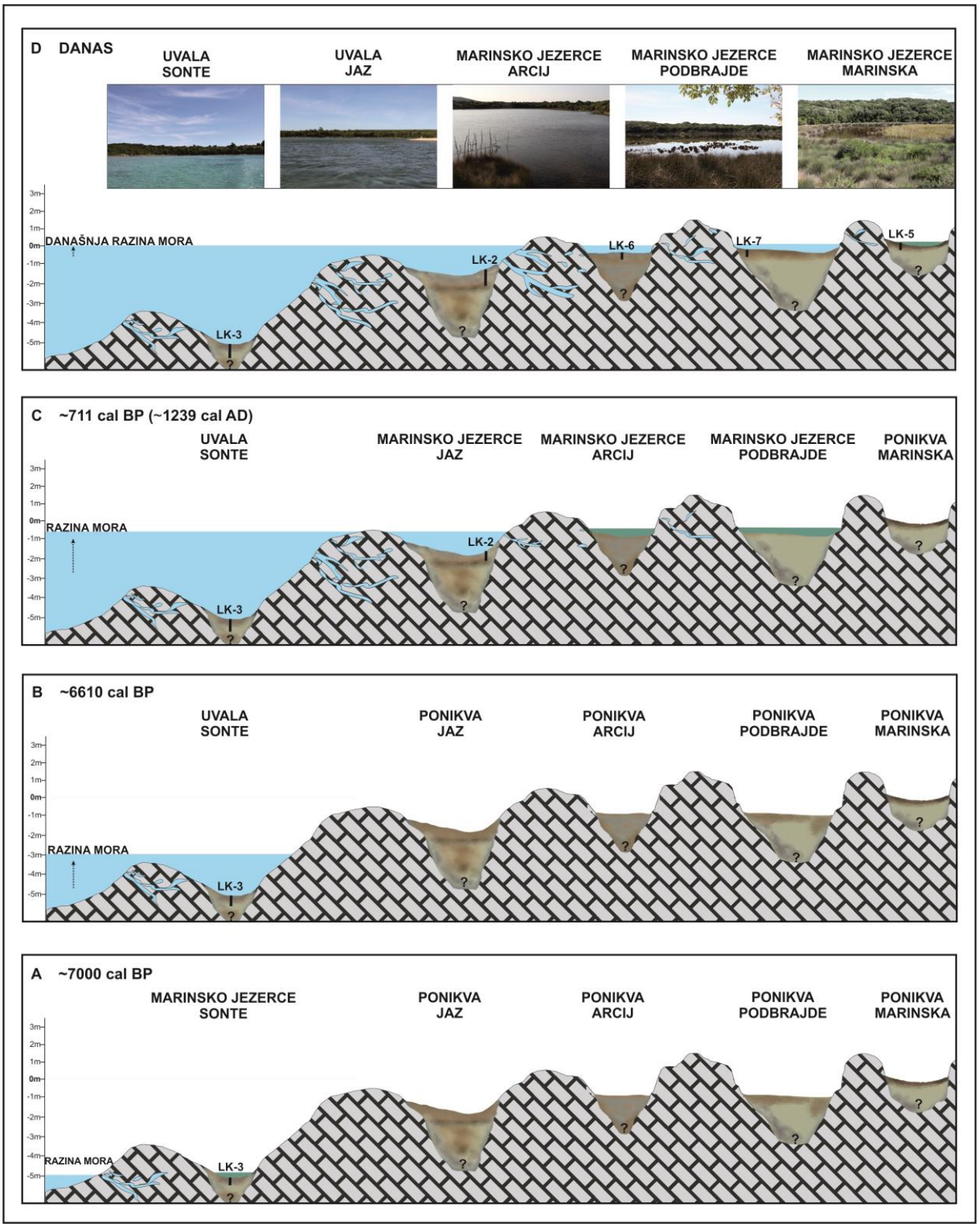
Slika 146: Diskriminantna analiza clr-transformiranih podataka s prikazom prve 3 diskriminantne funkcije (DF1–DF2 i DF1-DF3).

Vjerojatno je da je rubni okoliš (marinsko jezerce) u uvali Jaz postojao veoma kratak vremenski period prije nego što je u potpunosti potopljen porastom razine mora (Slika 147). Analiza površinskog dijela jezgre sedimenata LK-2 potvrđuje izraženiji morski utjecaj i daljnji porast udjela karbonata (rast TIC-a, $CaCO_3$, Ca, >kalcita). Današnja uvala Jaz je bogata nutrijentima (P i N) i organskom tvari dominantno algalnog porijekla (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Koncentracije Mo su visoke (do 8,2 mg/kg), što upućuje na reduktivne uvjete u sedimentu. U mineralnom sastavu sedimenata dominira kvarc, za razliku od drugih istraživanih morskih okoliša Lošinjskoga kanala u kojima dominira kalcit. Dominacija čestica veličine pijeska može se povezati s

geološkom građom okolnog područja (Fuček et al., 2014). Visoki udio pijeska utvrđen je i u sedimentima obližnjeg marinskog jezerca Marinska. Površinski uzorak iz uvale Jaz sadrži zajednicu foraminifera visoke raznolikosti u usporedbi s današnjim marinskim jezercima, kao i paleo-marinskim jezercem, sa sveukupno 32 prepoznate vrste. Najučestalije vrste *A. tepida*, *A. parkinsoniana*, *Ammonia* sp., *B. striatula*, *E. margaritaceum*, *E. translucens* i *H. depressula* uobičajeno nastanjuju morske okoliše obogaćene organskom tvari duž istočne obale Jadrana (Vidović, 2010; Vidović et al., 2016).

Paleookolišni razvoj uvale Sonte obuhvaća duži vremenski period (Slika 147). Današnja uvala Sonte ima maksimalnu dubinu od 5 m, dok je najveća dubina praga 3 m. Analizirani sitnozrnati sedimenti iz najdonjeg dijela jezgre (jedinica LU-3-4) pokazuju sličnost u geokemijskom i mineralnom sastavu najdonjem dijelu jezgre LK-2 iz uvale Jaz (Slika 146) i sastavom odgovaraju tlima (Durn et al., 1999; Miko et al., 2001). Unutar ovog intervala pronađen je mali broj jedinki foraminifera, što donekle otežava interpretaciju paleookoliša. Njihova prisutnost je vjerojatno posljedica transporta djelovanjem valova i/ili vjetra i postepenog porasta razine mora tijekom srednjeg holocena na morskoj strani okršenog praga.

U sedimentima iz jedinice LU-3-3 uočen je značajan porast u udjelu TOC-a i njegovom fluksu (Slika 143). Fluks TOC-a povišen je u odnosu na tipične morske okoliše (Tesi et al., 2013). Vjerojatno je došlo do razvoja vodenog tijela sa stagnantnom vodom prije oko 8 000 kalendarskih godina (prema modelu dubina-starost) na prethodno razvijenom tlu. Povećana dostupnost nutrijenata omogućila je akumulaciju organske tvari slično kao i u današnjim marinskim jezercima Marinska, Podbrajde i Arcij. Međutim, organska tvari je kopnenog porijekla, što moguće ukazuje na donos materijala s kopna u drugačijim klimatskim uvjetima ili rast kopnenih biljaka (Slika 143). Nastali okoliš je bio reduktivan, što je pospješilo očuvanje organske tvari. Relativno visoke vrijednosti i kovarijacija Mo i TOC podupire ovu pretpostavku (Slika 144) (Crusius et al., 1996; Calvert & Pedersen, 1993; Algeo & Lyons, 2006; Scholz et al., 2017). Koncentracija Mo u sedimentima jedinice LU-3-3 je viša u usporedbi s koncentracijama u današnjim marinskim jezercima (Slika 143), te je njegovo porijeklo vezano uz uspostavu izoliranog okoliša sa stagnantnom vodom. Koncentracija S je visoka i slična jezrcima Marinska, Arcij i Podbrajde na otoku Cresu, što dodatno podržava pretpostavku o postojanju ograničenog i kisikom osiromašenog vodenog tijela (Slika 147). Ovaj interval jezgre LK-3 iz uvale Sonte mogao bi se povezati s holocenskim pluvijalnim periodom koji je prepoznat i u jezgri sedimenata LK-12, te ranijim istraživanjima u Jadranskom moru (Wunsam et al., 1999; Schmidt et al., 2001) i jezerskim sedimentima iz krških polja s prostora istočne obale Jadrana (Schmidt et al., 2000; Balbo et al., 2006; Ilijanić et al., 2018).



Slika 147: Shematski prikaz razvoja sjevernog dijela Lošinjskoga kanala.

Dominantne vrste foraminifera *A. tepida*, *A. beccarii*, *H. depressula*, *A. mamilla*, *Porosononion* sp., *E. fichtelianum* i *C. gerthi* upućuju na postojanje plitkomorskog do bočatog okoliša (Murray, 2006). Vrste *A. tepida* i *A. beccarii* česte su u sedimentima istočne obale Jadranskog mora u područjima s visokim udjelima P i TOC-a (Vidović et al., 2014). Prisutnost roda *Haynesina* također se može povezati s obogaćenjem sedimenta organskom tvari (Debenay et al., 2001; Vidović et al., 2009;

Vidović et al., 2014). Klaster analiza pokazala je najveću sličnost zajednice foraminifera iz ove jedinice sa zajednicom u današnjem marinskom jezercu Arcij i prethodno opisanom prijelaznom zonom u jezgri sedimenata LK-2. Paleo-marinsko jezerce s vodom normalnog saliniteta vjerojatno je postojalo u današnjoj uvali Sonte prije oko 8 000 kalendarskih godina (Slika 131). Međutim, u statistički obrađenim geokemijskim podacima nije uočena sličnost između sedimenata iz današnjeg marinskog jezerca na otoku Cresu i sedimenata iz jedinice LU-3-3 (Slika 146). Navedena jedinica dobro korelira s najgornjim dijelom jezgre iz uvale Jaz (LU-2-1) što bi moglo ukazivati na sličnost ovih okoliša. Mikropaleontološki podaci i geokemija sedimenata stoga ukazuju na postojanje različitih paleookoliša, ali generalno daju dokaze o značajnom morskom utjecaju tijekom taloženja sedimenata iz jedinice LU-3-3.

Prije 6 600 kalendarskih godina (jedinica LU-3-2) smanjuje se udio TOC-a i koncentracija Mo, te raste udio TIC-a i $CaCO_3$, u usporedbi s prethodno opisanom jedinicom (Slika 147). Mineraloška i geokemijska analiza pokazala je da su karbonati postali značajna komponenta sedimenta. To je tipično obilježje morskih okoliša duž istočne obale Jadrana (Pikelj et al., 2009; Pikelj, 2010). Novo stvoreni okoliš je bio siromašan nutrijentima, što je onemogućilo akumulaciju organske tvari (Slika 143). Očuvana organska tvar ima miješano algalno-kopneno porijeklo (Slika 143) (C/N od 10,66-21,69) (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Dvije prepoznate podjedinice LU-3-2b i LU-3-2a vjerojatno ukazuju na rastući morski utjecaj.

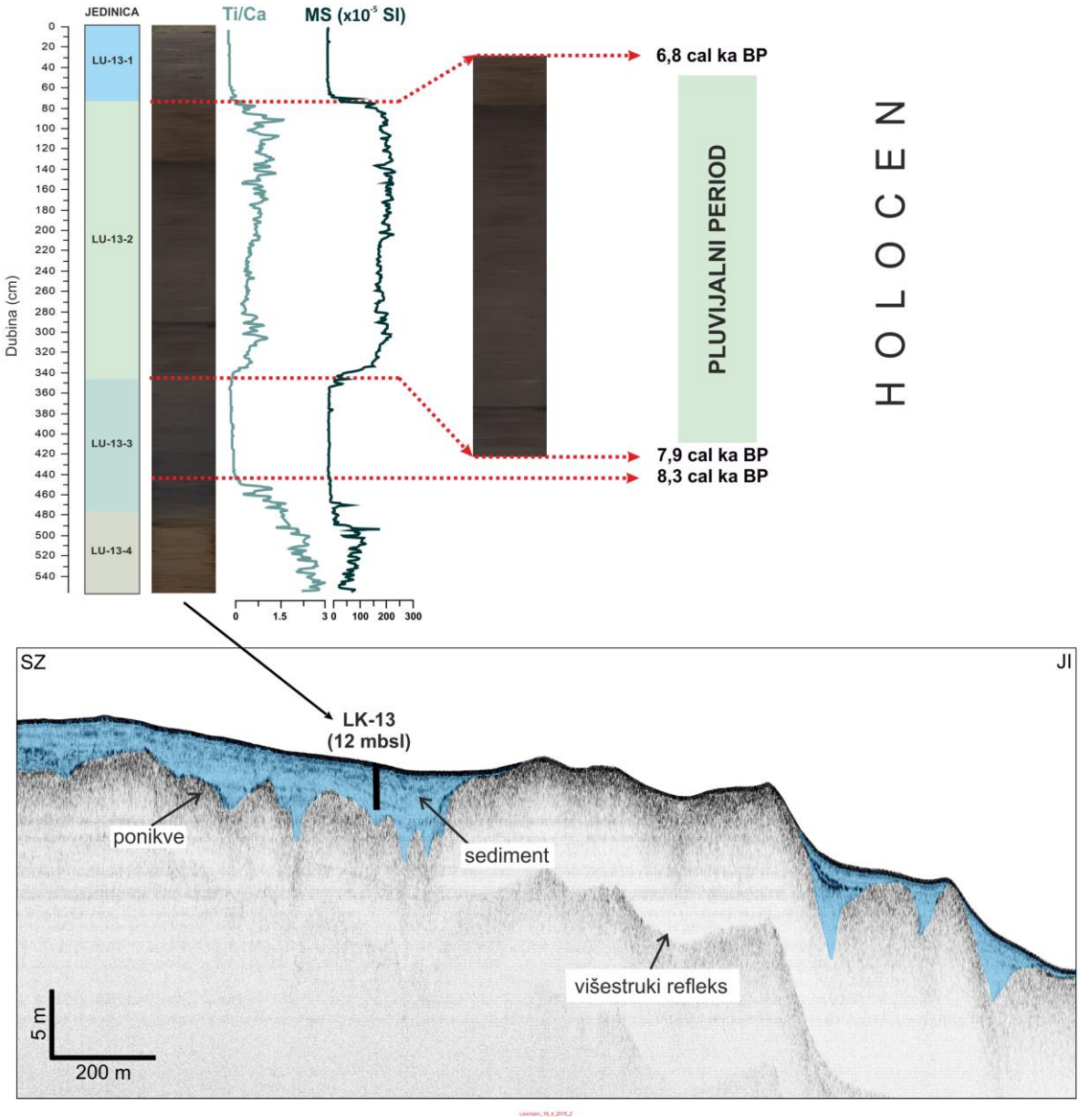
Zajednica foraminifera je raznolika s dominacijom vrsta *A. tepida*, *E. translucens*, *A. beccarii*, *Ammonia* sp., *C. gerthi*, *E. fichtelianum*, *Porosononion* sp.1, *Q. parvula* i *Q. seminula*. Određena zajednica slična je zajednici u prethodno opisanoj jedinici. Međutim, bogatstvo vrsta i njihova raznolikost značajno su se povećali. Također je uočeno povećanje u relativnim udjelima miliolidnih foraminifera. Ovo može ukazivati na postojanje izoliranog okoliša (Lidz & Rose, 1989; Debenay & Guillou, 2002; Ćosović et al., 2016) ili hiperslanih laguna (Debenay et al., 2001). Debenay & Guillou (2002) utvrdili su zajednicu vrsta *A. tepida* i *Q. seminula* u potplimnim/subtajdalnim područjima, močvarama i muljnim ravnicama s razvijenim vegetacijskim pokrovom. Prema Vidović (2010) miliolide su česte u morskim okolišima duž hrvatske obale Jadrana. Određena zajednica, koja se sastoji od rodova *Ammonia*, *Elphidium*, *Haynesina* i *Quinqeloculina* može se usporediti s prethodno prepoznatom zajednicom *Haynesina-Ammonia* u plitkomorskim okolišima u uvali Soline na otoku Krku i Ninskom zaljevu (Vidović, 2010). Klaster analiza grupirala je uzorke iz ove jedinice u isti podklaster s površinskim uzorkom iz uvale Jaz gdje su danas uspostavljeni plitkomorski okolišni uvjeti. Statistička analiza geokemijskih podataka također je ukazala na ovu sličnost (Slika 146). Vjerojatno je da je prije oko 6 600 kalendarskih godina utjecaj mora postao izraženiji u uvali Sonte, te da je more poplavilo prag i ponikvu (Slika 147).

Najgornji dio jezgre sedimenata iz uvale Sonte (jedinica LU-3-1) geokemijski se razlikuje od prethodno opisanih intervala jezgre (Slika 143). Razlike u geokemijskom sastavu su posljedica uspostave stabilnijeg i nešto dubljeg morskog okoliša veoma sličnog današnjemu (Slika 147). Udio karbonatne komponente (TIC, $CaCO_3$, Ca) je visok, dok se smanjio udio pokazatelja donosa siliciklastične komponente (MS, netopivi ostatak, Ti, Fe, Al). Manja količina nutrijenata uvjetovala je smanjenje primarne produkcije, te je stoga sadržaj organske tvari nizak (Slika 143). Određene su niske koncentracije Mo i S, što upućuje na postojanje sedimenta bogatog kisikom što onemogućava sačuvanje organske tvari. Međutim, iako je sediment oksigeniran, izmjerene koncentracije 0_2 u vodi su niže u usporedbi s marinskim jezercima na Cresu, vjerojatno kao posljedica veće dubine u uvali Sonte. Zajednica foraminifera u pregledanim uzorcima iz jedinice LU-3-1 je velike raznolikosti. Dominantno su prisutne vrste *G. praegeri*, *H. depressula*, *H. germanica*, *A. tepida*, *A. mamilla* i *B. pseudoplicata*, tipične za plitkomorske okoliše u Jadranu (Jorissen, 1988; Vidović, 2010; Ćosović et al., 2011, Markulin, 2018).

Slijed sedimenata očuvan u potopljenoj ponikvi iz sjevernog dijela Lošinjskoga kanala (jezgra sedimenata LK-13) sadrži zapis paleookolišnih promjena tijekom zadnjih oko 8 500 kalendarskih godina (Slika 148). Geofizičko istraživanje potvrdilo je postojanje debelog slijeda sedimenata (debljine do oko 7 m) u ponikvi u kojoj je izbušena jezgra sedimenata LK-13 (Slika 148). Na geofizičkim profilima dobro se uočava postojanje praga na dubini od 12 m, koji razdvaja ponikvu u kojoj je izbušena jezgra sedimenata LK-13 od bazenskog dijela Lošinjskoga kanala. Reflektori slabe amplitude nisu omogućili podjelu sukcesije sedimenata u ponikvi na jasne seizmičke jedinice.

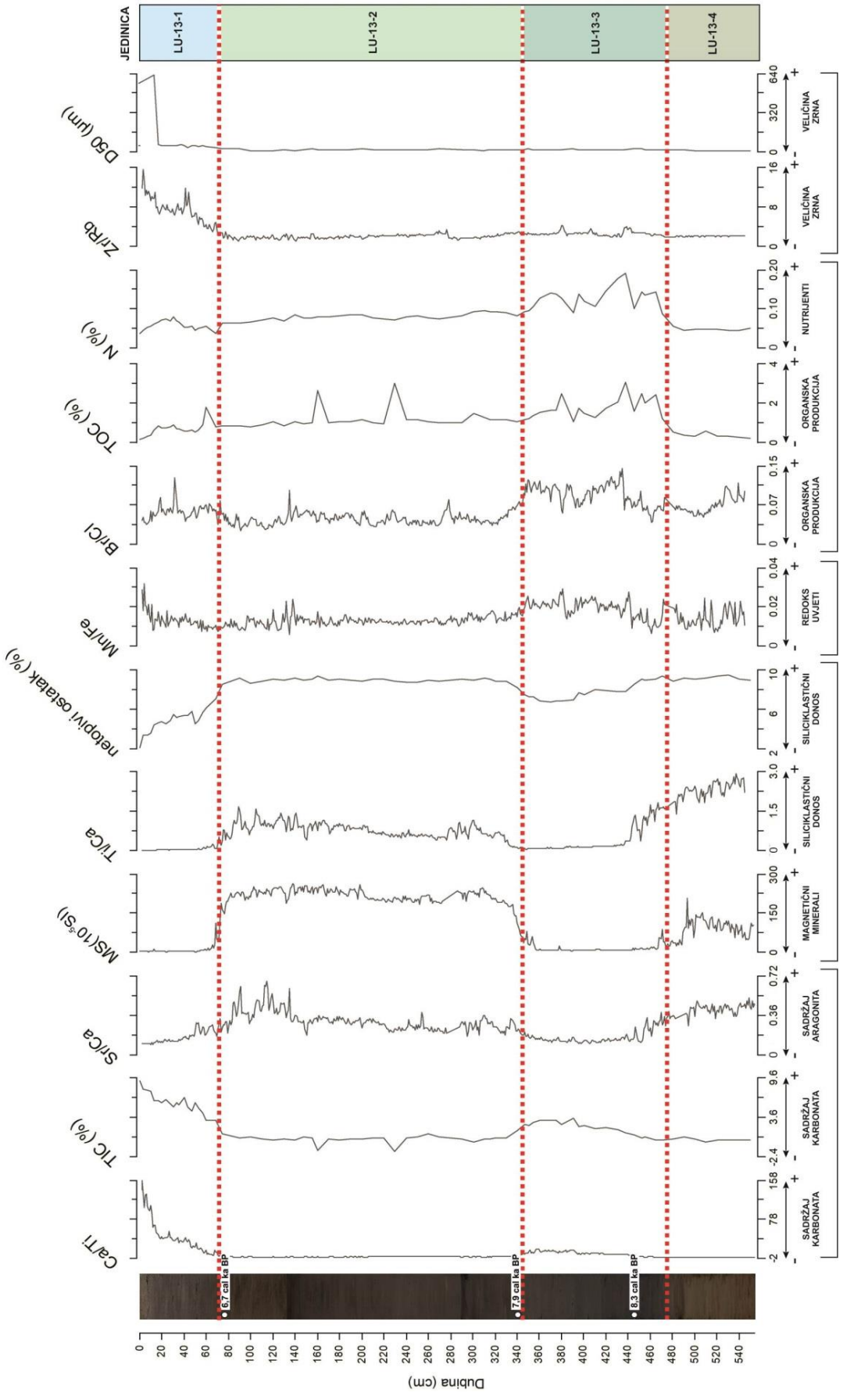
Najdonji dio jezgre (jedinica LU-13-4) sadrži značajan udio čestica veličine glina, te siliciklastičnog materijala (visoki MS, omjer Ti/Ca, netopivi ostatak) (Slika 149, 150). Kvarc, plagioklasi, muskovit/illit i kaolinit su određene mineralne faze. Mineraloška i geokemijska signatura ove jedinice upućuje na razvoj tla u istraživanoj ponikvi (Durn et al., 1999; Miko et al., 2001), slično kao u prethodno opisanim ponikvama u uvalama Jaz (LU-2-2) i Sonte (LU-3-4). Pronađeno je svega nekoliko jedinki foraminifera u ovom intervalu jezgre, koje su vjerojatno pretaložene (Slika 151).

Značajna promjena u sedimentima iz jedinice LU-13-3 dobro se uočava u geokemijskim, mineraloškim i mikropaleontološkim podacima. Magnetski susceptibilitet i drugi indikatori donosa siliciklastičnog materijala (omjer Ti/Ca, netopivi ostatak) se smanjuju, dok udio karbonata blago raste (TIC, CaCO3, Ca/Ti) (Slika 149). U mineralnom sastavu određeni su i karbonatni minerali (kalcit, dolomit, Mg-kalcit). Porast karbonata u jezgrama iz uvala Sonte i Jaz ukazao je na taloženje u morskom okolišu.

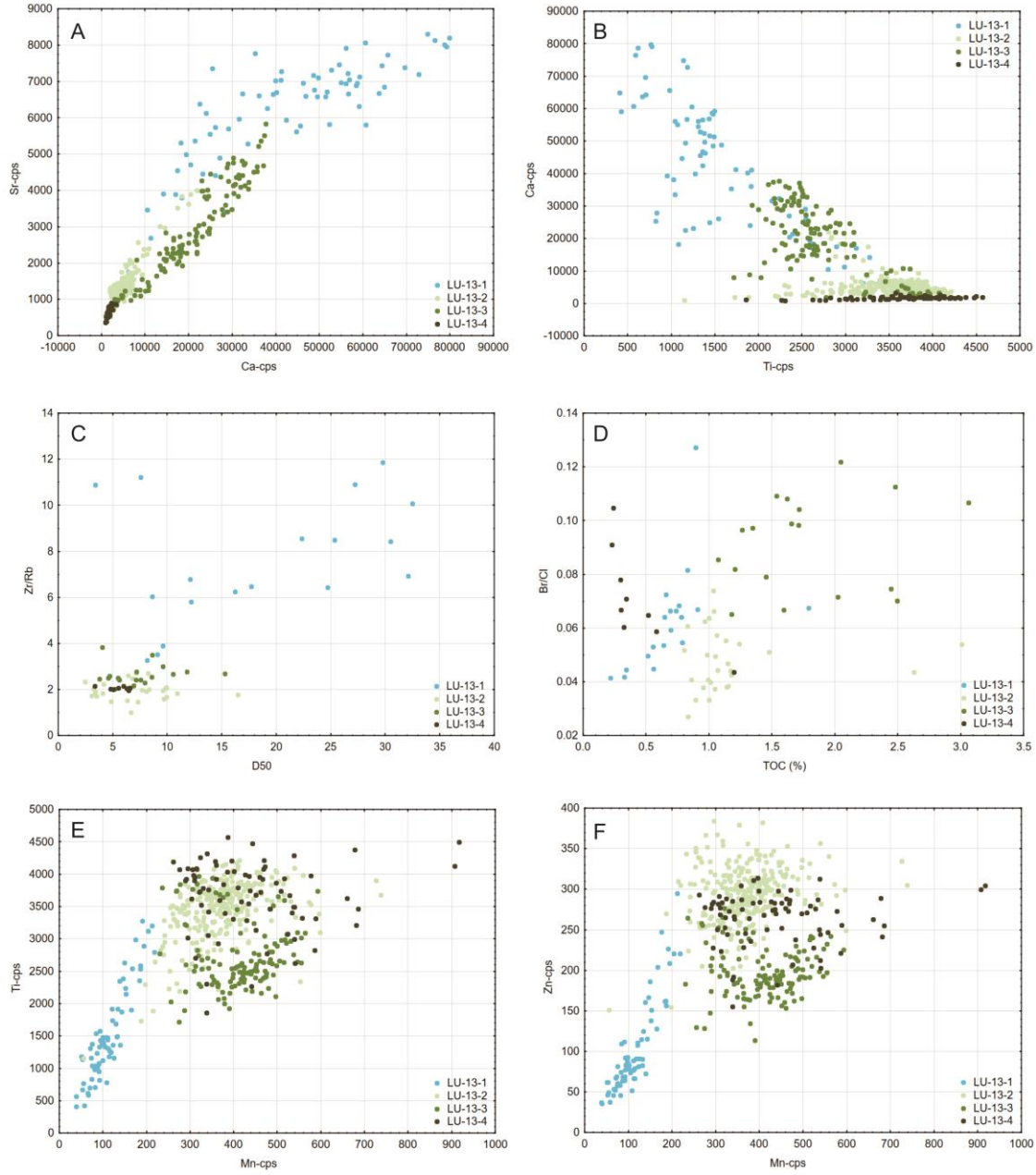


Slika 148: Seizmički profil visoke rezolucije s vidljivim ponikvama i izbušena jezgra sedimenata LK-13.

Važno obilježje sedimenata iz jedinice LU-13-3 je visok udio organske tvari kopnenog porijekla veći od >2% (Meyers, 1994; Meyers, 2003; Lamb et al., 2006). Omjer Br/Cl također dobro odražava porast TOC-a, te je moguća primjena ovog omjera kao indikatora organske tvari u jezgri sedimenata LK-13 (Slika 150). Visok udio N upućuje na visoku produktivnost, dok porast S (cps) ukazuje na reduktivne uvjete u okolišu koji su omogućili očuvanje organske tvari. Indikator reduktivnih uvjeta je i pirit koji je također prisutan u analiziranim uzorcima. Omjer Mn/Fe ne može se koristiti u ovoj jedinici kao pokazatelj redoks uvjeta u okolišu s obzirom na dobru korelaciju s Ti i Zn (Slika 150).



Slika 149: Distribucija odabranih geokemijskih i sedimentoloških pokazatelja u jezgri sedimenata LK- 13.



Slika 150: Dijagrami raspršenja u izdvojenim jedinicama jezgre sedimenata LK-13: A) Sr-Ca, B) Ca-Ti, C) Zr/Rb-D_{50}, D) Br/Cl-TOC, E) Ti-Mn, F) Zn-Mn.

Navedeni rezultati omogućili su interpretaciju paleookolišnog razvoja. Prije 8 300 kalendarskih godina na prostoru ponikve formirano je marinsko paleojezerce slično onima razvijenim prije 711 kalendarskih godina u uvali Jaz i prije 8 000 kalendarskih godina u uvali Sonte. Sličnost u geokemijskom sastavu, kao i zajednici foraminifera indikatori su postojanja marinskog jezerca. U većini uzoraka iz jedinice LU-13-3 dominira vrsta *A. tepida*, tipična za plitkomorske i bočate okoliše (Jorissen, 1988; Debenay, 1990; Debenay et al., 2001; Debenay & Guillou, 2002; Murray, 2006; Vidović, 2010; Frontalini et al., 2011a). Zajednica foraminifera male raznolikosti i niskog Fisher α indeksa (3,47-5,81) slična je zajednicama utvrđenim u intervalima s razvojem marinskih

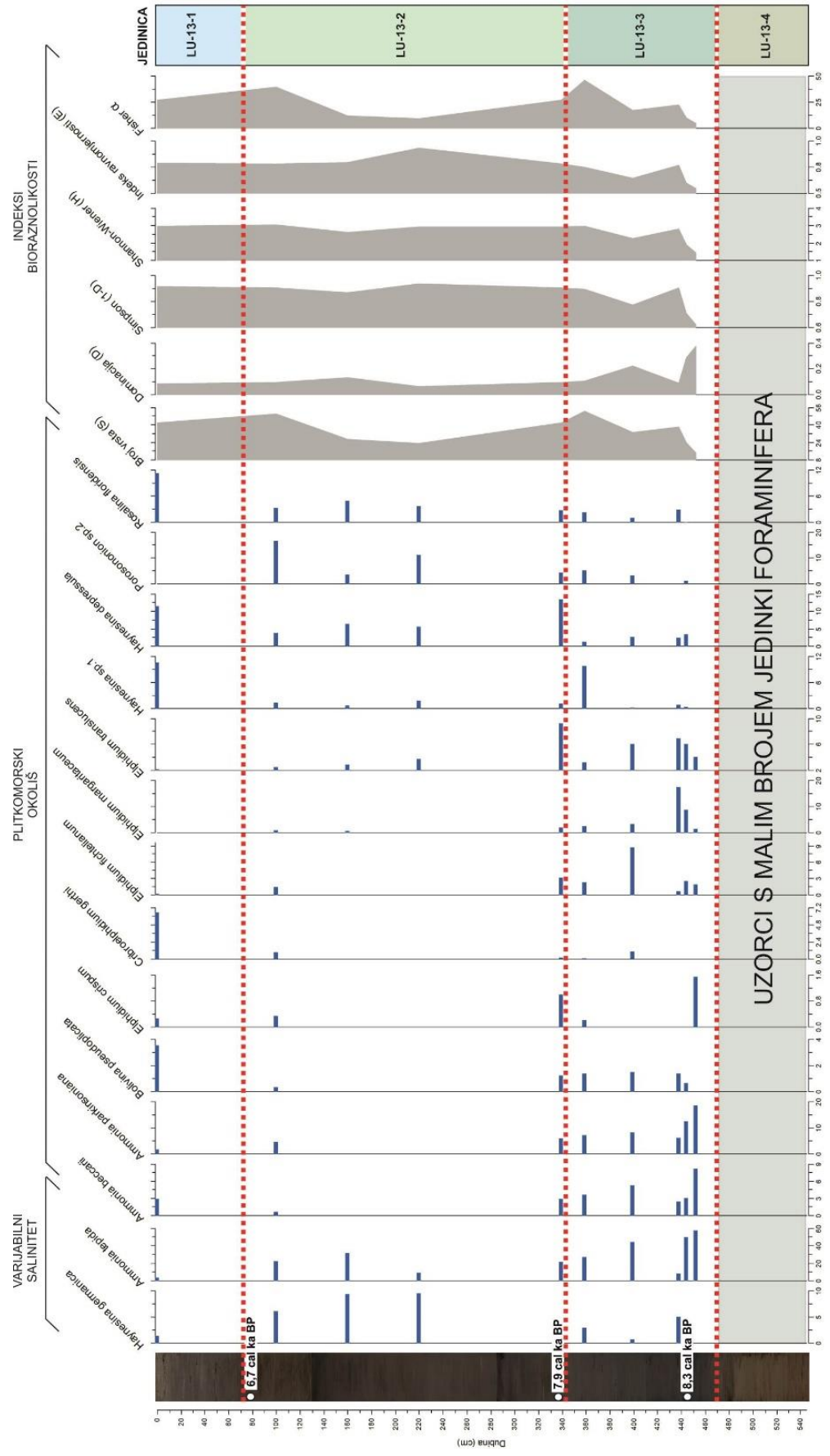
paleojezeraca u uvalama Jaz i Sonte, kao i današnjem marinskom jezercu Arcij. U sedimentima iz gornjeg djela jedinice raznolikost zajednice se povećala, kao i Fisher α indeks (10,79-15,97).

Prije 7 900 kalendarskih godina (jedinica LU-13-2) došlo je do promjene u paleookolišnim uvjetima na istraživanom prostoru. Naime, naglo raste donos siliciklastičnog materijala s kopna (porast MS, udjela netopivog ostatka, omjera Ti/Ca) (Slika 148, 149). Sedimenti jedinice LU-13-2 dominantno su izgrađeni od čestica veličine silta i gline, a mineralni sastav čine tipični silikatni minerali (kvarc, plagioklasi, muskovit/illit, kaolinit). Istaložena je značajna količina materijala (oko 275 cm) u svega 1100 godina. Navedeno upućuje na izraženu eroziju okolnog kopnenog prostora vjerojatno kao posljedica velike količine oborina. Ista faza pojačane erozije tijekom holocena utvrđena je analizom jezgara sedimenata LK-3 i LK-12. Međutim, u navedenim jezgarama nije određena starost na prijelazima gdje su geokemijski podaci ukazivali na postojanje pluvijalnog perioda, te stoga nije bilo moguće sa sigurnošću utvrditi početak ovog perioda. U jezgri sedimenata LK-13 iz ponikve sa sjevernog djela Lošinjskoga kanala navedeni prijelaz je datiran na 7 900 kalendarskih godina prije sadašnjosti, te je moguće korelirati ovaj sedimentološki događaj pojačanog donosa siliciklastičnog materijala s početkom holocenskog pluvijalnog perioda na istraživanom prostoru. Prethodnim istraživanjima je početak pluvijalnog perioda na prostoru Jadrana datiran na oko 8 400 godina prije sadašnjosti (Wunsam et al., 1999; Schmidt et al., 2000; Schmidt et al., 2001; Combourieu-Nebout et al., 2013; Ilijanić et al., 2018). Na temelju podataka iz jezgre sedimenata LK-13, utvrđeno je da je pluvijalni događaj na istraživanom prostoru završio prije 6 800 kalendarskih godina (Slika 148).

Mikropaleontološka analiza potvrdila je prisutnost morske faune, sa značajnim brojem jedinki foraminifera u pregledanim uzorcima. U uzorcima prevladavaju tipične plitkomorske vrste uobičajene za istočnu obalu Jadrana (Vidović, 2010). Klaster analiza je grupirala uzorke iz ove jedinice s uzorcima iz okoliša u kojima danas vladaju plitkomorski okolišni uvjeti (površinski uzorci jezgara LK-2 i LK-3) (Slika 130). Međutim, važno je istaknuti da se broj jedinki foraminifera smanjio u odnosu na prethodnu jedinicu (Slika 151), a veliki broj kućica jedinki je također bio je abradiran ili fragmentiran što potvrđuje postojanje dinamičnih okolišnih uvjeta.

Sedimenti iz jedinice LU-13-1, čije je taloženje započelo prije 6 800 kalendarskih godina, izgrađeni su od pjeskovito-siltoznih sedimenta dominantno karbonatnog sastava (visok TIC, $CaCO_3$, Ca/Ti, kalcit i dolomit) (Slika 149). Morski sedimenti dominantno karbonatnog sastava prepoznati su u površinskim dijelovima istraživanih jezgara, kao i u površinskim uzorcima morskog dna duž istočne obale Jadrana (Pikelj et al., 2009; Pikelj, 2010). Na porast veličine čestica u jezgri LK-13, prije svega udjela pijeska, ukazali su i rezultati geokemijskih analiza (omjeri Zr/Ti i Zr/Rb). Navedeni omjeri se

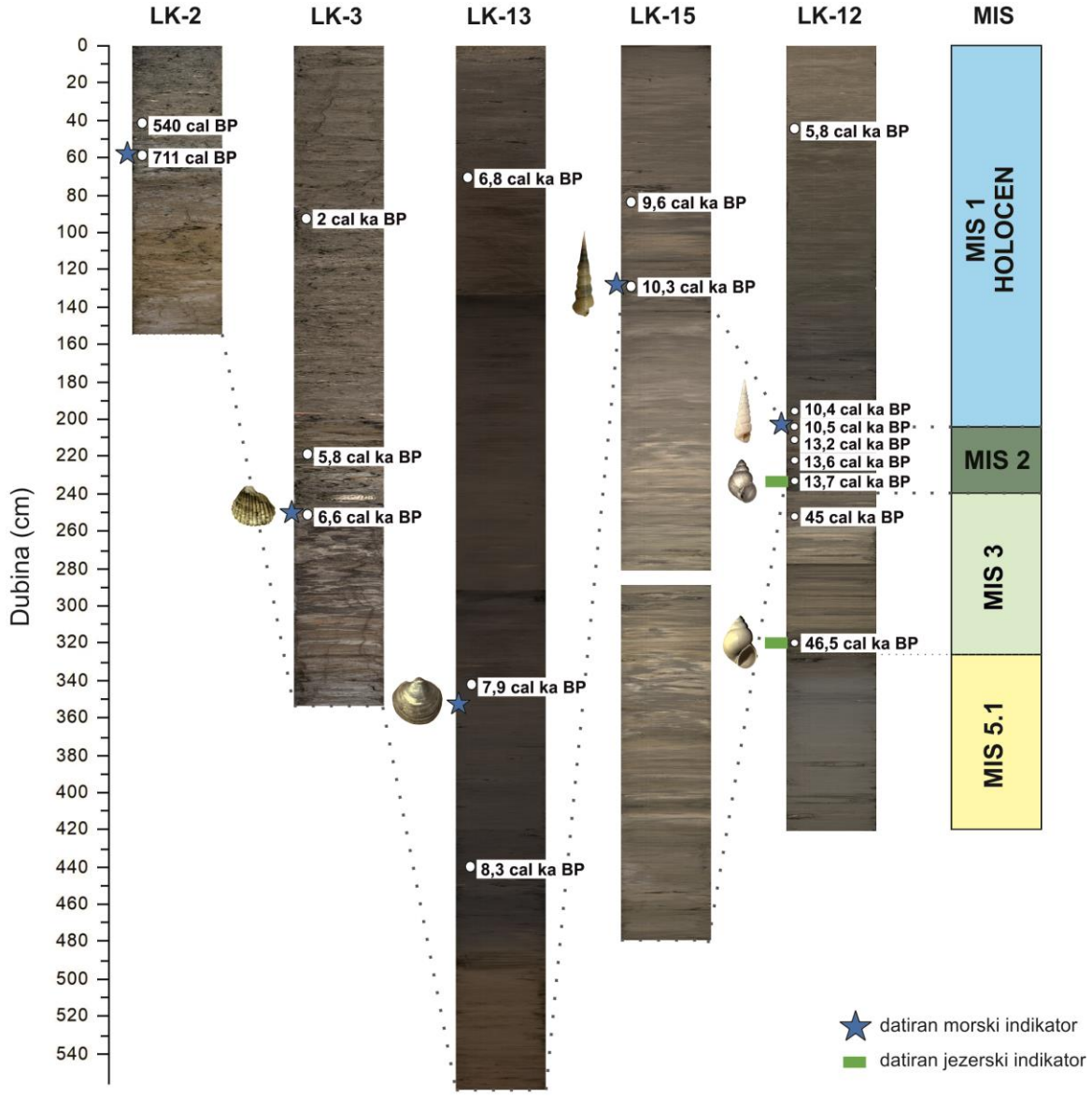
koriste kao alternativa granulometrijskim analizama i daju inicijalni podatak o distribuciji veličine čestica. Naime, Zr je česta komponenta krupnozrnatijih sedimenata veličine pijeska, dok je Rb sastavnica glina iako može biti prisutan i u K-feldspatima (Bassetti et al., 2016). Provedene geokemijske i granulometrijske analize pokazale su da se omjeri Zr/Ti i Zr/Rb mogu koristiti kao indikatori veličine čestica u jezgri sedimenata LK-13. Mala količina sedimenta (svega 72 cm) akumulirana je u periodu od 6 800 kalendarskih godina prije sadašnjosti do danas, što upućuje na manju brzinu sedimentacije u odnosu na jezgre iz ponikvi Jaz i Sonte. Ova činjenica, skupa s povećanjem veličine čestica, mogla bi biti indikator veće energije okoliša i erozije recentnog materijala iz sjevernog u bazenski dio Lošinjskoga kanala. Snažnija strujanja vjerojatno pospješuju eroziju što bi se moglo povezati s otvaranjem Osorskog kanala. Iako nema objavljenih podataka o recentim strujanjima na prostoru Lošinjskoga kanala, smjer strujanja obrne se više puta u jednom danu (M. Orlić, usmeno priopćenje). Za razliku od jezgara iz bazenskog dijela Lošinjskoga kanala, kao i drugih istraživanja (Filikci et al., 2017; Hasan, 2017), omjer Sr/Ca u jezgri LK-13 ne može se koristiti kao indikator uspostave morskih okolišnih uvjeta i taloženja aragonita, s obzirom da je u navedenoj jezgri ovaj mineral slabo zastupljen. Analiza zajednice foraminifera pokazala je sličnost uzoraka iz jedinice LU-13-1 s drugim plitkomorskim površinskim uzorcima, te dominacijom vrsta *Haynesina* sp. i *H. depressula* koje dobro podnose okolišni stres (Slika 151) (Vidović et al., 2009; Vidović et al., 2014). U površinskom uzorku je velika zastupljenost i epifaunalnih vrsta *A. mamilla* i *R. floridensis* (Slika 151), koje uobičajeno nastanuju pjeskovitu podlogu i okoliše s manjkom nutrijenata (Vidović, 2010).



Slika 151: Relativna zastupljenost vrsta foraminifera u uzorcima iz jezgre sedimenata LK-13.

6.4 Relativne promjene morske razine tijekom kasnog pleistocena i holocena na prostoru Lošinjskoga kanala

Razumijevanje promjena morske razine tijekom kvartara nužno je za procjenu promjena morske razine u budućnosti (Lambeck et al., 2011; Vacchi et al., 2016; Wahl et al., 2017; Antonioli et al., 2017). Promjene morske razine uvjetovane su globalnim faktorima poput klimatskih varijacija i termalne ekspanzije oceana. Izuzetno je bitan i utjecaj regionalnih faktora poput glacio-hidro-izostazije i lokalnih faktora poput tektonike (Murray-Wallace & Woodroffe, 2014). U Jadranu je moguće napraviti rekonstrukciju jedino relativnih promjena morske razine s obzirom na utjecaj regionalnih i lokalnih čimbenika (Surić et al., 2014).



Slika 152: Jezgre sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala i označeni intervali s datiranim pokazateljima promjene morske razine.

Česta je upotreba jezgara sedimenata izbušenih u izoliranim bazenima koje sadrže kontinuirani sedimentni zapis prilikom rekonstrukcije relativnih promjena morske razine (npr., Lloyd, 2000; Long et al., 2011; Fedje et al., 2018). Podaci dobiveni u ovoj disertaciji također su omogućili rekonstrukciju relativnih promjena razine mora na istraživanom prostoru tijekom kasnog pleistocena i holocena. Lošinjski kanal osim velike depresije u kršu, u kojoj su se izmjenjivali morski i kopneni okoliši tijekom kvartara, obuhvaća i niz depresija u kršu manjih dimenzija koje su međusobno odvojene pragovima. Dubina praga utjecala je na poplavljivanje ili izolaciju prostora sukladno s promjenama razine mora. Za odredbu promjena razine mora na temelju jezgara sedimenata iz Lošinjskoga kanala, osnovni podatak je vrijeme regresije ili transgresije mora preko praga. S ukupno 6 datuma bilo je moguće utvrditi relativne promjene morske razine (Slika 152).

Uzorci za datiranje odabrani su u intervalima gdje su obilježja sedimenata, kao i geokemijski podaci u centimetarskoj rezoluciji, te analiza mikrofosilne zajednice ukazali na značajne paleookolišne promjene kao što je opisano u prethodnim poglavljima (Slika 152). Okršenost istraživanog prostora donekle je otežala rekonstrukciju promjena morske razine, te uvjetovala razvoj bočatih okoliša u kršu, poput marinskih jezeraca i marinskih jezera prije poplavljivanja prostora. Korelacija s modernim analozima takvih okoliša omogućila je utvrđivanje njihovih kasno pleistocenskih i holocenskih ekvivalenata (poglavlja 6.2 i 6.3). Prisutna mikrofauna pokazala se dobrim indikatorom poplavljivanja morem, kao što je utvrđeno i u drugim istraživanjima (Lloyd, 2000; Lloyd & Evans, 2002; Edwards & Wright, 2015; Cosentino et al., 2017).

Izbušene jezgre iz duboke depresije u kršu i niza ponikvi na prostoru Lošinjskoga kanala ukazuju na prijelaze more-krško polje-jezero- krško polje-marinsko jezero-more (LK-12), krško polje-more (LK-15), te tlo-marinsko jezerce-more (LK-2, LK-3 i LK-13) tijekom kasnog pleistocena i holocena.

6.4.1 Lošinjski bazen

Dubina praga koji razdvaja Lošinjski bazen od Kvarnerića je 50 m. Jezgra sedimenata LK-12 izbušena je na dubini od 62 m, a jezgra sedimenata LK-15 na dubini od 64 m. Rezultati analiza provedenih na uzorcima jezgre sedimenata LK-12 su pokazali da je razina mora bila za oko 50-64 m niža u odnosu na današnju razinu mora, u periodu od prije 46 500-44 700 kalendarskih godina (Slika 153). Naime, postojanje jezera u kršu, koje je utvrđeno u ovom vremenskom intervalu, uvjetovano je razinom mora. Tijekom LGM-a sediment nije taložen na mjestu bušenja jezgre sedimenata LK-12. Ovo ukazuje na značajniji pad razine mora u intervalu koji nedostaje. Zabilježen je porast razine mora tijekom Allerøda, te je prije 13 700 kalendarskih godina razina mora vjerojatno bila za oko 64 m niža od današnje (Slika 153).

Morska transgresija preko praga dogodila se prije 10 500 kalendarskih godina. Dobiveni podatak ukazuje na razinu mora za 50 m nižu od današnje početkom holocena. Analiza jezgre sedimenata LK-15 ukazala je na morsku transgresiju prije 10 300 kalendarskih godina (Slika 153).

Slično kao na prostoru izoliranih bazena u Škotskoj (Lloyd, 2000) iz jedne sukcesije sedimenata bilo je moguće dobiti više pokazatelja morske razine. Nadalje, na seizmičkim podacima visoke rezolucije prepoznate su jezerske terase koje su indikator dugotrajnog postojanja konstantne razine jezera, a samim time i mora, na istraživanom prostoru (Slika 131). Na temelju prikupljenih podataka može se samo pretpostaviti vrijeme njihovog nastanka tijekom starijih MIS stadija (Poglavlje 6.2).

6.4.2 Ponikva na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala

Dubina praga koji razdvaja ponikvu u kojoj je izbušena jezgra sedimenata LK-13 na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala je 12 m, dok je jezgra sedimenata LK-13 dužine 554 cm također izbušena na dubini od 12 m. Analiza donjeg dijela jezgre ukazuje na razvoj tla, nastanak marinskog jezerca prije 8 300 kalendarskih godina, te morsku transgresiju vjerojatno prije oko 7 900 kalendarskih godina (Slika 153).

6.4.3 Ponikva u uvali Sonte

Dubina praga u uvali Sonte je 3 m, dok je jezgra sedimenata LK-3 dužine 371 cm izbušena na dubini od 5 m. Dno ponikve zapunjava tlo. Na tlu je razvijeno marinsko jezerce, te je potom uspostavljen morski okoliš. Datiranje prijelaza tlo-marinsko jezerce onemogućeno je izostankom materijala pogodnog za datiranje. Prijelaz marinsko jezerce-more datiran je na 6 600 kalendarskih godina prije sadašnjosti. Vjerojatno je da je tada more poplavilo prag dubine 3 m (Slika 153).

6.4.4 Ponikva u uvali Jaz

Dubina praga u uvali Jaz je 0,5 m, dok je jezgra sedimenata LK-2 dužine 150 cm izbušena na dubini od 0,3 m. Dno ponikve također zapunjava tlo, na kojem je došlo do kratkotrajne faze razvoja marinskog jezerca prije oko 711 kalendarskih godina, te brzog poplavljivanja praga morem (Slika 153).

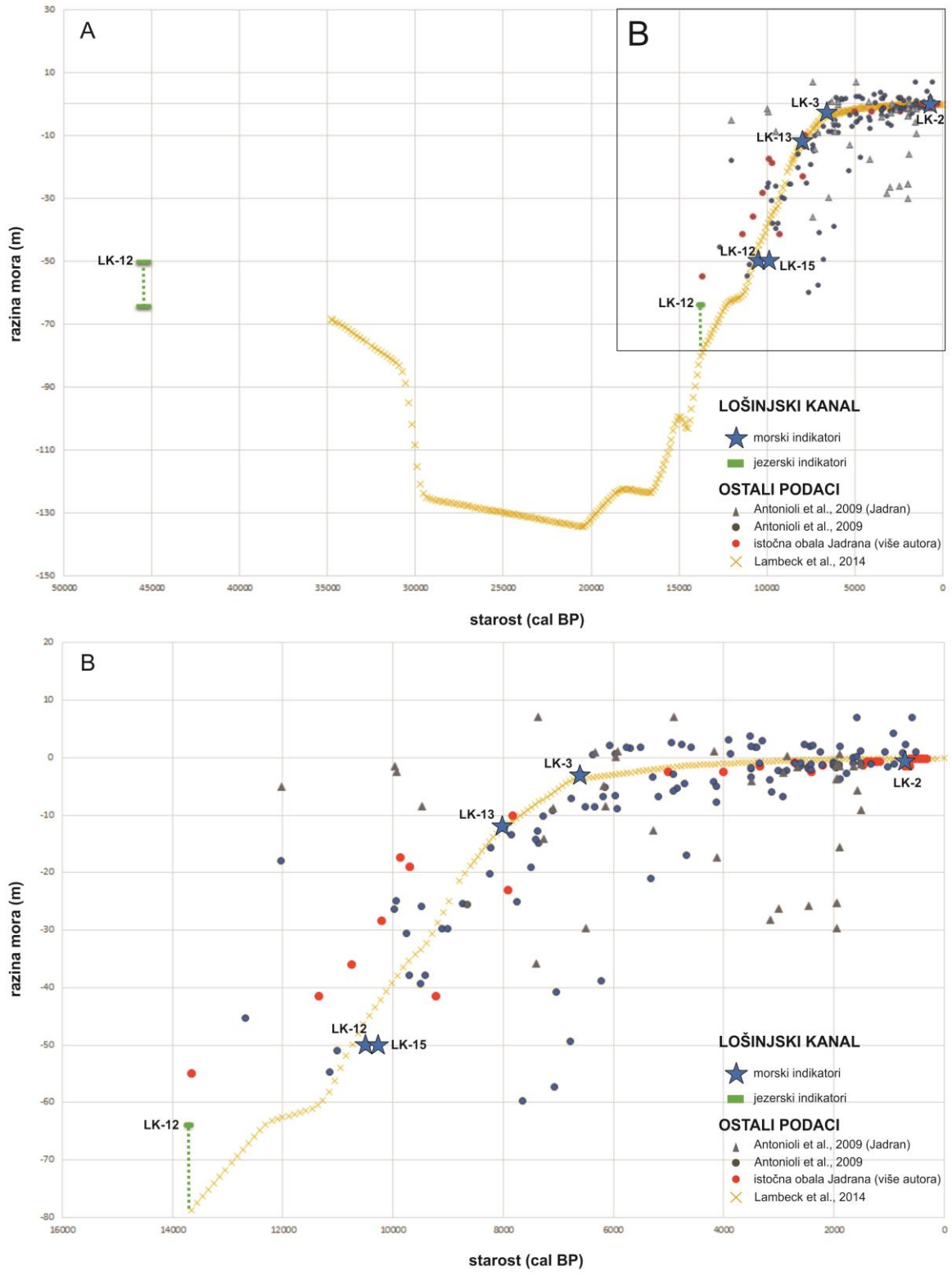
6.4.5 Usporedba s drugim pokazateljima relativnih promjena razine mora na prostoru Jadrana i eustatskim promjenama razine mora

Veliki broj istraživanja na prostoru Jadrana obuhvatio je problematiku promjena morske razine i izradu krivulja relativne promjene razine mora tijekom pleistocena i holocena. Stoga su svi prethodno opisani rezultati dobiveni istraživanjem sedimentnih sukcesija s prostora Lošinjskoga kanala uspoređeni s podacima o promjenama morske razine tijekom kasnog pleistocena-holocena iz Antonioli et al. (2009), Surić et al. (2004), Surić & Juračić (2010), Faivre et al. (2013), Wunsam et al. (1999), Govorčin et al. (2001), Malez et al. (1979), Schmidt et al. (2001), Hasan (2017) i Razum (2018), te eustatskim promjenama razine mora (Lambeck et al., 2014). Navedena istraživanja relativnih promjena razine mora na prostoru Jadrana temelje se na različitim pokazateljima promjena morske razine (sedimentološkim, geomorfološkim, biološkim), te su detaljno opisana u uvodnom dijelu disertacije.

Slika 153 je grafički prikaz usporedbe rezultata. Podaci prikupljeni u ovom istraživanju pokazali su dobru korelaciju i malo odstupanje od podataka o eustatskim promjenama morske razine (Lambeck et al., 2014), te određenim regionalnim podacima. Izuzetak je dobivena starost iz jezgre sedimenata LK-12 od 13 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti i određena razina mora za 64 m niža od današnje (Slika 153). Međutim, za pretpostaviti je da je ta razina bila maksimum moguće razine mora na prostoru Lošinjskoga kanala prije 13 700 godina, s obzirom da se podatak zasniva na datiranju mekušca iz jezerske sukcesije. Dobra korelacija prikupljenih podataka s eustatskom razinom mora potencijalno sugerira mali utjecaj ili „međusobno poništavanje“ tektonike i glacio-hidro-izostatske prilagodbe na istraživanom području tijekom holocena.

Surić et al. (2014) prvi su pretpostavili da su tijekom zadnjih 4 000 godina glacio-hidro-izostatska prilagodba i tektonski pomaci na prostoru Kvarnera sličnih vrijednosti, ali suprotnog djelovanja. Međutim, važno je naglasiti da u literaturi ne postoji dovoljno podataka o vertikalnim tektonskim pokretima i glacio-hidro-izostatskoj prilagodbi područja istočne obale Jadrana, koji utječu na relativnu razinu mora. Smatra se da se područje Kvarnera izdignulo tijekom zadnjih 80 000 godina (Surić et al., 2009; 2014). Prethodna istraživanja prostora Tršćanskog zaljeva i samog sjevera Jadrana upućivala su na subsidenciju ovog prostora (Antonioli et al., 2007). Međutim, vjerojatno je da prostor Kvarnera ima drugačiji tektonski obrazac kao posljedica kompleksnog položaja na prostoru Vanjskih Dinarida (Korbar, 2009). Različiti položaj jezerskih abrazijskih terasa na zapadnoj i istočnoj strani Lošinjskoga kanala (Slika 27) također je ukazao na postojanje pred-holocenske tektonske aktivnosti na istraživanom prostoru. Međutim, vjerojatno je da tijekom holocena lokalna tektonika nije bila izražena. Dostupnost novih pokazatelja promjena razine mora dodatno će unaprijediti modele glacio-hidro-izostatske prilagodbe, koji se uglavnom zasnivaju na podacima prikupljenim duž zapadne obale

Jadrana (Antonioli et al., 2007), a daljnja istraživanja tektonike na prostoru Kvarnera također su nužnost.



Slika 153: Grafička usporedba rezultata o relativnoj razini mora dobivenih ovim istraživanjem s drugim podacima o relativnoj razini mora na prostoru Jadrana (Antonioli et al., 2009; Surić et al. (2004), Surić & Juračić (2010), Faivre et al., 2013; Wunsam et al. (1999), Govorčin et al. (2001), Malez et al. (1979), Schmidt et al. (2001), Hasan (2017), Razum (2018)), te eustatskim promjenama morske razine (Lambeck et al., 2014).

7. ZAKLJUČCI

Provedeno istraživanje dalo je uvid u dugoročni i složeni razvoj prostora današnjeg Lošinjskoga kanala tijekom kasnog pleistocena i holocena. Glavni zaključci disertacije su:

- Geomorfološka obilježja istočne obale Jadrana ključni su čimbenik koji je utjecao na očuvanje kvartarnog slijeda sedimenata na istraživanom prostoru. Izolirani bazeni u kršu s pragovima, poput onih u Lošinjskom kanalu, djeluju kao „zamka za sedimente“ i stoga sadrže zapis paleookolišnih promjena.
- Profil duboke seizmike ukazao je na postojanje duboke depresije ispunjene slijedom sedimenata debljine do 250 m u potpovršini današnjeg Lošinjskoga kanala. Nastanak depresije vjerojatno se može povezati s tektonskom aktivnošću i intenzivnim okršavanjem tijekom perioda niske razine mora.
- Seizmički profili visoke rezolucije dali su uvid u najgornjih oko 50 m sedimentnog slijeda. Lošinjski bazen je progresivno zapunjavan kvartarnim naslagama i s vremenom je postajao sve plići, te širi kao posljedica morfoloških obilježja depresije.
- Upotrebom seizmičkih metoda visoke rezolucije također je utvrđeno postojanje potopljenih ponikvi ispunjenih sedimentom debljine do 15 m u sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala.
- Paleookolišne promjene na istraživanom prostoru bile su posljedica varijacija u klimi i morskoj razini tijekom kvartarnih glacijalno-interglacijalnih prijelaza. Dubina praga utjecala je na poplavljivanje ili izolaciju bazena u kršu sukladno s navedenim varijacijama. Interglacijalni periodi obilježeni su uspostavom morskih okolišnih uvjeta, dok glacijalne periode obilježava nastanak jezerskih okoliša i erozijske faze.
- Načelima seizmičke stratigrafije pretpostavljena je pripadnost najstarijih sedimenata, koji su vidljivi na profilima visoke rezolucije, MIS 7 interglacijalu. Tijekom MIS 7 na istraživanom prostoru vladali su morski okolišni uvjeti. S padom razine mora tijekom MIS 6 nastaje prvo jezerski okoliš, te potom krško polje. Porast razine mora nakon MIS 6 glacijalnog maksimuma uzrokovao je ponovno poplavljivanje Lošinjskoga bazena.
- Jezgre sedimenata omogućile su detaljniju interpretaciju dijela geofizičkih podataka. Analizom jezgara LK-12 i LK-15 izbušenih u Lošinjskom bazenu omogućen je opis najdužeg kvartarnog slijeda morsko/jezerskih sedimenata duž istočne obale Jadrana (MIS 5-danas). Jezgre sedimenata LK-2, LK-3 i LK-13, holocenske starosti, izbušene su u danas potopljenim ponikvama na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala. Kombinirana upotreba različitih geokemijskih, sedimentoloških, paleontoloških i mineraloških pokazatelja, upotpunjenih

datiranjem metodom ^{14}C pokazali su se veoma vrijednim alatom za interpretaciju nekadašnjih okoliša.

- Analiza jezgre sedimenata LK-12 ukazala je da su tijekom MIS 5.1 istaloženi morski sedimenti, a razina mora bila je viša od dubine praga (50 m), ali niža od današnje. Zanimljivo obilježje Lošinjskoga bazena je razvoj Lošinjskog paleojezera tijekom MIS 3. Provedeno istraživanje dalo je prvi izravni dokaz o postojanju izoliranog jezerskog okoliša duž istočne obale Jadrana u periodu od prije 46 500 - 44 700 kalendarskih godina. Morska razina imala je značajan utjecaj na razvoj jezera, s obzirom na okršenost istraživanog prostora. Tijekom MIS 3 relativna razina mora bila je niža za 50-64 m u odnosu na današnju razinu mora. Pad razine mora koji je uslijedio tijekom LGM-a zabilježen je prekidom u sedimentaciji, te vjerojatnim razvojem krškog polja s periodičkim tokovima ili jaružnom erozijom na prostoru Lošinjskoga bazena. Tijekom Allerøda došlo je do izdizanja razine mora i ponovne uspostave sedimentacije prije 13 700 kalendarskih godina, te nastanka bočatog marinskog jezera. Daljnje izdizanje razine mora tijekom holocena uzrokovalo je poplavljivanje Lošinjskoga bazena preko praga prije 10 500 kalendarskih godina.
- Rezultati dobiveni analizom jezgara LK-2, LK-3 i LK-13 iz potopljenih ponikvi na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala upućuju na specifičan razvoj paleookoliša u ponikvama. Dna ponikvi zapunjava tlo. Na tlima su s izdizanjem razine mora tijekom holocena formirana marinska jezerca, slična onima koja danas postoje na otoku Cresu. Konačno poplavljivanje ovih geomorfoloških oblika također se dogodilo tijekom holocena. Vrijeme poplavljivanja ukazalo je da je relativna razina mora na istraživanom prostoru bila niža za 12 m prije 7 900 kalendarskih godina, za 3 m prije 6 600 kalendarskih godina, te za 0,5 m prije oko 711 kalendarskih godina.
- Jezgre sedimenata LK-3, LK-12, LK-13 i LK-15 omogućile su i klimatsku rekonstrukciju prostora. Donos velike količine siliciklastičnog terigenog materijala indikator je snažne erozije i vlažne klime u vrijeme taloženja MIS 5 i holocenskih morskih sukcesija, dok je u vrijeme postojanja Lošinjskog paleojezera tijekom MIS 3 klima bila aridnija. Utvrđeno je i postojanje holocenskog pluvijalnog razdoblja na istraživanom prostoru u trajanju od oko 1100 godina (7 900 – 6 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti).

Istraživanje Lošinjskoga kanala unaprijedilo je postojeće znanje o paleookolišnim promjenama u okršenim terenima i ukazalo je na uspostavu bočatih okolišnih uvjeta prije samog poplavljivanja bazena u kršu izdizanjem razine mora. Prikupljeni podaci važni su za rekonstrukciju relativnih promjena morske razine i klime duž istočne obale Jadrana. Važnost ovog istraživanja je i u činjenici da

je samo 15 jezgara sedimenata, koje su izbušene na prostoru Mediterana, prodrlo kroz granicu mlađeg drijasa (Alberico et al., 2017).

Iako su dobivene mnoge nove spoznaje o paleookolišnom razvoju prostora, na određena pitanja nije bilo moguće odgovoriti. Buduća istraživanja trebala bi se zasnivati na točnoj odredbi starosti donje morske sukcesije iz jezgre sedimenata LK-12. S obzirom da su sedimentološki MIS 5 zapisi duž istočne obale Jadrana rijetki, Lošinjski bazen je izvrsno područje za utvrđivanje paleookolišnih promjena tijekom MIS 5 interglacijala. Dokazano je da postoji cikličnost u razvoju taložnih okoliša na prostoru Lošinjskoga bazena sukladno s promjenama morske razine i klime, te bi stoga istraživanje koje bi prodrlo dublje u potpovršinu omogućilo dobivanje dužeg kvartarnog sedimentološkog zapisa visoke rezolucije. Može se pretpostaviti postojanje debelog kvartarnog slijeda sedimenata i u drugim dubokim depresijama u kršu duž istočne obale Jadrana (npr. Kvarnerić, Riječki zaljev), što ukazuje na važnost ovog prostora za kvartarna istraživanja.

8. PROŠIRENI SAŽETAK

Paleookoliši koji su postojali tijekom kvartara na šelfnim prostorima širom svijeta potopljeni su holocenskim porastom razine mora. U ovoj disertaciji prikazani su rezultati sveobuhvatnog istraživanja paleookoliša razvijenih tijekom kasnog kvartara na prostoru današnjeg Lošinjskoga kanala. Lošinjski kanal je potopljeni bazen u kršu ispunjen sedimentima. Paleookolišne promjene u Lošinjskom bazenu mogu se povezati s podmorskim nastavkom otoka Cresa (pragom), s najvećom dubinom od 50 m, koji razdvaja istraživani prostor od susjednog zaljeva Kvarnerić. Na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala niz potopljenih ponikvi ispunjenih sedimentima nalazi se u potpovršini. Ponikve su pragovima na različitim dubinama odvojene od ostatka Lošinjskoga kanala. Dubina pragova utjecala je na izolaciju ili poplavljivanje istraživanog prostora s obzirom na promjene morske razine tijekom kasnog pleistocena i holocena. Sukladno s ovim promjenama, razvili su se različiti paleookoliši i stoga je Lošinjski kanal idealno područje za utvrđivanje regionalnih promjena morske razine i klime.

Izbušeno je i analizirano ukupno 8 jezgara sedimenata. Pet jezgara (LK-2, LK-3, LK-12, LK-13, LK-15), dužine između 150-554 cm, izbušeno je na prostoru Lošinjskoga kanala na dubini mora između 0,3-64 m. Tri kraće jezgre sedimenata (LK-5, LK-6, LK-7), dužine od 34-46,5 cm, izbušene su u marinskim jezercima na otoku Cresu. Analiza jezgara primjenom različitih metoda omogućila je rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta. Napravljena su mjerenja magnetskog susceptibiliteta, određena je veličina čestica, mineralni sastav, geokemijski sastav (μXRF skener jezgara i ICP-MS), organski i anorganski ugljik, te ukupni dušik. Napravljene su i paleontološke analize, odnosno odredba zajednice foraminifera, ostrakoda, palinomorfa i mekušaca. Kronologija događaja utvrđena je datiranjem metodom AMS ^{14}C. U cilju rekonstrukcije taložne povijesti Lošinjskoga kanala tijekom kasnog pleistocena i holocena također su korištene seizmičke metode visoke rezolucije.

Utvrđeno je postojanje sedimentnog pokrivača debljine do 250 m u potpovršini Lošinjskoga bazena u kršu. Seizmičke metode visoke rezolucije dale su uvid u najgornjih 50 m sedimenata, te omogućile rekonstrukciju paleookoliša vjerojatno od MIS 7. Interpretacija najmlađih naslaga na seizmičkim profilima visoke rezolucije zasnivala se na analizi jezgara sedimenata LK-12 i LK-15. Najstarije jezgrovane naslage MIS 5.1 starosti istaložene su u morskom okolišu. Taloženje u slatkovodnom do bočatom jezeru odvijalo se tijekom MIS 3 (46 500-44 700 kalendarskih godina prije sadašnjosti). Niska razina mora omogućila je nastanak Lošinjskoga paleojezera. Daljni pad razine mora tijekom LGM-a uzrokovao je isušivanje jezera i razvoj polja u kršu, dok je porast razine mora nakon LGM-a doveo do nastanka bočatog marinskog jezera s intruzijom morske vode kroz okršeni prag tijekom Allerøda (prije 13 700 kalendarskih godina). Ponovna uspostava morskih okolišnih

uvjeta u Lošinjskom bazenu i poplavljivanje praga koji razdvaja Lošinjski kanal i Kvarnerić dogodila se tijekom holocena prije oko 10 500 kalendarskih godina.

Istraživanje sedimenata u danas potopljenim ponikvama na sjevernom dijelu kanala, analizom jezgara LK-2, LK-3 i LK-13, ukazalo je da su ponikve zapunjene tlom na kojem su se razvila marinska jezerca slična današnjim marinskim jezercima na otoku Cresu u kojima su izbušene jezgre sedimenata LK-5, LK-6 i LK-7. Marinska jezerca na otoku Cresu su moderni analozi okoliša razvijenih tijekom holocena u potopljenim ponikvama na sjevernom dijelu Lošinjskoga kanala. Poplavljivanje holocenskih marinskih jezeraca morem dogodilo se prije 7 900 kalendarskih godina na mjestu gdje je izbušena jezgra LK-13, prije 6 600 kalendarskih godina u uvali Sonte gdje je izbušena jezgra LK-3 i prije 711 kalendarskih godina u uvali Jaz gdje je izbušena jezgra LK-2.

Podaci dobiveni analizom svih jezgara i korelacija sa seizmičkim metodama visoke rezolucije omogućili su detaljnu rekonstrukciju paleookoliša i odredbu oscilacija morske razine tijekom kasnog pleistocena i holocena na prostoru Lošinjskoga kanala. Time su dobiveni novi podaci o relativnim promjenama morske razine duž istočne obale Jadrana.

9. SUMMARY

Paleoenvironments developed during the Quaternary in many shelf areas worldwide were flooded during the Holocene sea level rise. The results of a comprehensive study of submerged paleoenvironments preserved in the subsurface of the Lošinj Channel are discussed in this thesis. The lack of previous research motivated us to investigate in detail the pattern and magnitude of the Late Quaternary paleoenvironmental changes in the area. Developed along the karstified eastern Adriatic coast, Lošinj Channel is a drowned karst isolation basin filled with sediments. Paleoenvironmental changes can be linked to the presence of a submerged prolongation of Cres Island (sill), with maximum depth of 50 m, that separates the Lošinj Channel karst basin from Kvarnerić Bay. In the northern part of the Lošinj Channel significant number of submerged dolines filled with sediments exist. Dolines are separated from the rest of the Lošinj Channel with sills on different depths. The sill depth determines isolation or inundation of the investigated area according to the oscillations in sea level during the Pleistocene and Holocene. Paleoenvironments reacted sensitively to these oscillations and therefore, the study area represents an ideal setting to track regional sea level and climate changes.

In total, 8 sediment cores were drilled and analyzed. Five cores (LK-2, LK-3, LK-12, LK-13, LK-15) were recovered from the Lošinj Channel from water depths between 0,3-64 m. The length of these cores varies between 150-554 cm. Three shorter sediment cores (LK-5, LK-6, LK-7), length between 34-46,5 cm, were recovered from marine ponds on Cres Island. A multi-proxy analysis of sediment cores was conducted. As proxies, we used magnetic susceptibility, grain size, mineralogy, geochemistry (μXRF core scanning and ICP-MS), organic and inorganic carbon, total nitrogen and paleontological data (foraminifera, mollusks, ostracoda, palynomorphs). Data were supplemented with AMS ^{14}C dating results and high-resolution seismic methods, in order to reconstruct the infill history of the Lošinj Channel during the Pleistocene and Holocene.

Seismic data revealed the existence of up to 250 m thick sediment sequence in the subsurface of the Lošinj Channel. High-resolution seismic data enabled interpretation of the topmost 50 m of the sediment cover, that was probably deposited since MIS 7. Sediment core data (LK-12 and LK-15) proved that marine environmental conditions prevailed in the Lošinj basin during MIS 5.1. Deposition in the brackish-to-freshwater lacustrine body occurred during MIS 3 (46.5-44.7 cal ka BP). Formation of a Lošinj paleolake was facilitated by low sea level. The further drop in sea level leading to the LGM caused desiccation of the paleolake and karst polje developed. The post-LGM sea level rise led to the establishment of a brackish marine lake with sea-water seepage through the karstified

sill during the Allerød oscillation (13.7 cal ka BP). The transition to the present-day marine conditions in the Lošinj basin commenced during the Holocene at 10.5 cal ka BP.

Research of the sediment sequences preserved in the nowadays submerged dolines in the northern part of the Lošinj Channel, was conducted by analysis of sediment cores LK-2, LK-3 and LK-13. Results have revealed the existence of soil at the bottom of the dolines and Holocene marine paleoponds similar to the present-day marine ponds on Cres Island where sediment cores (LK-5, LK-6, LK-7) were retrieved. Marine ponds on Cres Island are modern analogs of the paleoenvironments developed during the Holocene in nowadays submerged dolines. Marine flooding of the marine paleoponds occurred at 7.9 cal ka BP in the area where LK-13 core was extracted, at 6.6 cal ka BP in the Sonte embayment where LK-3 core was extracted and at 711 cal BP in the Jaz embayment where LK-2 core was extracted.

Data obtained by sediment core analysis and correlation with seismic data enabled reconstruction of the paleoenvironments, as well as determination of sea level oscillations during the Late Pleistocene and Holocene in the investigated area. This data is valuable for constraining the relative sea level changes along the eastern Adriatic coast.

10. LITERATURA

Aksu, A.E., Hiscott, R.N., Mudie, P.J., Rochon, A., Kaminski, M.A., Abrajano, T. & Yaşar, D. (2002): Persistent Holocene Outflow from the Black Sea to the Eastern Mediterranean Contradicts Noah's Flood Hypothesis. GSA Today 12, 4-9.

Alberico, I., Giliberti, I., Insinga, D.D., Petrosino, P., Vallefuoco, M., Lirer, F., Bonomo, S., Cascella, A., Anzalone, E., Barra, R., Marsella, E. & Ferraro, L. (2017): Marine sediment cores database for the Mediterranean Basin: A tool for past climatic and environmental studies. Open Geosci. 9, 221–239. https://doi.org/10.1515/geo-2017-0019

Alexander, L. & Klug, H.P. (1948): Basic aspects of X-ray absorption in Quantitative Diffraction Analysis of Powder Mixtures. Anal.Chem 20, 886-889.

Alfirević, S. (1969): Jadranske vrulje u vodnom režimu Dinarskog primorskog krša i njihova problematika. Krš Jugoslavije = Carsus Iugoslaviae 6, 183-200.

Algeo, T.J. & Lyons T.W. (2006): Mo-total organic carbon covariation in modern anoxic marine environments: Implications for analysis of paleoredox and paleohydrographic conditions. Paleoceanography 21/1, PA1016. doi:10.1029/2004PA001112

Allaby, M., 2013. A Dictionary of Geology and Earth Sciences. Oxford University Press, Oxford.

Allen, K., Roberts, S. & Murray, J.W. (1999): Marginal marine agglutinated foraminifera: Affinities for mineral phases. J Micropalaeontology 18, 183–191.

Allen, T. (1997): Particle Size Measurement. Volume 1: Powder sampling and particle size. Chapman & Hall, 512 str.

Almogi-Labin, A., Perelis-Grossovicz, L. & Raab, M. (1992): Living Ammonia from a hypersaline inland pool, Dead Sea area, Israel. J Foraminifer Res 22/3, 257-266.

Amorosi, A., Centineo, M.C., Colalongo, M.L., Pasini, G., Sarti, G. & Vaiani, S.C. (2003): Facies Architecture and Latest Pleistocene–Holocene Depositional History of the Po Delta (Comacchio Area), Italy. J. Geol. 111, 39–56. https://doi.org/10.1086/344577

Amorosi, A., Colalongo, M.L., Fiorini, F., Fusco, F., Pasini, G., Vaiani, S.C. & Sarti, G. (2004): Palaeogeographic and palaeoclimatic evolution of the Po Plain from 150-ky core records. Glob. Planet. Change 40, 55–78. https://doi.org/10.1016/S0921-8181(03)00098-5

Amorosi, A., Fontana, A., Antonioli, F., Primon, S. & Bondesan, A. (2008): Post-LGM sedimentation and Holocene shoreline evolution in the NW Adriatic coastal area. GeoActa 7, 41–67.

Anderson, N. & Akingbade, A. (2002): Overview of the shallow seismic reflection technique. Geophysics 2002, The 2nd Annual Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure, 27 str.

Andrijašević, N. (1909): O vertikalnom pomicanju obalne crte u historičko doba na sjevero-istoku jadranskoga mora. Doktorski rad, Filozofski fakultet, Sveučilište Franje Josipa I. u Zagrebu, 30 str.

Antonioli, F. (2003): Sea level change in Italy during last 300 ka. A review. Biogeographia 23, 23-32.

Antonioli, F., Garulli, G.B., Furlani, S., Auriemma, R. & Marocco, R. (2004): The enigma of submerged marine notches in Northern Adriatic Sea. Quaternaria Nova 8, 263-275.

Antonioli, F., Ferranti, L., Kershaw, F. (2006): A glacial isostatic adjustment origin for double MIS 5.5 and Holocene marine notches in the coastline of Italy. Quaternary International 145-146, 19-29.

Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K., Auriemma, R., Gaddi, D., Furlani, S., Orru, P.E., Solinas, E., Gaspari, A., Karinja, S., Kovačić, V. & Surace, L. (2007): Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data. Quaternary Science Reviews 26, 2463-2486.

Antonioli, F., Ferranti, L., Fontana, A., Amorosi, A., Bondesan, A., Braitenberg, C., Dutton, A., Fontolan, G., Furlani, S., Lambeck, K., Mastronuzzi, G., Monaco, C., Spada, G. & Stocchi, P. (2009): Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines. Quaternary International 206, 102–133.

Antonioli, F., Anzidei, M., Amorosi, A., Lo Presti, V., Mastronuzzi, G., Deiana, G., De Falco, G., Fontana, A., Fontolan, G., Lisco, S., Marsico, A., Moretti, M., Orrù, P.E., Sannino, G.M., Serpelloni, E. & Vecchio, A. (2017): Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100. Quat. Sci. Rev. 158, 29–43. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.021

Armynot du Châtelet, E., Recourt, P. & Chopin, V. (2008): Mineralogy of agglutinated benthic foraminifera; implications for paleo-environmental reconstructions. Bull la Soc Geol Fr. 179/6, 583–592.

Armynot du Châtelet, E., Bout-Roumazeilles, V., Coccioni, R., Frontalini, F., Guillot, F., Kaminski, M.A., Recourt, P., Riboulleau, A., Trentsaux, A., Tribovillard, N. & Ventalon, S. (2013): Environmental control on shell structure and composition of agglutinated foraminifera along a proximal-distal transect in the Marmara Sea. Mar Geol 335, 114–128.

Babić, L., Crnjaković, M. & Asmerom, Y. (2012): Uplifted Pleistocene marine sediments of the Central Adriatic Island of Brusnik. Geol. Croat. 65, 223–232. https://doi.org/10.4154/gc.2012.13

Bahr, A., Lamy, F., Arz, H., Kuhlmann, H. & Wefer, G. (2005): Late glacial to Holocene climate and sedimentation history in the NW Black Sea. Mar. Geol. 214, 309–322. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.11.013

Bailey, G.N. & Flemming, N.C. (2008): Archaeology of the continental shelf: Marine resources, submerged landscapes and underwater archaeology. Quat. Sci. Rev. 27, 2153–2165. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.08.012

Balbo, A.L., Andrič, M., Rubinić, J., Moscariello, A. & Miracle, P.T. (2006): Palaeoenvironmental and archaeological implications of a sediment core from Polje Čepić, Istria, Croatia. Geol Croat. 59/2, 109-124.

Bard, E., Antonioli, F. & Silenzi, S. (2002): Sea-level during the penultimate interglacial period based on a submerged stalagmite from Argentarola Cave (Italy). Earth and Planetary Science Letters 196, 135-146.

Barešić, J. (2009): Primjena izotopnih i geokemijskih metoda u praćenju globalnih i lokalnih promjena u ekološkom sustavu Plitvičkih jezera. Doktorska disertacija, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu, 153 str.

Batanero, G.L., León-Palmero, E., LI, L., Green, A.J., Rendón-Martos, M., Suttle, C.A. & Reche, I. (2017): Flamingos and drought as drivers of nutrients and microbial dynamics in a saline lake. Sci Rep. 7/1, 1–13.

Becker, J. J., Sandwell, D. T., Smith, W. H. F., Braud, J., Binder, B., Depner, J., Fabre, D., Factor, J., Ingalls, S., Kim, S.H., Ladner, R., Marks, K., Nelson, S., Pharaoh, A., Sharman, G., Trimmer, R., VonRosenburg, J., Wallace, G. & Weatherall., P. (2009): Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS. Marine Geodesy 32/4, 355-371.

Bekić, L., Pešić, M., Scholz, R. & Meštrov, M. (2016): Podvodna arheološka istraživanja na prapovijesnom nalazištu Pakoštane-Janice. UDK: 902.034(497.5 Pakoštane)“634/636“

Benac, Č. & Šegota, T. (1990): Potopljena ris-virmska abrazijska terasa u podmorju ispred Rijeke, Geološki vjesnik, 43, 43-52.

Benac, Č. & Durn, G. (1997): Terra rossa in the Kvarner area e geomorphological condition of formation. Acta Geographica Croatica 32, 7-19.

Benac, Č. & Juračić, M. (1998): Geomorphological indicators of sea level changes during Upper Pleistocene (Wurm) and Holocene in the Kvarner region (NE Adriatic Sea). Acta Geographica Croatica 33, 27-45.

Benac, Č., Juračić, M. & Bakran-Petricioli (2004): Submerged tidal notches in the Rijeka Bay NE Adriatic Sea: indicators of relative sea-level change and of recent tectonic movements. Marine Geology 212, 21–33.

Benac, Č., Juračić, M. & Blasković, I. (2008): Tidal notches in Vinodol Channel and Bakar Bay, NE Adriatic Sea: Indicators of recent tectonics. Marine Geology 248, 151-160.

Bennett, K.D. & Willis, K.J. (2001): Pollen. U: Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators (Smol, J., Birks, H.J. & Last. W.M. (ur.)), Kluwer Academic Publishers, 5-32.

Benjamin, J., Rovere, A., Fontana, A., Furlani, S., Vacchi, M., Inglis, R.H., Galili, E., Antonioli, F., Sivan, D., Miko, S., Mourtzas, N., Felja, I., Meredith-Williams, M., Goodman-Tchernov, B., Kolaiti, E., Anzidei, M. & Gehrels, R. (2017): Late Quaternary sea-level changes and early human

societies in the central and eastern Mediterranean Basin: An interdisciplinary review. Quat. Int. 449, 29–57. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.025

Bergaya, B.K.G. & Lagaly, T.G. (2013): Handbook of Clay Science. Elsevier, Amsterdam, 1674 str.

Bernhard, J. M. (1988): Postmortem vital staining in benthic foraminifera - Duration and importance in population and distributional studies. Journal of Foraminiferal Research 18(2), 143-146.

Bernhard, J. M. (2000): Distinguishing live from dead foraminifera: Methods review and proper applications. Micropaleontology 46, 38-46.

Bernhard, J. M., & Reimers, C. E. (1991): Benthic foraminiferal population fluctuations related to anoxia - Santa-Barbara basin. Biogeochemistry 15(2), 127-149.

Bernhard, J. M., Ostermann, D. R., Williams, D. S., & Blanks, J. K. (2006): Comparison of two methods to identify live benthic foraminifera: A test between Rose Bengal and CellTracker Green with implications for stable isotope paleoreconstructions. Paleoceanography 21(4). doi: 10.1029/2006PA001290

Beuselinck, L., Govers, G., Poesen, J., Degraer, G. & Froyen, L. (1998): Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method. Catena 32, 193–208.

Beyin, A. (2011): Upper Pleistocene Human Dispersals out of Africa: A Review of the Current State of the Debate. Int. J. Evol. Biol. 2011, 1–17. https://doi.org/10.4061/2011/615094

Blaauw, M. (2010): Methods and code for „classical“ age-modelling of radiocarbon sequences. Quaternary Geochronology 5, 512-518.

Blain, H.A., Rubio-Jara, S., Panera, J., Uribelarrea, D., Laplana, C., Herráez, E. & Pérez-González, A. (2017): A new middle Pleistocene (Marine Oxygen Isotope Stage 6) cold herpetofaunal assemblage from the central Iberian Peninsula (Manzanares Valley, Madrid). Quat. Res. (United States) 87, 499–515. https://doi.org/10.1017/qua.2017.17

Bloemsma, M.R. (2015): Development of a Modelling Framework for Core Data Integration Using XRF Scanning. Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 229 str.

Blanchet, C.L., Tjallingii, R., Frank, M., Lorenzen, J., Reitz, A., Brown, K., Feseker, T. & Brückmann, W. (2013): High- and low-latitude forcing of the Nile River regime during the Holocene inferred from laminated sediments of the Nile deep-sea fan. Earth Planet. Sci. Lett. 364, 98–110. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2013.01.009

Blott, S.J. & Pye, K. (2001): Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconcolidated Sediments. Earth Surf. Process. Landforms 26, 1237–1248. https://doi.org/10.1002/esp.261

Boetto, G. & Radić Rossi, I. (2012): Šivani brod u uvali Caska na otoku Pagu: Rezultati istraživačke kampanje 2011. Histria Antiqua 21, 609-622.

Boldrin, A., Bortoluzzi, G., Frascari, F., Guerzoni, S. & Rabitti, S. (1988): Recent deposits and suspended sediments off the Po della Pila (Po River, main mouth), Italy. Marine Geology 79, 159-170.

Boltovskoy, E. & Lena, H. (1971): The foraminifera (except family Allogromiidae) which dwell in fresh water. J Foraminifer Res. 1, 71–76.

Bonacci, O. (2013): Poljes, Ponors and Their Catchments. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), Springer –Verlag, 112-119 https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Bonacci, O. (1987): Karst Hydrology. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83165-2

Boomer, I & Eisenhauer, G. (2002): Ostracod Faunas as Ralaeoenvironmental Indicators in Marginal Marine Environments. U: The Ostracoda, Applications in Quaternary Research, Geophysical Monograph 131 (Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (ur.)), American Geophysical Union, Washington, 135-150.

Boudreau, R.E.A., Patterson, T.R., Dalby, A.P. & McKillop, B.W. (2001): Non-marine occurrence of the foraminifer Cribroelphidium gunteri in northern Lake Winnipegosis, Manitoba, Canada. J. Foraminifer. Res. 29, 108–119. https://doi.org/10.2113/0310108

Boyle, J.F., Chiverrell, R.C. & Schillereff, D. (2015): Approaches to Water Content Correction and Calibration for µXRF Core Scanning: Comparing X-ray Scattering with Simple Regression of Elemental Concentrations. U: Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences (Developments in Paleoenvironmental Research), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods (Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (ur.)), Springer, Dordrecht, 373-393.

Brack, K. Johannesson, L.T. & Stevens, R.L. (2001): Accumulation rates and mass calculations of Zn and Hg in recent sediments, Gota alv estuary, Sweden. Environmental Geology 40, 1232-1241.

Burch, J.L., Green, J.L, Fuselier, S.A. (2001): Ice Sheets and Sea Level of the Last Glacial Maximum. PAGES 241, 246-247.

Buhrke, E.V., Jenkins, R. & Smith, D.K. (1998): A practical guide for the preparation of specimens for x-ray fluorescence and x-ray diffraction analysis, John Wiley & Sons, 333 str.

Bustillo, M.A. & Alonso-Zarza, A.M. (2007): Overlapping of pedogenesis and meteoric diagenesis in distal alluvial and shallow lacustrine deposits in the Madrid Miocene Basin, Spain. Sedimentary Geology 198/3–4, 255-271.

Cadée, G.C. (2015): Shell repair in the freshwater gastropod Bithynia tentaculata (Linnaeus , 1758). Vita Malacologica 13, 31–34.

Çağatay, M.N., Görür, N., Polonia, A., Demirbağ, E., Sakınç, M., Cormier, M.-H., Capotondi, L., McHugh, C., Emre, Ö. & Eriş, K. (2003): Sea-level changes and depositional environments in

the Izmit Gulf, eastern Marmara Sea, during the late glacial-Holocene period. Marine Geology 202, 159-173.

Calvert, S.E. & Pedersen, T.F. (1993): Geochemistry of Recent oxic and anoxic marine sediments: Implications for the geological record.-Mar Geol. 113, 67–88.

Campo, B., Amorosi, A. & Vaiani, S.C. (2017): Sequence stratigraphy and late Quaternary paleoenvironmental evolution of the Northern Adriatic coastal plain (Italy). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 466, 265–278. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.11.016

Cann, J.H. & de Dekker, P. (1981): Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic (non-marine) saline lakes, Southern. Journal of Paleontology, 55/3, 660-670.

Carlsson, R. (2006): Freshwater snail assemblages of semi-isolated brackish water bays on the Åland Islands, SW Finland. Boreal Environ. Res. 11, 371–382.

Carr, K.E. (1971): Applications of Scanning Electron Microscopy in Biology. International Review of Cytology 30, 183-255.

Cattaneo, A., Trincardi, F. & Asioli, A. (1997): Shelf sediment dispersal in the late-Quaternary transgressive record sround the Tremiti High (Adriatic Sea). Giornale di Geologia 59/1-2, 217-244.

Cazenave, A., Cabanes, C., Dominh, K. & Mangiarotti, S. (2001): Recent sea level change in the Mediterranean Sea revealed by Topex/Poseidon satellite altimetry. Geophysical Research Letters 28, 1607-1610.

Chappell, J. & Shackleton, N.J. (1986): Oxygen isotopes and sea level. Nature 324, 137–140. https://doi.org/10.1038/324137a0

Chawchai, S., Kylander, M.E., Chabangborn, A., Löwemark, L. & Wohlfarth, B. (2015): Testing commonly used X-ray fluorescence core scanning-based proxies for organic-rich lake sediments and peat. Boreas 45, 180–189. https://doi.org/10.1111/bor.12145

Chen, L., XU, J. & Chen, J. (2015): Applications of scanning electron microscopy in earth sciences. Scence China, Earth Sciences 58, 1768-1778.

Church, J.A. & White, N.J. (2006): A 20th century acceleration in global sea-level rise. Geophysical Research Letters 33: L01602, doi:10.1029/2005GL024826.

Cimerman, F. & Langer, M.R. (1991): Mediterranean foraminifera.-Razred za naravoslovne vede, classis IV: historia naturalis, opera 30. Slovenska akademija, Ljubljana, 118 str. +93 pls.

Clark, R.B. (2001): Marine Pollution, 5th edition. Oxford Univ. Press, Oxford, UK, 248 str.

Combourieu-Nebout, N., Peyron, O., Bout-Roumazeilles, V., Goring, S., Dormoy, I., Joannin, S., Sadori, L., Siani, G. & Magny, M. (2013): Holocene vegetation and climate changes in the central Mediterranean inferred from a high-resolution marine pollen record (Adriatic Sea). Clim. Past 9, 2023–2042. https://doi.org/10.5194/cp-9-2023-2013

Correggiari, A., Roveri, M. & Trincardi, F. (1996): Late Pleistocene and Holocene Evolution of the North Adriatic Sea. Il Quaternario 9, 697-704.

Correggiari, A., Cattaneo, A. & Trincardi, F. (2005): The modern Po Delta system: Lobe switching and asymmetric prodelta growth. Marine Geology 222-223, 49-74.

Correggiari, A., Trincardi, F., Langone, L. & Roveri, M. (2001): Styles of failure in late Holocene highstand prodelta wedges on the Adriatic shelf. Journal of Sedimentary Research 71, 218-236.

Cosentino, C., Molisso, F., Scopelliti, G., Caruso, A., Insinga, D.D., Lubritto, C., Pepe, F. & Sacchi, M. (2017): Benthic foraminifera as indicators of relative sea-level fluctuations: Paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction of a Holocene marine succession (Calabria, south-eastern Tyrrhenian Sea). Quat. Int. 439, 79–101. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.012

Coyne, M.K., Jones, B. & Ford, D. (2007): Highstands during Marine Isotope Stage 5: evidence from the Ironshore Formation of Grand Cayman, British West Indies. Quat. Sci. Rev. 26 (3–4), 536–559.http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.06.013 .

Croudace, I.W. & Rothwell, R.G. (2015): Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences (Developments in Paleoenvironmental Research), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9849-5

Croudace, I.W., Rindby, A. & Rothwell, R.G. (2006): ITRAX: description and evaluation of a new multi-function X-ray core scanner. Geol. Soc. London, Spec. Publ. 267, 51–63. https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.267.01.04

Crusius, J., Calvert, S., Pedersen, T. & Sage, D. (1996): Rhenium and molybdenum enrichments in sediments as indicators of oxic, suboxic and sulfidic conditions of deposition. Earth Planet Sci Lett 145, 65–78.

Cuculić, V., Cukrov, N., Kwokal, Ž. & Mlakar, M. (2009): Natural and anthropogenic sources of Hg, Cd, Pb, Cu and Zn in seawater and sediment of Mljet National Park, Croatia. Estuar. Coast. Shelf Sci. 81, 311–320. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.11.006

Cuven, S., Francus, P. & Lamoureux, S.F. (2010): Estimation of grain size variability with micro X-ray fluorescence in laminated lacustrine sediments, Cape Bounty, Canadian High Arctic. J. Paleolimnol. 44, 803–817. https://doi.org/10.1007/s10933-010-9453-1

Ćosović, V., Zavodnik, D., Borčić, A., Vidović, J., Deak, S. & Moro, A. (2011): A checklist of Foraminifera of the Eastern Shelf of the Adriatic Sea.-Zootaxa, 3035, 1-56.

Ćosović, V., Gajski, N., Ptčiek, A., Vidović, J., & Kružić, P. (2016): The distribution of benthic foraminifera in Cladocora caespitosa coral banks of the Veliko Jezero sediments (Mljet National Park, eastern Adriatic Sea).-Neues Jahrbuch Für Geologie Und Paläontologie - Abhandlungen, 279/3, 323–340. https://doi.org/10.1127/njgpa/2016/0559

Damuth, J.E. (1980): Use of high frequency (3.5-12 kHz) echograms in the study of near bottom sedimentation processes in the deep sea. Marine Geology 38, 51-75.

Danielopol, D.L., Ito, E., Wansard, G., Cronin, T.M. & Baltanas, A. (2002): Techniques for Collection and Study of Ostracoda. U: The Ostracoda, Applications in Quaternary Research, Geophysical Monograph 131 (Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (ur.)), American Geophysical Union, Washington, 65-98.

Das, O., Wang, Y., Donoghue, J., Xu, X., Coor, J., Elsner, J. & Xu, Y. (2013): Reconstruction of paleostorms and paleoenvironment using geochemical proxies archived in the sediments of two coastal lakes in northwest Florida. Quat. Sci. Rev. 68, 142–153 https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.02.014

Debenay, J.P. & Guillou, J.J. (2002): Ecological transitions indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. Estuaries 25, 1107–1120.

Debenay, J.P. & Guiral, D. (2006): Mangrove swamp foraminifera, indicators of sea level or paleoclimate? Rev Paleobiol. 25/2, 567–574.

Debenay, J.P. (1990): Recent Foraminiferal Assemblages and their distribution relative to environmental stress in the paralic environments of West Africa (Cape Timiris to Ebrie Lagoon). J Foraminifer Res. 20/3, 267-282.

Debenay, J.P., Gesilin, E., Eichler, B.B., Duleba, W., Sylvestre, F. & Eichler, P. (2001): Foraminiferal Assemblages in a Hypersaline Lagoon, Araruama (R.J.) Brazil. J Foraminifer Res. 31/2, 133–151.

Debenay, J.P., Guillou, J.J., Redois, F. & Geslin, E. (2000): Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments. Environmental Micropaleontology. Springer, US, US, 39–67.

Dendy, S., Austermann, J., Creveling, J.R. & Mitrovica, J.X. (2017): Sensitivity of Last Interglacial sea-level high stands to ice sheet configuration during Marine Isotope Stage 6. Quat. Sci. Rev. 171, 234–244. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.06.013

Derver, J.I. (1973): The Preparation Of Oriented Clay Mineral Specimens for X-ray Diffraction Analysis by a Filter-Membrane Peel Technique. American Mineralogist 58, 553-554.

Desprat, S., Sánchez Goñi, M.F., Turon, J.L., Duprat, J., Malaizé, B. & Peypouquet, J. (2006): Climatic variability of Marine Isotope Stage 7: direct land-sea-ice correlation from a multiproxy analysis of a north-western Iberian margin deep-sea core. Quat. Sci. Rev. 25, 1010–1026. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2006.01.001

Di, Z., Zhang, H. & Shan, B. (2015): Using sedimentary phosphorus/nitrogen as indicators of shallow lake eutrophication: concentrations or accumulation fluxes. Environ Earth Sci. 74/5, 3935–3944.

Dickin, A.P. (2005): Radiogenic Isotope Geology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 472 str.

Dietze, E., Maussion, F., Ahlborn, M., Diekmann, B., Hartmann, K., Henkel, K., Kasper, T., Lockot, G., Opitz, S. & Haberzettl, T. (2014): Sediment transport processes across the Tibetan Plateau inferred from robust grain-size end members in lake sediments. Clim. Past 10, 91–106. https://doi.org/10.5194/cp-10-91-2014

Dodd, J.R. & Crisp, E.L. (1982): Non-linear variation with salinity of Sr/Ca and Mg/Ca ratios in water and aragonitic bivalve shells and implications for paleosalinity studies. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 38, 45–56. https://doi.org/10.1016/0031-0182(82)90063-3

Doneus, N., Doneus, M. & Ettinger-Starčić, Z. (2017): The ancient city of Osor, northern Adriatic, in integrated archaeological prospection. Hortus Artium Mediev. 23/2, 761–775.

Dong, X., Anderson, N.J., Xiangdong, Y., Chen, X. & Shen, J. (2012): Carbon burial by shallow lakes on the Yangtze floodplain and its relevance to regional carbon sequestration. Global Change Biology (2012), doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02697.x

Dorale, J.A., Onac, B.P., Fornós, J.J., Ginés, J., Ginés, A., Tuccimei, P. & Peate, D.W. (2010): Sea-level highstand 81, 000 years ago in mallorca. Science 327, 860–863. https://doi.org/10.1126/science.1181725

Dreybrodt, W. (1988): Processes in Karst Systems Physics, Chemistry, and Geology. Springer-Verlag, 293 str.

Durn, T. (2016): Work package 4. Sea-floor geology; EMODnet Phase 2 – Final report Croatia.

Durn, G., Ottner, F. & Slovenec, D. (1999): Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia. Geoderma 91/1–2, 125–150.

Durn, G., Rubinić, V., Wacha, L., Patekar, M., Frechen, M., Tsukamoto, S., Tadej, N. & Husnjak, S. (2017): Polygenetic soil formation on Late Glacial Loess on the Susak Island reflects paleo-environmental changes in the Northern Adriatic area. Quat. Int. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.072

Dutton, A. & Lambeck, K. (2012): Ice volume and sea level during the last interglacial. Science 337, 216–219. https://doi.org/10.1126/science.1205749

Edwards, R. & Wright, A. (2015): Foraminifera. U: Handbook book of Sea-Level Research (Shennan, I., Long, A.J., Horton, B.P. (ur.)),. Wiley Online Library, 191–217.

Edwards, R.J., Wright, A.J. & van De Plassche, O. (2004): Surface distributions of salt-marsh foraminifera from Connecticut, USA: Modern analogues for high-resolution sea level studies. Mar Micropaleontol. 51/1–2, 1–21.

Eggins, S.M., Woodhead, J.D., Kinsley, L., Mortimer, G.E., Sylvester, P., McCulloch, M.T., Hergt, J. & Handler, M.R. (1997): A simple method for the precise determination of > 40 trace elements in geological samples by ICPMS using enriched isotope internal standardisation. Chemical Geology 134, 311-326.

Eigemann, F., Vanrmeligen, P. & Hilt, S. (2013): Sensitivity of the Green Alga Pediastrum duplex Meyen to Allelochemicals Is Strain-Specific and Not Related to Cooccurrence with Allelopathic Macrophytes. PLOS ONE 8/10, 1-11.

Elias, S.A. (200): Encyclopedia of Quaternary Science. Elsevier, London, 3495 str.

Emiliani, C. (1955): Pleistocene temperatures. Journal of Geology 63, 538-578.

Emmanouilidis, A., Katrantsiotis, C., Norström, E., Risberg, J., Kylander, M., Sheik, T.A., Iliopoulos, G. & Avramidis, P. (2018): Middle to late Holocene palaeoenvironmental study of Gialova Lagoon, SW Peloponnese, Greece. Quat Int. 476, 46–62.

Evans, M.E. & Heller, F. (2003): Environmental Magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics. Academic Press, Elsevier, 317 str.

Fader, G.B.J. (1997): The Effects of Shallow Gas on Seismic Reflection Profiles. U: Glaciated Margins: An Atlas of Acoustic Images. Springer Netherlands, 297 str.

Fairbanks, R.G. (1989): A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. Nature 342, 637-642.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T. & Horvatinčić, N. (2010): Relative Sea-Level Change During the Late Holocene on the Island of Vis (Croatia) – Issa Harbour Archaeological Site. Geodinamica Acta 23, 209-223.

Faivre, S., Fouache, E., Ghilardi, M., Antonioli, F., Furlani, S. & Kovačić, V. (2011): Relative sea level change in western Istria (Croatia) during the last millennium. Quaternary International 232, 132-143.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Horvatinčić, N. & Sironić, A. (2013): Distinct phases of relative sea level changes in the central Adriatic during the last 1500 years-influence of climatic variations? Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 369, 163-174.

Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J. & Horvatinčić, N. (2015): New data on marine radiocarbon reservoir effect in the Eastern Adriatic based on pre-bomb marine organisms from the intertidal zone and shallow sea. Radiocarbon 57/4, 527–538.

Fedje, D., McLaren, D., James, T.S., Mackie, Q., Smith, N.F., Southon, J.R. & Mackie, A.P. (2018): A revised sea level history for the northern Strait of Georgia, British Columbia, Canada. Quat. Sci. Rev. 192, 300–316. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.05.018

Felja, I., Fontana, A., Furlani, S., Bajraktarević, Z., Paradžik, A., Topalović, E., Rossato, S., Ćosović, V. & Juračić, M. (2015): Environmental changes in the lower Mirna River valley (Istria, Croatia) during the Middle and Late Holocene. Geologia Croatica 68/3, 209-224.

Ferranti, L., Antonioli, F., Mauz, B., Amorosi, A., Dai Pra, G., Mastronuzzi, G., Monaco, C., Orru, P., Pappalardo, M., Radtke, U., Renda, P., Romano, P., Sanso, P. & Verrubbi, V. (2006): Markers of the last interglacial sea-level high stand along the coast of Italy: Tectonic implications. Quaternary International 145–146, 30–54.

Figueira, B.O., Grenfell, H.R. & Hayward, B., Alfaro, A. (2012): Comparison of Rose Bengal and CellTracker Green staining for identification of live salt-marsh foraminifera. Journal of Foraminiferal Research 42, 206–215.

Field, M. (2002): A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology. EPA National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, 214 str.

Filikci, B., Eriş, K.K., Çağatay, N., Sabuncu, A. & Polonia, A. (2017): Late glacial to Holocene water level and climate changes in the Gulf of Gemlik, Sea of Marmara: evidence from multi-proxy data. Geo-Marine Lett. 37, 501–513. https://doi.org/10.1007/s00367-017-0498-2

Flemming, N., Harff, J., Moura, D., Burgess, A. & Bailey, G.N. (2017): Submerged Landscapes of the European Continental Shelf: Quaternary Paleoenvironments. Wiley-Blackwell, Chichester.

Foglini, F., Prampolini, M., Micallef, A., Angeletti, L., Vandelli, V., Deidun, A., Soldati, M. & Taviani, M. (2015): Late Quaternary coastal landscape morphology and evolution of the Maltese Islands (Mediterranean Sea) reconstructed from high-resolution seafloor data. Geol. Soc. London, Spec. Publ. 411, 77–95. https://doi.org/10.1144/SP411.12

Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J. Sediment. Petrol. 27, 3-26.

Ford & Williams (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. Chapman & Hall, London, 601 str.

Fouache, E., Faivre, S., Dufaure, J.J., Kovačić, V. & Tassaux, F. (2000): New observations on the evolution of the Croatian shoreline between Poreč and Zadar over the past 2000 years. Zeitschrift für Geomorphologie 122, 33–46.

Fourqurean, J., Johnson, B., Kauffman, J.B. & Lovelock, C. (2014): Field Sampling of Soil Carbon Pools in Coastal Ecosystems, Conservation. International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature, 39-66.

Frenzel, P. & Boomer, I. (2005): The use of ostracods from marginal-marine, brackish waters as bioindicators of environmental change and Quaternary palaeoenvironmental analysis e a review. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 225, 68-92.

Frenzel, P. & Oertel, P. (2002): Die rezenten Ostrakoden und Foraminiferen des Strelasundes (südliche Ostsee).The recent ostracods and foraminifera of the Strelasund (southern Baltic Sea). Rostock. Meeresbiolog. Beitr. 11, 23-37.

Frenzel, P., Viehberg, F.A., Herrig, E., Hinz-Schallreuter, I. & Reich, M. (2005): Recent and fossil ostracods of the southern Baltic Sea coast. Berliner paläobiologische Abhandlungen 6 (Supplement) (Mischke, S., Pint, A. & Zobel, K. (ur.)), 15th International Symposium on Ostracoda Freie Universität Berlin, September 12.15, 2005 Guidebook of Excursions, 3-32, 13 Abb., 2 Tab.

Frenzel, P., Schulze, I. & Pint, A. (2012): Noding of Cyprideis torosa valves (Ostracoda) as a proxy for salinity? New data from field observations and a long-term microcosm experiment. Int. Rev. Hydrobiol. 97, 314e329.

Frignani, M., Langone, L., Ravaioli, M., Sorgente, D., Alvisi, F. & Albertazzi, S. (2005): Fine sediment mass balance in the western Adriatic continental shelf over a century time scale. Mar. Geol. 222–223, 113-133.

Frontalini, F., Armnynot du Châtelet, E., Debenay, J.P., Coccioni, R. & Bancalà, G. (2011a): Benthic foraminifera in coastal lagoons: distributional patterns and biomonitoring implications. U: Lagoons: Biology, Management and Environmental Impact (Friedman, A.G. (ur.), Nova Science Publishers, Inc., 39-72.

Frontalini, F., Semprucci, F., Coccioni, R., Balsamo, M., Bittoni, P. & Covazzi-Harriague, A. (2011b): On the quantitative distribution and community structure of the meio and macrofaunal communities in the coastal area of the Central Adriatic Sea (Italy). Environ Monit Assess 180, 325–344.

Frontalini, F., Margaritelli, G., Francescangeli, F., Rettori, R., Armnynot du Châtelet, E., Coccioni, R. (2013): Benthic foraminiferal assemblages and biotopes in a coastal lake: The case study of Lake Varano (Southern Italy). Acta Protozool. 52/3, 147–160.

Frontalini, F., Curzi, D., Giordano, F.M., Bernhard, J.M., Falcieri, E. & Coccioni, R. (2015): Effects of Lead Pollution on Ammonia Parkinsoniana (Foraminifera): Ultrastructural and Microanalytical Approaches. European Journal of Histochemistry 59/1, 2460. doi:10.4081/ejh.2015.2460

Frumkin, A. (2013): New Developments of Karst Geomorphology Concepts. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 1-13. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Fuček, L., Matičec, D., Vlahović, I., Oštrić, N., Prtoljan, B., Korbar, T. & Husinec, A. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 – list Cres 2. (Basic Geological Map of Republic of Croatia 1:50 000, Cres 2 Sheet). Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Fuček, L., Matičec, D., Vlahović, I., Oštrić, N., Prtoljan, B., Korbar, T., Husinec, A. & Palenik, D. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 – list Cres 4. (Basic Geological Map of Republic of Croatia 1:50 000, Cres 4 Sheet). Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Fuček, L., Matičec, D., Vlahović, I., Oštrić, N., Prtoljan, B., Korolija, B., Korbar, T., Husinec, A. & Palenik, D. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 – list Cres i Lošinj. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Furlani, S., Cucchi, F., Biolchi, S. & Odorico, R. (2011a) Notches in the Northern Adriatic Sea: Genesis and development. Quaternary International 232, 158-168.

Furlani, S., Biolchi, S., Cucchi, F., Antonioli, F., Busetti, M. & Melis, R. (2011b): Tectonic effects on Late Holocene sea level changes in the Gulf of Trieste (NE Adriatic Sea, Italy). Quaternary International 232, 144-157.

Furlani, S., Ninfo, A., Zavagno, E., Paganini, P., Zini, L., Biolchi, S., Antonioli, F., Coren, F. & Cucchi, F. (2014): Submerged notches in Istria and the Gulf of Trieste: Results from the Geoswim project. Quaternary International 332, 37-47.

Gabriel, J.J., Reinhardt, E.G., van Hengstum, P.J., Beddows, P.A., Peros, M.C. & Davidson, D.E. (2009): Palaeoenvironmental evolution of cenote aktun ha (Carwash) on the Yucatan Peninsula, Mexico and its response to holocene sea-level rise. J. Paleolimnol. 42, 199–213. https://doi.org/10.1007/s10933-008-9271-x

Gajić-Čapka, M., Cindrić, K. & Mihajlović, D. (2008): Oborina/Precipitation. U: Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000 (Zaninović, K. (ur.)), Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 34-50.

Galassi, P. & Marocco, R. (1999): Relative sea-level rise, sediment accumulation and subsidence in the Caorle Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy) during the Holocene. II Quaternario 12(2), 249-256.

Galović, L. & Peh, Z. (2016): Mineralogical discrimination of the Pleistocene loess/paleosol sections in Srijem and Baranja, Croatia. Aeolian Res. 21, 151–162. http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2016.04.006.

Garcia-Garcia, A., Garcia-Gil, S. & Vilas, F. (2004): Echo characters and recent sedimentary processes as indicated by high-resolution sub-bottom profiling in Ria de Vigo (NW Spain). Geo-Mar Lett 24, 32-45.

Geel, B. (2001): Non-pollen palynomorphs. U: Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators (Smol, J., Birks, H.J. & Last. W.M. (ur.)), Kluwer Academic Publishers, 99-120.

Gehrels, W.R. (1994): Determining Relative Sea-level Change from Salt-marsh Foraminifera and Plant Zones on the Coast of Maine, U.S.A. J Coast Res. 10/4, 990–1009.

Geraga, M., Papatheodorou, G., Agouridis, C., Kaberi, H., Iatrou, M., Christodoulou, D., Fakiris, E., Prevenios, M., Kordella, S. & Ferentinos, G. (2017): Palaeoenvironmental implications of a marine geoarchaeological survey conducted in the SW Argosaronic gulf, Greece. J. Archaeol. Sci. Reports 12, 805–818. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.08.004

Giani, M., Boldrin, A., Matteucci, G., Frascari, F., Gismondi, M. & Rabitti, S. (2001): Downward fluxes of particulate carbon, nitrogen and phosphorus in the north-western Adriatic Sea. Sci. Total Environ. 266, 125–134. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00744-0

Giani, M., Berto, D., Rampazzo, F., Savelli, F., Alvisi, F., Giordano, P., Ravaioli, M. & Frascari, F. (2009): Origin of sedimentary organic matter in the north-western Adriatic Sea. Estuar. Coast. Shelf Sci. 84, 573–583. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.07.031

Giunta, S., Negri, A., Morigi, C., Capotondi, L., Combourieu-Nebout, N., Emeis, K.C., Sangiorgi, F. & Vigliotti, L. (2003): Coccolithophorid ecostratigraphy and multi-proxy paleoceanographic reconstruction in the Southern Adriatic Sea during the last deglacial time (Core AD91-17). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 190, 39-59.

Goldberg, S., Forster, H.S. & Godfrey, C.L. (1996): Molybdenum Adsorption on Oxides, Clay Minerals, and Soils. Soil Sci Soc Am J 60/2, 425-432.

Goudeau, M.L.S., Grauel, A.L., Tessarolo, C., Leider, A., Chen, L., Bernasconi, S.M., Versteegh, G.J.M., Zonneveld, K.A.F., Boer, W., Alonso-Hernandez, C.M. & De Lange, G.J. (2014): The Glacial-Interglacial transition and Holocene environmental changes in sediments from the Gulf of Taranto, central Mediterranean. Mar. Geol. 348, 88–102. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2013.12.003

Govorčin, D.P., Juračić, M., Horvatinčić, N. & Onofori, V. (2001): Holocene sedimentation in the Soline Channel (Mljet Lakes, Adriatic Sea), Natura Croatica 10/4, 247-258.

Grigg, R.W., Grossman, E.E., Earle, S.A., Gittings, S.R., Lott, D. & McDonough, J. (2002): Drowned reefs and antecedent karst topography, Au'au channel, S.E. Hawaiian Islands. Coral Reefs 21, 73–82. https://doi.org/10.1007/s00338-001-0203-8

Guy-Ohlson, D. (1998): The use of the microalga Botryococcus in the interpretation of lacustrine environments at the Jurassic-Cretaceous transition in Sweden. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 140, 347-356.

Haenssler, E., Unkel, I., Dörfler, W. & Nadeau, M. (2014): Driving mechanisms of Holocene lagoon development and barrier accretion in Northern Elis, Peloponnese, inferred from the sedimentary record of the Kotychi Lagoon. Quat. Sci. J. 63, 60–77. https://doi.org/10.3285/eg.63.1.04

Hajdas, I. (2008): Radiocarbon dating and its applications in Quaternary studies. Quat. Sci. J. 57, 2–24. https://doi.org/10.3285/eg.57.1-2.1

Hajek-Tadesse, V., Ilijanić, N., Miko, S. & Hasan, O. (2018): Holocene Ostracoda (Crustacea) from the shallow Lake Vrana (Dalmatia, Croatia) and their paleoenvironmental significance. Quat. Int. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.007

Halamić, J., Miko, S., Peh, Z., Galović, L. & Šorša, A. (2009): Geochemical Atlas of the Republic of the Republic of Croatia.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4, 9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Hansson, A., Nilsson, B., Sjöström, A., Björck, S., Holmgren, S., Linderson, H., Magnell, O., Rundgren, M. & Hammarlund, D. (2018): A submerged Mesolithic lagoonal landscape in the Baltic Sea, south-eastern Sweden – Early Holocene environmental reconstruction and shore-level displacement based on a multiproxy approach. Quat. Int. 463, 110–123. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.059

Haq, B.U., Boersma, A. (1998): Introduction to Marine Micropaleontology. Elsevier, New York.

Hasan, O. (2017): Paleookolišna rekonstrukcija slivova Karinskoga mora, Novigradskoga mora i Velebitskoga kanala tijekom holocena. Doktorski rad, RGNF, Sveučilište u Zagrebu, 584 str.

Hay, W.W. & Sandberg, P.A. (1967): The Scanning Electron Microscope, a Major Break-through for Micropaleontology. Micropaleontology 13, 407-418.

Hayward, B.W., Holzmann, M., Grenfell, H.R., Pawlowski, J. & Triggs, C.M. (2004): Morphological distinction of molecular types in Ammonia - Towards a taxonomic revision of the world's most commonly misidentified foraminifera. Mar. Micropaleontol. 50, 237–271. https://doi.org/10.1016/S0377-8398(03)00074-4

He, S. & Xu, Y.J. (2015): Concentrations and ratios of Sr, Ba and Ca along an estuarine river to the Gulf of Mexico – implication for sea level rise effects on trace metal distribution. Biogeosciences Discuss. 12, 18425–18461. https://doi.org/10.5194/bgd-12-18425-2015

Hedges, J.I. & Keil, R.G. (1995): Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. Mar. Chem. 49, 81–115. https://doi.org/10.1016/0304-4203(95)00008-F

Hedges, R.E.M. (1981): Radiocarbon dating with an accelerator: Review and preview. Archaeometry 23, 3-18.

Heip, C. (1976): The Life-Cycle of Cyprideis torosa (Crustacea, Ostracoda). Oecologia 24, 229-245.

Henry, S. (2004): Understanding Seismic Amplitudes. Geophysical Corner columns in AAPG Explorer.

Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (2002): The Ostracoda: Applications in Quaternary Research. Geophysical Monograph, vol. 131. American Geophysical Union, Washington DC.

Holtan, H., Kamp-Nielsen, L. & Stuanes, A.O. (1988): Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. Hydrobiologia 170, 19-34.

Horne, D.J., Cohen, A. & Martens, K. (2002): Biology, taxonomy and identification techniques. U: The Ostracoda: Applications in Quaternary Research, (Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (ur.)), Geophysical Monograph, vol. 131. American Geophysical Union, Washington DC.

Horton, T., Kroh, A., Ahyong, S., Bailly, N., Boyko, C.B., Brandão, S.N., Costello, M.J., Gofas, S., Hernandez, F., Holovachov, O., Mees, J., Paulay, G., Rosenberg, G., Decock, W., Dekeyzer, S., Lanssens, T., Vandepitte, L., Vanhoorne, B., Verfaille, K., Adlard, R., Adriaens, P., Agatha, S., Ahn, K.J., Akkari, N., Alvarez, B., Anderson, G., Angel, M., Arango, C., Artois, T., Atkinson, S., Bank, R., Barber, A., Barbosa, J.P., Bartsch, I., Bellan-Santini, D., Bernot, J., Berta, A., Bieler, R., Blanco, S., Blasco-Costa, I., Blazewicz, M., Bock, P., Böttger-Schnack, R., Bouchet, P., Boury-Esnault, N., Boxshall, G., Bray, R., Breure, B., Bruce, N.L., Cairns, S., Campinas Bezerra, T.N., Cárdenas, P., Carstens, E., Chan, B.K., Chan, T.Y., Cheng, L., Churchill, M., Coleman, C.O., Collins, A.G., Corbari, L., Cordeiro, R., Cornils, A., Coste, M., Crandall, K.A., Cremonte, F., Cribb, T., Cutmore, S., Dahdouh-Guebas, F., Daly, M., Daneliya, M., Dauvin, J.C., Davie, P., De Broyer, C., De Grave, S., de Mazancourt, V., de Voogd, N., Decker, P., Decraemer, W., Defaye, D., d'Hondt, J.L., Dijkstra, H., Dohrmann, M., Dolan, J., Domning, D., Downey, R., Drapun, I., Ector, L., Eisendle-Flöckner, U., Eitel, M., Encarnação, S.C.d., Enghoff, H., Epler, J., Ewers-Saucedo, C., Faber, M., Feist, S., Figueroa, D., Finn, J., Fišer, C., Fordyce, E., Foster, W., Frank, J.H., Fransen, C., Furuya, H., Galea, H., Garcia-Alvarez, O., Garic, R., Gasca, R., Gaviria-Melo,

S., Gerken, S., Gheerardyn, H., Gibson, D., Gil, J., Gittenberger, A., Glasby, C., Glover, A., Gómez-Noguera, S.E., González-Solís, D., Gordon, D., Grabowski, M., Gravili, C., Guerra-García, J.M.., Guidetti, R., Guiry, M.D., Hadfield, K.A., Hajdu, E., Hallermann, J., Hayward, B., Hendrycks, E., Herbert, D., Herrera Bachiller, A., Ho, J.s., Hodda, M., Høeg, J., Hoeksema, B., Hooper, J., Houart, R., Hughes, L., Hyžný, M., Iniesta, L.F.M., Iseto, T., Ivanenko, S., Iwataki, M., Jarms, G., Jaume, D., Jazdzewski, K., Jóźwiak, P., Kantor, Y., Karanovic, I., Karthick, B., Kim, Y.H., King, R., Kirk, P.M., Klautau, M., Kociolek, J.P., Köhler, F., Kolb, J., Kotov, A., Kremenetskaia, A., Kristensen, R., Kulikovskiy, M., Kullander, S., La Perna, R., Lambert, G., Lazarus, D., Le Coze, F., LeCroy, S., Leduc, D., Lefkowitz, E.J., Lemaitre, R., Liu, Y., Lörz, A.N., Lowry, J., Ludwig, T., Lundholm, N., Macpherson, E., Madin, L., Mah, C., Mamo, B., Mamos, T., Manconi, R., Mapstone, G., Marek, P.E., Marshall, B., Marshall, D.J., Martin, P., McInnes, S., Meidla, T., Meland, K., Merrin, K., Mesibov, R., Messing, C., Miljutin, D., Mills, C., Moestrup, Ø., Mokievsky, V., Molodtsova, T., Monniot, F., Mooi, R., Morandini, A.C., Moreira da Rocha, R., Moretzsohn, F., Mortelmans, J., Mortimer, J., Musco, L., Neubauer, T.A., Neubert, E., Neuhaus, B., Ng, P., Nguyen, A.D., Nielsen, C., Nishikawa, T., Norenburg, J., O'Hara, T., Opresko, D., Osawa, M., Ota, Y., Páll-Gergely, B., Patterson, D., Paxton, H., Peña Santiago, R., Perrier, V., Perrin, W., Petrescu, I., Picton, B., Pilger, J.F., Pisera, A., Polhemus, D., Poore, G., Potapova, M., Pugh, P., Read, G., Reich, M., Reimer, J.D., Reip, H., Reuscher, M., Reynolds, J.W., Richling, I., Rimet, F., Ríos, P., Rius, M., Rogers, D.C., Rützler, K., Sabbe, K., Saiz-Salinas, J., Sala, S., Santos, S., Sar, E., Sartori, A.F., Satoh, A., Schatz, H., Schierwater, B., Schmidt-Rhaesa, A., Schneider, S., Schönberg, C., Schuchert, P., Senna, A.R., Serejo, C., Shaik, S., Shamsi, S., Sharma, J., Shear, W.A., Shenkar, N., Shinn, A., Short, M., Sicinski, J., Siegel, V., Sierwald, P., Simmons, E., Sinniger, F., Sivell, D., Sket, B., Smit, H., Smit, N., Smol, N., Souza-Filho, J.F.., Spelda, J., Sterrer, W., Stienen, E., Stoev, P., Stöhr, S., Strand, M., Suárez-Morales, E., Summers, M., Suttle, C., Swalla, B.J., Taiti, S., Tanaka, M., Tandberg, A.H., Tang, D., Tasker, M., Taylor, J., Taylor, J., Tchesunov, A., ten Hove, H., ter Poorten, J.J., Thomas, J., Thuesen, E.V., Thurston, M., Thuy, B., Timi, J.T., Timm, T., Todaro, A., Turon, X., Tyler, S., Uetz, P., Uribe-Palomino, J., Utevsky, S., Vacelet, J., Vachard, D., Vader, W., Väinölä, R., Van de Vijver, B., van der Meij, S.E., van Haaren, T., van Soest, R., Vanreusel, A., Venekey, V., Vinarski, M., Vonk, R., Vos, C., Walker-Smith, G., Walter, T.C., Watling, L., Wayland, M., Wesener, T., Wetzel, C., Whipps, C., White, K., Williams, D., Williams, G., Wilson, R., Witkowski, A., Witkowski, J., Wyatt, N., Wylezich, C., Xu, K., Zanol, J., Zeidler, W. & Zhao, Z. (2018): World Register of Marine Species. Available from http://www.marinespecies.org at VLIZ. Accessed 2018-12-06. doi:10.14284/170

Horvantinčić, N., Krajcar Bronić, I. & Obelić, B. (2003): Diferences in the 14C age, N13C and N18O of Holocene tufa and speleothem in the Dinaric Karst. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 193, 139-157.

Hua, Q. (2009): Radiocarbon: A chronological tool for the recent past. Quaternary Geochronology 4, 378–390.

Husinec, A., Velić, I., Fuček, L., Vlahović, I., Matičec, D., Oštrić, N. & Korbar, T. (2000): Mid Cretaceous orbitolinid (Foraminiferida) record from the islands of Cres and Losinj (Croatia) and its regional stratigraphic correlation. Cretac Res. 21/1, 155–171.

Ilijanić, N. (2014): Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno Jadranske obale kao pokazatelji promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena. Doktorski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 335 str.

Ilijanić, N., Miko, S., Hasan, O., Bakrač, K. (2018): Holocene environmental record from lake sediments in the Bokanjačko blato karst polje (Dalmatia, Croatia). Quat. Int. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.037

Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.G., Prell, W.L. & Shackleton, N.J. (1984): The orbital theory of pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine δ18O record. Milankovitch and Climate: Understanding the Response to Astronomical Forcing, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop held in Palisades, NY (A. Berger, J. Imbrie, H. Hays, G. Kukla, & B. Saltzman (ur.)), Dordrecht: D. Reidel Publishing, 269-305.

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II i III to the the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 169 str.

Ishiwatari, R., Negishi, K., Yoshikawa, H. & Yamamoto, S. (2009): Glacial-interglacial productivity and environmental changes in Lake Biwa, Japan: A sediment core study of organic carbon, chlorins and biomarkers. Org. Geochem. 40, 520–530. https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2009.01.002

Jackson, M.L. (1956): Soil Chemical Analysis-Advanced course: Published by the author, Department of soil analysis, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, 991 str.

Jorissen, F.J. (1988): Benthic Foraminifera from the Adriatic Sea; Principles of phenotypic variation. Utrecht Micropaleontological Bulletins 37, 174 str.

Jouve, G., Francus, P., Lamoureux, S., Provencher-Nolet, L., Hahn, A., Haberzettl, T., Fortin, D. & Nuttin, L. (2013): Microsedimentological characterization using image analysis and μ-XRF as indicators of sedimentary processes and climate changes during Lateglacial at Laguna Potrok Aike, Santa Cruz, Argentina. Quat. Sci. Rev. 71, 191–204. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.06.003

Juggins, S. (2011): C2 data analysis, version 1.7.4., software for ecological and palaeooecological dana analysis and visualisation, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK.

Juračić, M. & Prohić, E. (1991): Mineralogy, sources of particles, and sedimentation in the Krka River Estuary. Geološki vjesnik 44, 195-200.

Juračić, M., Benac, Č. & Crmarić, R. (1999): Seabed and Surface Sediment Map of the Kvamer Region, Adriatic Sea, Croatia (Lithological Map, 1:500,000). Geol. Croat. 52, 131–140.

Juračić, M., Sondi, I., Barišić, D., & Pravdić, V. (1995): Sedimenti i sedimentacija u Mljetskim Jezerima (Hrvatska). Prirodne značajke i društvena valorizacija otoka Mljeta. U: Ekološke monografije 6 (Durbešić, P. & Benović, A. (ur.)), Hrvatsko ekološko društvo, Pomena, otok Mljet, 107-116.

Juračić, M., Benac, Č., Pikelj, K. & Ilić, S. (2009): Comparison of the vulnerability of limestone (karst) and siliciclastic coasts (example from the Kvarner area, NE Adriatic, Croatia). Geomorphology 107, 90-99.

Karavanić, I., Vukosavljević, N., Čondić, N., Miko, S., Razum, I., Ilijanić, N., Zubčić, K., Šošić Klindžić, R., Ahern, J.C.M. & Barbir, A. (2016): Projekt "Kasni musterijen na istočnom Jadranu – temelj za razumijevanje identiteta kasnih neandertalaca i njihovog nestanka": sažetak 2. i 3. godine istraživanja. Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu 33, 271-285.

Karavanić, I., Vukosavljević, N., Klindžić, R.Š., Kurtanjek, D. & Zupanič, J. (2013): Litička i koštana industrija epigravetijenskih slojeva Šandalje II kod Pule /The lithic and bone industries of the Epigravettian layers from Šandalja II near Pula. Vjesn. za Arheol. i Povij. Dalm. 106, 7–73.

Karavanić, I., Vukosavljević, N., Šošić Klindžić, R., Ahern, J.C.M., Čondić, N., Becker, R., Zubčić, K., Šuta, I., Gerometta, K. & Boschian, G. (2014): Projekt "Kasni musterijen na istočnom Jadranu – temelj za razumijevanje identiteta kasnih neandertalaca i njihovog nestanka": sažetak 1. godine istraživanja. Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu 31, 139-157.

Kelletat, D.H. (2005): Dalmatian coasts. U: Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series, (Schwartz, M. (ur.)), Dordrecht, The Netherlands: Springer, 355–356.

Kent, D., Rio, D., Massari, F., Kukla, G. & Lanci, L. (2002): Emergence of Venice during the Pleistocene. Quaternary Science Reviews 21, 1719–1727.

Kindinger, J.L., Davis, J.B. & Flocks, J.G. (1999): Geology and evolution of lakes in north-central Florida. Environmental Geology 38/4, 301-321.

Konert, M. & Vandenberghe, J.E.F. (1997): Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. Sedimentology 44, 523– 535.

Kopf, A., Strasser, M., Monsees, N., Underwood, M.B. & Guo, J. (2011): Data report: particle size analysis of sediments recovered during IODP Expeditions 315 and 316, Sites C0001–C0008, Nankai Trough forearc, off Japan. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program, Volume 314/315/316.

Korbar, T. & Husinec, A. (2003): Biostratigraphy of Turonian to (?) Coniacian Platform Carbonates: A Case Study from the Cres Island (Northern Adriatic, Croatia). Geol Croat. 56/2, 173–185.

Korbar, T., Fuček, L., Husinec, A., Vlahović, I., Oštrić, N., Matičec, D. & Jelaska, V. (2001): Cenomanian carbonate facies and rudists along shallow intraplatform basin margin-the island of Cres (Adriatic Sea, Croatia). Facies 45, 39–58.

Korbar, T., Montanari, A., Koch, G., Mariani, S., DePaolo, D., Turchyn, A., Miknić, M. & Tari, V. (2009): Geologic reconnaissance of the island of Velika Palagruža (central Adriatic, Croatia). Geol. Croat. 62 (2), 75-94.

Kouli, K., Brinkhuis, H., Dale, B. (2001): Spiniferites cruciformis: a fresh water dinoflagellate cyst? Rev. Palaeobot. Palynol. 113 (4):273–286.

Kovacs, S.E., van Hengstum, P.J., Reinhardt, E.G., Donnelly, J.P. & Albury, N.A. (2013): Late Holocene sedimentation and hydrologic development in a shallow coastal sinkhole on Great Abaco Island, The Bahamas. Quat. Int. 317, 118–132. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.09.032

Kranjc, A. (2009): An example of karst terminology evolution: from „Dolina“ to ‘‘Tiankeng’’. Carsologica Sinica 28/2, 169-174.

Kranjc, A. (2013): Classification of Closed Depressions in Carbonate Karst. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 104-110. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals, American Mineralogist 68, 277-279.

Kylander, M.E., Ampel, L., Wohlfarth, B., Veres, D. (2011): High-resolution X-ray fluorescence core scanning analysis of Les Echets (France) sedimentary sequence: New insights from chemical proxies. J. Quat. Sci. 26, 109–117. https://doi.org/10.1002/jqs.1438

Lamb, A.L., Wilson, G.P. & Leng, M.J. (2006): A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using δ13C and C/N ratios in organic material. Earth-Science Rev. 75, 29–57. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.10.003

Lambeck, K. & Chappell, J. (2001): Sea level change through the last glacial cycle. Science 292, 679–686. https://doi.org/10.1126/science.1059549

Lambeck, K., Antonioli, F., Purcell, A. & Silenzi, S. (2004): Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr. Quat. Sci. Rev. 23, 1567–1598. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.02.009

Lambeck, K., Antonioli, F., Anzidei, M., Ferranti, L., Leoni, G., Scicchitano, G. & Silenzi, S. (2011): Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future. Quat. Int. 232, 250–257. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.04.026

Lambeck, K., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y. & Sambridge, M. (2014): Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. Proc. Natl. Acad. Sci. 111, 15296–15303. https://doi.org/10.1073/pnas.1411762111

Lang, N. & Wolff, E.W. (2011): Interglacial and glacial variability from the last 800 ka in marine, ice and terrestrial archives. Clim. Past 7, 361–380. https://doi.org/10.5194/cp-7-361-2011

Lanson, B. (1997): Decomposition of experimental x-ray diffraction patterns (profile fitting): a convenient way to study clay minerals. Clays and Clay Minerals 45/2, 132-146.

Lauritzen, S.E. & Skoglund, R.Ø. (2013): Glacier Ice-Contact Speleogenesis in Marble Stripe Karst. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 365-393. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Lavergne, M. (1989): Seismic Methods. Graham & Trotman Limited, London.

Lavina, B., Dera, P. & Downs, R.T. (2014): Modern X-ray Diffraction Methods in Mineralogy and Geosciences. Reviews in Mineralogy & Geochemistry 78, 1-31.

Lees, J.A., Flower, R.J., Ryves, D., Vologina, E. & Sturm, M. (1998): Identifying sedimentation patterns in Lake Baikal using whole core and surface scanning magnetic susceptibility. Journal of Paleolimnology 20, 187–202.

Libby, W.F. (1946): Atmospheric helium three and radiocarbon from cosmic radiation. Phys. Rev. 69, 671–672. https://doi.org/10.1103/PhysRev.69.671.2

Libby, W.F. (1967): History of Radiocarbon dating. Radioactive dating and methods of low-level Counting. International Atomic Energy Agency, Vienna, 3-25.

Lidz, B.H. & Rose, P. (1989): Diagnostic Foraminiferal Assemblages of Florida Bay and adjacent shallow waters: A comparison. Bulletin of Marine Science 44/1, 399-418.

Lin, Y.T., Schuettpelz, C.C., Wu, C.H. & Fratta, D. (2009): A combined acoustic and electromagnetic wave-based techniques for bathymetry and subbottom profiling in shallow waters. Journal of Applied Geophysics 68 (2), 203-218.

Lloyd, J.M. & Evans, J.R. (2002): Contemporary and fossil foraminifera from isolation basins in northwest Scotland. J. Quat. Sci. 17, 431–443. https://doi.org/10.1002/jqs.719

Lloyd, J. (2000): Combined Foraminiferal and Thecamoebian Environmental Reconstruction From an Isolation Basin in NW Scotland: Implications for Sea-Level Studies. J. Foraminifer. Res. 30, 294–305. https://doi.org/10.2113/0300294

Loeblich, A. R. & Tappan, H. (1964): Sarcodina, chiefly ‘‘Thecamoebians’’ and Foraminiferida. U: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, vol. 1–2 (Moore, R.C. (ur.)), Geological Society of America, Boulder.

Loeblich, A.R. & Tappan, H. (1987): Foraminiferal Genera and Their Classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 970 str.

Loizeau, J.L., Arbouille, D., Santiago, S. & Vernet, J. (1994): Evaluation of a wide range laser diffraction grain size analyser for use with sediments. Sedimentology 41, 353–361. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1994.tb01410.x

Long, A.J., Woodroffe, S.A., Roberts, D.H. & Dawson, S. (2011): Isolation basins, sea-level changes and the Holocene history of the Greenland Ice Sheet. Quat. Sci. Rev. 30, 3748–3768. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.10.013

Longerich, H.P., Jenner, G.A., Fryer, B.J. & Jackson, S.E. (1990): Inductively coupled plasma-mass spectrometric analysis of geological samples: A critical evaluation based on case studies. Chem. Geol. 83, 105–118. https://doi.org/10.1016/0009-2541(90)90143-U

Lopes-Rocha, M., Langone, L., Miserocchi, S., Giordano, P. & Guerra, R. (2017): Detecting long-term temporal trends in sediment-bound metals in the western Adriatic (Mediterranean Sea). Mar. Pollut. Bull. 124, 270–285. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.026

López-Chicano, M., Calvache, M.L., Martín-Rosales, W. & Gisbert, J. (2002): Conditioning factors in flooding of karstic poljes - The case of the Zafarraya polje (South Spain). Catena 49, 331–352. https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00053-X

Lorenschat, J., Pérez, L., Correa-Metrio, A., Brenner, M., von Bramann, U. & Schwalb, A. (2014): Diversity and spatial distribution of extant freshwater ostracodes (crustacea) in ancient Lake Ohrid (Macedonia/Albania). Diversity 6, 524–550. https://doi.org/10.3390/d6030524

Lowe, J.J & Walker, M.J.C. (2015): Reconstructing Quaternary environments (3rd Edition). Routledge, Abingdon, Oxon, 569 str.

MacLachlan, S., Hunt, J.E. & Croudace, I.W. (2015): An Empirical Assessment of Variable Water Content and Grain-Size on X-Ray Fluorescence Core-Scanning Measurements of Deep Sea Sediments. U: Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences (Developments in Paleoenvironmental Research), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods, (Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (ur.)), Springer, Dordrecht, 173-189.

MacLean, B. (1997): Iceberg Turbate on SouthEastern Baffin Island Shelf, Canada. U: Glaciated Margins: An Atlas of Acoustic Images. Springer Netherlands, 297 str.

Magaš, N. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ, list Cres, 1:100 000, L33-113 (Basic Geological Map of SFRJ: Cres Sheet L33-113). Institut za geološka istraživanja, Zagreb. Savezni geološki zavod, Beograd.

Maher, B.A. (2011): The magnetic properties of Quaternary aeolian dusts and sediments, and and their palaeoclimatic significance. Aeolian Res. 3, 87–144.

Major, C., Ryan, W., Lericolais, G. & Hajdas, I. (2002): Constraints on Black Sea outflow to the Sea of Marmara during the last glacial–interglacial transition. Mar. Geol. 190(1), 19–34.

Makled, W.A. & Langer, M.R. (2010): Preferential selection of titanium-bearing minerals in agglutinated Foraminifera: Ilmenite ($FeTiO_3$) in Textularia hauerii d'Orbigny from the Bazaruto Archipelago, Mozambique. Rev Micropaleontol. 53, 163–173.

Malez, M., Slepčević, A. & Srdoč, D. (1979): Određivanje starosti metodom radioaktivnog ugljika kvartarnim naslagama na nekim lokalitetima u Dinarskom kršu, Rad JAZU, 383, Razred za prirodne znanosti 18, 227-271.

Mamužić, P. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ, list Lošinj, 1:100 000, L33-125 (Basic Geological Map of SFRJ: Cres Sheet L33-125). Institut za geološka istraživanja, Zagreb. Savezni geološki zavod, Beograd.

Markulin, K. (2018): Odnos foraminiferskih zajednica i fizikalno-kemijskih svojstava sedimenta u području srednjeg i južnog Jadrana. Doktorski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 147 str.

Marriner, N., Morhange, C., Faivre, S., Flaux, C., Vacchi, M., Miko, S., Dumas, V., Boetto, G. & Radic Rossi, I. (2011): Post-Roman sea-level changes on Pag Island (Adriatic Sea): Dating Croatia's "enigmatic" coastal notch? Geomorphology 221, 83-94.

Maselli, V. & Trincardi, F. (2013): Large-scale single incised valley from a small catchment basin on the western Adriatic margin (central Mediterranean Sea). Glob. Planet. Change 100, 245–262. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.008

Maselli, V. (2011): The stratigraphic record of the Quaternary sea level fluctuations and the impact of the post-glacial sea level rise (Termination I) in the Adriatic basin (Mediterranean Sea). Doktorska disertacija, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Universita di Bologna, 126 str.

Maselli, V., Trincardi, F., Cattaneo, A., Ridente, D. & Asioli, A. (2010): Subsidence pattern in the central Adriatic and its influence on sediment architecture during the last 400 kyr. Journal of Geophysical Research 115, B12106, doi:10.1029/2010JB007687.

Maselli, V., Hutton, E., Kettner, A., Syvitski, J. & Trincardi, F. (2011): High-frequency sea level and sediment supply fluctuations during Termination I: An integrated sequence-stratigraphy and modeling approach from the Adriatic Sea. Marine Geology, 287, 54-70.

Masson-Delmotte, V., Stenni, B., Pol, K., Braconnot, P., Cattani, O., Falourd, S., Kageyama, M., Jouzel, J., Landais, A., Minster, B., Barnola, J.M., Chappellaz, J., Krinner, G., Johnsen, S., Röthlisberger, R., Hansen, J., Mikolajewicz, U. & Otto-Bliesner, B. (2010): EPICA Dome C record of glacial and interglacial intensities. Quat. Sci. Rev. 29, 113–128. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.09.030

Mateo, R. (2009): Lead poisoning in wild birds in Europe and the regulations adopted by different countries. In: WATSON, R.T., FULLER, M., POKRAS, M. & HUNT, W.G. (eds.): Ingestion of Lead from Spent Ammunition: Implications for Wildlife and Humans. The Peregrine Fund, Boise, Idaho, USA. doi: 10.4080/ilsa.2009.0107

Mayayo, M.J., Torres-Ruiz, J., Gonzalez-Lopez, J.M., Lopez-Galindo, A. & Bauluz, B. (1998): Mineralogical and chemical characterization of the sepiolite Mg-smectite deposit at Mara (Calatayud Basin, Spain). Eur J Mineral. 10/2, 367–383.

Mayr, C., Fey, M., Haberzettl, T., Janssen, S., Lücke, A., Maidana, N.I., Ohlendorf, C., Schäbitz, F., Schleser, G.H., Struck, U., Wille, M. & Zolitschka, B. (2005): Palaeoenvironmental changes in southern Patagonia during the last millennium recorded in lake sediments from Laguna Azul (Argentina). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 228, 203–227. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.06.001

McCave, I.N., Bryant, R.J., Cook, H.F. & Coughanowr, C.A. (1986): Evaluation of a laser-diffraction-size analyzer for use with natural sediments. Journal of Sedimentary Research 56, 561-564.

Medwin, H. & Blue, J.E. (2005): Sounds in the sea: from ocean acoustics to acoustical oceanography. Cambridge University Press.

Meiri, M., Lister, A.M., Collins, M.J., Tuross, N., Goebel, T., Blockley, S., Zazula, G.D., van Doorn, N., Guthrie, R.D., Boeskorov, G.G., Baryshnikov, G.F., Sher, A. & Barnes, I. (2013): Faunal record identifies Bering isthmus conditions as constraint to end-Pleistocene migration to the New World. Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 281. https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2167

Meisch, C. (2000): Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Spektrum Akademischer Verlag, 515 str.

Mercone, D., Thomson, J., Croudace, I.W., Siani, G., Paterne, M. & Tröelstra, S. (2000): Duration of S1, the most recent Eastern Mediterranean sapropel, as indicated by AMS radiocarbon and geochemicalevidence. Paleoceanography 15 (3), 336–347.

Meunier, A. (2003): Clays. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 476 str.

Meyers, P.A. (1994): Preservation of elemental and isotopic source identification of sediemntary organic matter. Chem. Geol. 114, 289–302. https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90059-0

Meyers, P.A. (1997): Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. Organic Geochemistry, 97(5/6): 213-250.

Meyers, P.A. (2003): Application of organic geochemistry to paleolimnological reconstruction: a summary of examples from the Laurention Great Lakes. Org. Geochem. 34, 261–289. https://doi.org/10.1016/S0146-6380(02)00168-7

MGDAPAI (2013): Marine Geophysics Data Acquisition, Processing and Interpretation. Guidance Notes, English Heritage, 48 str.

Micallef, A., Foglini, F., Le Bas, T., Angeletti, L., Maselli, V., Pasuto, A. & Taviani, M. (2013): The submerged paleolandscape of the Maltese Islands: Morphology, evolution and relation to Quaternary environmental change. Marine Geology 335, 129-147.

Migani, F., Borghesi, F. & Dinelli, E. (2015): Geochemical characterization of surface sediments from the northern Adriatic wetlands around the Po river delta. Part I: Bulk composition and relation to local background. Journal of Geochemical Exploration 156, 72-88.

Mihelčić, G., Šurija, B., Juračić, M., Barišić, D. & Branica, M. (1996): History of the accumulation of trace metals in sediments of the saline Rogoznica Lake (Croatia). Sci Total Environ. 182/1–3, 105–15.

Miko, S., Halamić, J., Peh, Z. & Galović, L. (2001): Geochemical Baseline Mapping of Soils Developed on Diverse Bedrock from Two Regions in Croatia. Geol Croat. 54/1, 53-118.

Mikulčić Pavlaković, S., Crnjaković, M., Tibljaš, D., Šoufek, M., Wacha, L., Frechen, M. & Lacković, D. (2011): Mineralogical and geochemical characteristics of Quaternary sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia). Quat. Int. 234, 32–49. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.02.005

Milanović, P. (2004): Dinaride poljes. U: Encyclopedia of caves and karst science, (Gunn, J. (ur.)), Fitzroy Dearborn, 599-603.

Mitchum, R.M. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 11: Glossary of Terms used in Seismic Stratigraphy. U: Seismic Stratigraphy-applicetions to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26, 117-133.

Mitchum, R.M., Vail, P.R. & Sangree, J.B. (1977): Seismic stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. U: Seismic Stratigraphy-applicetions to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26, 117-133.

Mlakar, M., Fiket, Ž., Geček, S., Cukrov, N. & Cuculić, V. (2015): Marine lake as in situ laboratory for studies of organic matter influence on speciation and distribution of trace metals. Shelf Research 103, 1-11.

Mocochain, L., Audra, P., Clauzon, G., Bellier, O., Bigot, J.Y., Parize, O. & Monteil, P. (2009): The effect of river dynamics induced by the Messinian Salinity Crisis on karst landscape and caves: Example of the Lower Ardèche river (mid Rhône valley). Geomorphology 106/1–2, 46–61. http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.09.021

Mocochain, L., Clauzon, G., Bigot, J.Y. & Brunet, P. (2006): Geodynamic evolution of the peri-Mediterranean karst during the Messinian and the Pliocene: evidence from the Ardèche and Rhône Valley systems canyons, Southern France. Sediment. Geol. 188–189, 219–233. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2006.03.006

Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M. (1991): Pollen Analysis (2 edition), Blackwell Science Publication, London, 216 str.

Morang, A., Larson, R. & Gorman, L. (1997): Monitoring the Coastal Environment; Part III: Geophysical and Research Methods. Journal of Coastal Research 13 (4), 1064-1085.

Moscon, G., Correggiari, A., Stefani, C., Fontana, A. & Remia, A. (2015): Very-high resolution analysis of a transgressive deposit in the northern Adriatic Sea (Italy). Alpine and Mediterranean Quaternary 28, 121-129.

Mudie, P.J., Aksu, A.E. & Yasar, D. (2001): Late Quaternary dinoflagellate cysts from the Black, Marmara and Aegean seas: Variations in assemblages, morphology and paleosalinity. Mar. Micropaleontol. 43, 155–178. https://doi.org/10.1016/S0377-8398(01)00006-8

Müller, A. & Mathesius, U. (1999): The palaeoenvironments of coastal lagoons in the southern Baltic Sea, I. The application of sedimentary C(org)/N ratios as source indicators of organic matter. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 145, 1–16. https://doi.org/10.1016/S0031-0182(98)00094-7

Müller-Navara, K., Milker, Y. & Schmiedl, G. (2017): Applicability of transfer functions for relative sea level reconstructions in the southern North Sea coastal region based on salt-marsh foraminifera. Marine Micropaleontology 135, 15-31.

Murray, J.W. (1973): Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids: Heinemann Educational Books Ltd, London, 274 str.

Murray, J.W. (1991): Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman Scientific and Technical, London, 397 str.

Murray, J.W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Cambridge University Press, Cambridge, 426 str.

Murray, J.W., Whittaker, J.E. & Alve, E. (2000): On the type species of Aubignyna and a description of A. hamblensis, a new microforaminifer from temperate shallow waters. J. Micropalaeontology 19, 61–67. https://doi.org/10.1144/jm.19.1.61

Murray, M. (2002): Is laser particle size determination possible for carbonate rick lake sediments? J. Paleolimnol. 27, 173–183.

Murray-Wallace, C.V. & Woodroffe, C.D. (2014): Quaternary Sea-Level Changes — A Global Perspective. Cambridge University Press, Cambridge, 484 str.

Mylroie, J.E. & Mylroie, J.R. (2013): Flank Margin Caves in Carbonate Islands and the Effects of Sea Level. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 351-360. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Nelms, S.M. (2005): ICP Mass Spectrometry Handbook. Blackwell Publishing, 498 str.

Nicholls, R.J. & Cazenave, A. (2010): Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. Science 328, 1517-1520.

Nørgaard-Pedersen, N., Austin, W.E.N., Howe, J.A. & Shimmield, T. (2006): The Holocene record of Loch Etive, western Scotland: Influence of catchment and relative sea level changes. Mar. Geol. 228, 55–71. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.01.001

Oldfield, F., Asioli, A., Accorsi, C.A., Mercuri, A.M., Juggins, S., Langone, L., Rolph, T., Trincardi, F., Wolff, G., Gibbs, Z., Vigliotti, L., Frignani, M., Van Der Post, K. & Branch, N. (2003): A high resolution late Holocene palaeo environmental record from the central Adriatic Sea. Quat. Sci. Rev. 22, 319–342. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(02)00088-4

Ordóñez, S., Calvo, J.P., García-del-Cura, M.A., Alonso-Zarza, A.M. & Hoyos, M. (1991): Sedimentology of Sodium Sulphate Deposits and Special Clays from the Tertiary Madrid Basin (Spain). Spec. Publs Int. Ass. Sediment. 13, 39–55. http://dx.doi.org/10.1002/9781444303919.ch2

Paskoff, R.P. (2005): Karst coasts. In: Schwartz, M. (ed.), Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 581–586.

Pattan, J.N., Parthiban, G., Banakar, V.K., Tomer, A. & Kulkarni, M. (2008): Relationship between chemical composition and magnetic susceptibility in sediment cores from Central Indian Ocean Basin. J. Earth Syst. Sci. 117, 113-119.

Pawlowski, J. & Holzmann, M. (2002): Molecular phylogeny of Foraminifera-a review. Europ. J. Protistol. 38, 1–10.

Pedersen, T.F., Waters, R.D. & Macdonald, R.W. (1989): On the natural enrichment of cadmium and molybdenum in the sediments of ucluelet inlet, British Columbia. Sci Total Environ. 79/2, 125–139.

Peh, Z. & Kovačević Galović, E. (2014): Geochemistry of Istrian Lower Palaeogene bauxites — is it relevant to the extent of subaerial exposure during Cretaceous times? Ore Geol. Rev. 63, 296–306. doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.05.020

Peh, Z. & Kovačević Galović, E. (2016): Geochemistry of Lower Palaeogene bauxites – a unique signature for the tectonostratigraphic evolution of part of the Croatian Karst. Geol Croat. 69/2, 269-279. doi: 10.4154/gc.2016.24

Pellegrini, C., Maselli, V. & Trincardi, F. (2016): Pliocene–Quaternary contourite depositional system along the south-western Adriatic margin: changes in sedimentary stacking pattern and associated bottom currents. Geo-Marine Letters, 36(1), 67-79

Pellegrini, C., Asioli, A., Bohacs, K.M., Drexler, T.M., Feldman, H.R., Sweet, M.L., Maselli, V., Rovere, M., Gamberi, F., Valle, G.D. & Trincardi, F. (2018): The late Pleistocene Po River lowstand wedge in the Adriatic Sea: Controls on architecture variability and sediment partitioning. Mar. Pet. Geol. 96, 16–50. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.03.002

Pikelj, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora. Doktorska dizertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 239 str.

Pikelj, K. & Juračić, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast. Journal of Coastal Research 29/4, 944-957.

Pikelj, K., Žigić, V. & Juračić, M. (2009): Origin and distribution of surface sediments in the Grgur Channel, Adriatic Sea, Croatia. Geologia Croatica 62/2, 95-105.

Piva, A., Asioli, A., Schneider, R.R., Trincardi, F., Andersen, N., Colmenero-Hidalgo, E., Dennielou, B., Flores, J.A. & Vigliotti, L. (2008a): Climatic cycles as expressed in sediments of the PROMESS1 20 borehole PRAD1-2, central Adriatic, for the last 370 ka: 1. Integrated stratigraphy. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 9, Q01R01, doi:10.1029/2007GC001713.

Piva, A., A. Asioli, N. Andersen, J. O. Grimalt, R. R Schneider and F. Trincardi (2008b): Climatic cycles as expressed in sediments of the PROMESS1 borehole PRAD1.2, central Adriatic, for the last 370 ka: 2. Paleoenvironmental evolution. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 9, Q03R02, doi:10.1029/2007GC001785.

Popadić, A., Vidović, J., Ćosović, V., Medaković, D., Dolenec, M. & Felja, I. (2013): Impact evaluation of the industrial activities in the Bay of Bakar (Adriatic Sea, Croatia): Recent benthic foraminifera and heavy metals. Mar Pollut Bull. 76/1–2, 333–248.

Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. (1996): The Natural History of Pollination. Collins, London, 479 str.

Profe, J., Wacha, L., Frechen, M., Ohlendorf, C. & Zolitschka, B. (2018): XRF scanning of discrete samples – A chemostratigraphic approach exemplified for loess-paleosol sequences from the Island of Susak, Croatia. Quat. Int. 1–18. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.006

Pudsey, C.J., Barker, P.F. & Larter, R.D. (1997): Glacial Flutes and Iceberg Furrows, Antarctic Peninsula. U: Glaciated Margins: An Atlas of Acoustic Images. Springer Netherlands.

Rădan, S.C., Rădan, S. & Catians, I. (2013): The use of the magnetic susceptibility record as a proxy signature for the lithological composition of lake sediments: Evidences from short cores in the meşteru – fortuna depression (Danube delta). Geo-Eco-Marina 19, 77-105.

Rasmussen, S.O., Bigler, M., Blockley, S.P., Blunier, T., Buchardt, S.L., Clausen, H.B., Cvijanovic, I., Dahl-Jensen, D., Johnsen, S.J., Fischer, H., Gkinis, V., Guillevic, M., Hoek, W.Z., Lowe, J.J., Pedro, J.B., Popp, T., Seierstad, I.K., Steffensen, J.P., Svensson, A.M., Vallelonga, P., Vinther, B.M., Walker, M.J.C., Wheatley, J.J. & Winstrup, M. (2014): A stratigraphic framework for

abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: Refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. Quat. Sci. Rev. 106, 14–28. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.09.007

Razum, I. (2018): Paleookolišni i tefrostratigrafski sedimentni zapisi kasnopleistocenskih i holocenskih okoliša otoka Mljeta. Doktorski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 210 str.

Reed, D.C., Slomp, C.P. & de Lange, G.J. (2011): A quantitative reconstruction of organic matter and nutrient diagenesis in Mediterranean Sea sediments over the Holocene. Geochim. Cosmochim. Acta 75, 5540–5558. https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.07.002

Reed, S.J.B (2005): Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology. Cambridge, 232 str.

Regan, K & Nadilo, B. (2010): Crkveno graditeljstvo, stare crkve na Cresu i Lošinju te okolnim otocima. Građevinar 62/2, 151-161.

Reimer, P.J. & Reimer, R.W. (2001): A marine reservoir correction database and on-line interface. Radiocarbon 43, 461–463.

Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B, Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J. & Weyhenmeyer. C.E. (2004): Intcal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr bp. Radiocarbon 46, 1029-1058.

Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Southon, J.R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. & Weyhenmeyer, C.E. (2009): IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon 51(4), 1111–50.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., & van der Plicht, J. (2013): IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. Radiocarbon 55, 1869–1887. https://doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947

Richter, T.O., Van der Gaast, S., Koster, B., Vaars, A., Gieles, R., de Stigter, H.C., de Haas, H. & van Weering, T.C.E. (2006): The Avaatech XRF core scanner: technical description and applications to NE Atlantic sediments. In: Rothwell RG (ed) New techniques in sediment core analysis. Geol Soc Spec Publ 267, 39–50.

Ridente, D., Trincardi, F., Piva, A., Asioli, A. & Cattaneo, A. (2008): Sedimentary response to climate and sea level changes during the past 400 ka from borehole PRAD1.2 (Adriatic margin). Geochemistry, Geophysics, Geosystems 9, 1-20.

Riđanović, J. (2002): Geografija Mora. Zagreb: Hrvatski Zemljopis, Dr. Feletar: Copygraf, 214 str.

Robinson, S.G., Maslin, M.A. & McCave, I.N. (1995): Magnetic susceptibility variations in Upper Pleistocene deep-sea sediments of the NE Atlantic: Implications for ice rafting and paleocirculation at the last glacial maximum. Paleoceanography 10/2, 221-250.

Roeser, P.A. (2013): Paleolimnology of Lake Iznik (NW Turkey) during the past 31 ka cal BP. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, doktorski rad, 202.

Roglić, J. (1969): Geografski aspekt Dinarskog krša. Krš Jugoslavije = Carsus Iugoslaviae 6, 19-34.

Rohling, E.J., Fenton, M., Jorissen, F.J., Bertrand, P., Ganssen, G. & Caulet, J.P. (1998): Magnitudes of sea-level lowstands of the past 500,000 years. Nature 394, 162–165. https://doi.org/10.1038/28134

Rohling, E.J., Grant, K., Hemleben, C., Kucera, M., Roberts, A.P., Schmeltzer, I., Schulz, H., Siccha, M., Siddall, M. & Trommer, G. (2008): New constraints on the timing of sea level fluctuations during early to middle marine isotope stage 3. Paleoceanography 23. https://doi.org/10.1029/2008PA001617

Rohling, E.J., Foster, G.L., Grant, K.M., Marino, G., Roberts, A.P., Tamisiea, M.E. & Williams, F. (2014): Sea-level and deep-sea-temperature variability over the past 5.3 million years. Nature 508, 477–482. https://doi.org/10.1038/nature13230

Romano, M., Ferreyra, H., Ferreyroa, G., Molina, F. V., Caselli, A., Barberis, I., Beldoménico, P. & Uhart, M. (2016): Lead pollution from waterfowl hunting in wetlands and rice fields in Argentina.-Sci Total Environ, 545–546, 104–13. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.075

Ronchi, L., Fontana, A., Correggiari, A. & Asioli, A. (2018): Late Quaternary incised and infilled landforms in the shelf of the northern Adriatic Sea (Italy). Mar. Geol. 405, 47–67. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.08.004

Rothwell, R.G. & Croudace, I.W. (2015): Twenty Years of XRF Core Scanning Marine Sediments: What Do Geochemical Proxies Tell Us? U: Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences (Developments in Paleoenvironmental Research), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods, (Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (ur.)), Springer, Dordrecht, 25-102.

Rovere, A., Raymo, M.E., Vacchi , M., Lorscheid, T., Stocchi , P., Gómez-Pujol, L., Harris, D.L., Casella, E., O'Leary, M.J. & Hearty, P.J. (2016): The analysis of Last Interglacial (MIS 5e) relative sea-level indicators: Reconstructing sea-level in a warmer world. Earth-Science Reviews 159, 404-427.

Roveri, M., Flecker, R., Krijgsman, W., Lofi, J., Lugli, S., Manzi, V., Sierro, F.J., Bertini, A., Camerlenghi, A., De Lange, G., Govers, R., Hilgen, F.J., Hübscher, C., Meijer, P.T. & Stoica, M. (2014): The Messinian Salinity Crisis: Past and future of a great challenge for marine sciences. Mar. Geol. 352, 25–58. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.02.002

Rowell, D. L. (1994): Soil Science: Methods and Applications. Longman. Harlow, Essex.

Ryan, W.B.F. (1976): Quantitative evaluation of the depth of the western Mediterranean before, during and after the Late Miocene salinity crisis. Sedimentology 23, 791–813. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1976.tb00109.x

Saito, Y., Katayama, H., Ikehara, K., Kato, Y., Matsumoto, E., Oguri, K., Oda, M. & Yumoto, M. (1998): Transgressive and highstand systems tracts and post-glacial transgression, the East China Sea. Sedimentary Geology 122 (1-4), 217-232.

Saksena, D.N. & Sharma, S.P. (1982): A Contribution to the Fresh- Water Pediustrum (Hydrodictiaceae, Chlorococcales) from a Perennial Tank, Janaktal, Gwalior-India. Acta hgdrochim. hgdrobiol. 10, 293-298.

Sampei, Y., Matsumoto, E., Tokuoka, T. & Inoue, D. (1997): Changes in accumulation rate of organic carbon during the last 8,000 years in sediments of Nakaumi Lagoon, Japan. Mar. Chem. 58, 39–50. https://doi.org/10.1016/S0304-4203(97)00024-8

Sandberg, P.A. & Hay, W.W. (1967): Study of Microfossils by Means of the Scanning Electron Microscope. Journal of Paleontology 41, 999-1001.

Saucier, R.T. (1970): Acoustic Subbottom Profiling Systems: A State-of-the-art Survey. Technical report S-70-i. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 76 str.

Schellmann, G. & Radtke, U. (2004): A revised morpho- and chronostratigraphy of the Late and Middle Pleistocene coral reef terraces on Southern Barbados (West Indies). Earth-Science Rev. 64, 157–187. https://doi.org/10.1016/S0012-8252(03)00043-6

Schillereff, D.N., Chiverrell, Macdonald, N. & Hooke, J.M. (2014): Flood stratigraphies in lake sediments: A review. Earth-Science Reviews 135, 17-37.

Schmidt, R., Müller, J., Drescher-Schneider, R., Krisai, R., Szeroczyńska, K. & Barić, A. (2000): Changes in lake level and trophy at Lake Vrana, a large karstic lake on the Island of Cres (Croatia), with respect to palaeoclimate and anthropogenic impacts during the last approx. 16,000 years. J. Limnol. 59, 113–130. https://doi.org/10.4081/jlimnol.2000.113

Schmidt, R., Pugliese, N., Müller, J., Szeroczyriska, K., Bogner, D., Melis, R., Kamenik, C., Bari, A. & Danielopol, D.L. (2001): Palaeoclimate, vegetation and coastal lake development, from the Pleniglacial until early Holocene, in the northern Adriatic Valun bay (Isle of Cres, Croatia). Quat. J Quat Sci 14, 61–78.

Schock, S.G., LeBlanc, L.R. & Mayer, L.A. (1989): Chirp sub-bottom profiler for quantitative sediment analysis. Geophysics 54 (4), 445-450.

Scholz, F., Siebert, C., Dale, A.W. & Frank, M. (2017): Intense molybdenum accumulation in sediments underneath a nitrogenous water column and implications for the reconstruction of paleo-redox conditions based on molybdenum isotopes. Geochim Cosmochim Acta 213, 400–417. http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2017.06.048

Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S. & members of the FOBIMO group (2012): The FOBIMO (FOraminiferal BIo-MOnitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. Marine Micropaleontology 94-95, 1-13.

Scott, D. B. & Medioli, F. S. (1980). Quantitative Studies of Marsh Foraminiferal Distributions in Nova Scotia: Implications for Sea Level Studies. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication 17, 58 str.

Scott, D.B., Medioli, F.S. & Schafer, C.T. (2001): Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebians Indicators. Cambridge University Press, 193 str.

Seddon, M.B., Killeen, I.J., Fowles, A.P. (2014): A review of the non-marine Mollusca of Great Britain: Species status No. 17. NRW Evid. Rep. No.14 84.

Sen Gupta, B.K., Smith, L.E. & Machain-Castillo, M.L. (2009): Foraminifera of the Gulf of Mexico. U: Gulf of Mexico-Origins, Waters, and Biota, (Felder, D.L. & Camp, D.K. (ur.)), Texas A&M University Press, College Station, Texas, 87–129.

Serandrei Barbero, R., Carbognin, L., Taroni, G. & Cova, E. (1999): Distribution of recent benthic foraminifera in the southern basin of the Venice lagoon (Italy): Statistical evaluation of taxa significance. Micropaleontology 45/1, 99–111.

Serandrei Barbero, R., Albani, A.D. & Bonardi, M. (2004): Ancient and modern salt marshes in the Lagoon of Venice. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol. 202/3–4, 229–244.

Sgarrella, F. & Moncharmont Zei, M. (1993): Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. Bollettino della Societá Paleontologica Italiana 32/2, 145-264.

Shackleton, N.J. (1987): Oxygen isotopes, ice volume and sea level. Quat. Sci. Rev. 6, 183–190. https://doi.org/10.1016/0277-3791(87)90003-5

Shackleton, N.J., Sánchez-Goñi, M.F., Pailler, D. & Lancelot, Y. (2003): Marine isotope substage 5e and the Eemian interglacial. Glob. Planet. Change 36, 151–155. https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00181-9

Shaw, T.A. (2013): Reconstructing historical sea-level trends for the Croatian coast of the Adriatic Sea using salt-marsh foraminifera. Doktorska disertacija, University of Liverpool, 252 str.

Shaw, T.A., Kirby, J.R., Holgate, S., Tutman, P. & Plater, A.J. (2016): Contemporary Salt-Marsh Foraminiferal Distribution From the Adriatic Coast of Croatia and Its Potential for Sea-Level Studies. J. Foraminifer. Res. 46, 314–332. https://doi.org/10.2113/gsjfr.46.3.314

Shennan, I. (2015): Handbook of sea-level research: fraiming research questions. U: Handbook of Sea-Level Research (Shennan, I., Long, A.J. & Horton, B.P. (ur.)), John Wiley & Sons, Ltd, 3-28.

Shinn, E., Reich, C., Locker, S. & Hine, A. (1996): A giant sediment trap in the Florida Keys. J. Coast. Res. 12, 953–959.

Siani, G., Magny, M., Paterne, M., Debret, M. & Fontugne, M. (2013): Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea. Climate of the Past 9, 499-515.

Siani, G., Paterne, M., Arnold, M., Bard, E., Métivier, B., Tisnerat, N. & Bassinot, F. (2000): Radiocarbon reservoir ages in the Mediterranean sea and Black Sea. Radiocarbon 42, 271-280.

Siddall, M., Rohling, E., Almogi-Labin, A., Hemleben, C., Meischner, D., Schmelzer, I., Smeed, D. A. (2003): Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. Nature 423, 853–858. https://doi.org/10.1038/nature01687.1.

Siddall, M., Chappell, J. & Potter, E. (2006): Eustatic sea level during past interglacials. U: The Climate of Past Interglacials, (Sirocko et al., (ur.)), Elsevier, Amsterdam, 75-92.

Siddall, M., Rohling, E.J., Thompson, W.G. & Waelbroeck, C. (2008): Marine Isotope Stage 3 sea level fluctuations: data synthesis and new outlook. Rev. Geophys. 46, 1–29. https://doi.org/10.1029/2007RG000226.1.

Sikora, M., Mihanović, H. & Vilibić, I. (2014): Paleo-coastline of the Central Eastern Adriatic Sea, and Paleo-Channels of the Cetina and Neretva rivers during the last glacial maximum. ACTA ADRIATICA 55, 3-18.

Slon, V., Hopfe, C., Weiß, C.L., Mafessoni, F., De La Rasilla, M., Lalueza-Fox, C., Rosas, A., Soressi, M., Knul, M. V., Miller, R., Stewart, J.R., Derevianko, A.P., Jacobs, Z., Li, B., Roberts, R.G., Shunkov, M. V., De Lumley, H., Perrenoud, C., Gušić, I., Kućan, Ž., Rudan, P., Aximu-Petri, A., Essel, E., Nagel, S., Nickel, B., Schmidt, A., Prüfer, K., Kelso, J., Burbano, H.A., Pääbo, S. & Meyer, M. (2017): Neandertal and Denisovan DNA from Pleistocene sediments. Science (80-.). 356, 605–608. https://doi.org/10.1126/science.aam9695

Smith, A.J. & Horne, D.J. (2002): Ecology of Marine, Marginal Marine and Nonmarine Ostracodes. U: The Ostracoda, Applications in Quaternary Research, Geophysical Monograph 131 (Holmes, J.A. & Chivas, A.R. (ur.)), American Geophysical Union, Washington, 37-64.

Sondi, I. & Juračić, M. (2010): Whiting events and the formation of aragonite in Mediterranean karstic marine lakes: New evidence on its biologically induced inorganic origin. Sedimentology 57/1, 85–95.

Sondi, I., Mikac, N., Vdović, N., Ivanić, M., Furdek, M. & Škapin, S.D. (2017): Geochemistry of recent aragonite-rich sediments in Mediterranean karstic marine lakes: Trace elements as pollution and palaeoredox proxies and indicators of authigenic mineral formation. Chemosphere 168, 786–797.

Sperazza, M., Moore, J.N. & Hendrix, M.S. (2004): High-resolution particle size analysis ofnat- urally occurring very fine-grained sediment through laser diffractometry. J. Sediment. Res. 74, 736-743.

Środoń, J. (2006): Identification and quantitative analysis of clay minerals. U: Developments in Clay Science (Bergaya, F., Theng, B.K.G., Lagaly, G. (ur.), Elsevier, 765–787. doi:10.1016/S1572-4352(05)01028-7

Stanjek, H. & Häusler, W. (2004): Basics of X-ray Diffraction. Hyperfine Interactions 154, 107–119.

Starkey, H.C. & Blackmon, P.D. (1984): Sepiolite in Pleistocene Lake Tecopa, Inyo County, California. Developments in Sedimentology 37, 137-147.

Stoker, M.S., Pheasant, J.B. & Josenhans, H. (1997): Seismic Methods and Interpretation. U: Glaciated Margins: An Atlas of Acoustic Images. Springer Netherlands, 9-26.

Stuiver, M. & Van der Plicht, J. (1988): IntCal98 calibration issue. Radiocarbon 40, 1041–1164.

Stuut, J.B.W., Prins, M.A. & Fred Jansen, J.H. (2002): Fast reconnaissance of carbonate dissolution based on the size distribution of calcareous ooze on Walvis Ridge, SE Atlantic Ocean. Mar. Geol. 190, 581–589. https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00478-4

Suokhrie, T., Saraswat, R. & Nigam, R. (2017): Foraminifera as Bio-Indicators of Pollution : A Review of Research over the Last Decade. U: Micropaleontology and its Applications, (Kathal., P.K., Nigam, R. & Talib, A. (ur.)), Scientific Publishers (India), 265-284.

Surić, M. (2002): Submarine Karst of Croatia- Evidence of former lower sea lewels. Acta Carsologica 31/3, 89-98.

Surić, M. (2005): Submerged karst – dead or alive? Examples from the Eastern Adriatic Coast (Croatia). Geoadria 10/1, 5-19.

Surić, M. (2006): Promjene u okolišu tijekom mlađeg pleistocena i holocena-zapisi iz morem potopljenih siga Istočnog Jadrana. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 193 str.

Surić, M. (2009): Reconstructing sea-level changes on the Eastern Adriatic Sea (Croatia)-an overview. Geoadria 14/2, 181-199.

Surić, M., Juračić, M. & Horvatinčić, N. (2004): Comparison of 14C and 230Th/234U dating of speleothems from submarine caves in the Adriatic Sea (Croatia). ACTA CARSOLOGICA 33/2, 239-248.

Surić, M., Juračić, M., Horvatinčić, N., Krajcar Bronić, I. (2005): Late Pleistocene–Holocene sea-level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia). Marine Geology 214, 163– 175.

Surić, M., Richards, D.A., Hoffmann, D.L., Tibljaš, D. & Juračić, M. (2009): Sea-level change during MIS 5a based on submerged speleothems from the eastern Adriatic Sea (Croatia). Marine Geology 262, 62–67.

Surić, M. & Juračić, M. (2010): Late Pleistocene-Holocene environmental changes – records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic coast (Croatia). Geologia Croatica 63/2, 155-169.

Surić, M., Korbar, T., Juračić, M. (2014): Tectonic constraints on the late Pleistocene-Holocene relative sea-level change along the north-eastern Adriatic coast (Croatia). Geomorphology 220, 93–103. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.06.001

Svensen, C., Riser, C.W., Cetinić, I. & Carić, M. (2008): Vertical flux regulation and plankton composition in a simple ecological system: snapshots from the small marine Lake Rogoznica (Croatia). Acta Adriat. 49, 37–51.

Šegota, T. & Filipčić, A. (1991): Arheološki i geološki pokazatelji holocenskog položaja razine mora na istočnoj obali Jadranskog mora, Rad HAZU 458/25, 149-172.

Šegota, T. & Filipčić, A. (2003): Köppenova podjela klima i hrvatsko nazivlje. Geoadria 8/1, 17-37.

Škrivanić, A. & Magdalenić, Z. (1979): Cruises of the Research Vessel "Vila Velebita" in the Kvarner Region of the Adriatic Sea. IX. Quaternary sea-bottom sediments. Thalassia Jugoslavica 15, 149-166.

Šorša, A., Peh, Z. & Halamić, J. (2018): Geochemical mapping the urban and industrial legacy of Sisak, Croatia, using discriminant function analysis of topsoil chemical data.-J. Geochem. Explor., 187, 155-167. http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.07.014

Tamalavage, A.E., van Hengstum, P.J., Louchouarn, P., Molodtsov, S., Kaiser, K., Donnelly, J.P., Albury, N.A. & Fall, P.L. (2018): Organic matter sources and lateral sedimentation in a Bahamian karst basin (sinkhole) over the late Holocene: Influence of local vegetation and climate. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 506, 70–83. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.06.014

Taviani, M., Angeletti, L., Campiani, E., Ceregato, A., Foglini, F., Maselli, V., Morsilli, M., Parise, M. & Trincardi, F. (2012): Drowned karst landscape offshore the Apulian Margin (Southern Adriatic Sea, Italy). J. Cave Karst Stud. 74, 197–212. https://doi.org/10.4311/2011JCKS0204

Tesi, T., Langone, L., Giani, M., Ravaioli, M. & Miserocchi, S. (2013): Source, diagenesis, and fluxes of particulate organic carbon along the western adriatic Sea (mediterranean Sea). Mar. Geol. 337, 156–170. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2013.03.001

Thompson, R. & Oldfield, F. (1986): Environmental Magnetism. Allen and Unwin, London, UK, 227 str.

Thomson, J., Croudace, I.W. & Rothwell, R.G. (2006): A geochemical application of the ITRAX scanner to a sediment core containing eastern Mediterranean sapropel units. U: New techniques in sediment core analysis (Rothwell, R.G. (ur.)), Geol Soc Spec Publ 267, 65–77. doi:10.1144/GSL. SP.2006.267.01.05

Timmermann, A. & Friedrich, T. (2016): Late Pleistocene climate drivers of early human migration. Nature. PMID 27654920 DOI: 10.1038/nature19365

Tribovillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T. & Riboulleau, A. (2006): Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. Chem. Geol. 232, 12–32. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.02.012

Trincardi, F. & Correggiari, A. (2000): Quaternary forced regression deposits in the Adriatic basin and the record of composite sea-level cycles. U: Sedimentary Responses to Forced Regressions (Hunt, D. & Gawthorpe, R.L. (ur.)), Geological Society, London, Special Publications, 245-269.

Trincardi, F., Cattaneo, A., Correggiari, A., Masson, D.G., Huhnerbach, V., Jacobs, C., Carra, D., Magagnoli, A., Penitenti, D., Ridente, D. & Roveri, M. (2000): Evidence of giant fluid-escape features in late-Holocene deposits on the Adriatic shelf. Giornale di Geologia, Rivista di geologia sedimentaria e geologia marina 62, 5-28.

Trobec, A., Šmuc, A., Poglajen, S. & Vrabec, M. (2017): Submerged and buried Pleistocene river channels in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): Geomorphic, stratigraphic and tectonic inferences. Geomorphology 286, 110-120. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.03.012

Tsimplis, M.N. & Baker, T.F. (2000): Sea level drop in the Mediterranean Sea: An indicator of deep water salinity and temperature changes? Geophysical Research Letters 27, 1731-1734.

Tsimplis, M.N. & Rixen, M. (2002): Sea level in the Mediterranean Sea: The contribution of temperature and salinity changes. Geophysical Research Letters 29, doi:10.1029/2002GL015870.

Tsimplis, M.N., Raicich, F., Fenoglio-Marc, L., Shaw, A.G.P., Marcos, M., Somot, S. & Bergamasco, A. (2012): Recent developments in understanding sea level rise at the Adriatic coasts. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 40–41, 59-71.

Tung, J.W.T. & Tanner, P.A. (2003): Instrumental determination of organic carbon in marine sediments. Mar. Chem. 80, 161–170. https://doi.org/10.1016/S0304-4203(02)00116-0

Turner, G.M. (1997): Environmental magnetism and magnetic correlation of high resolution lake sediment records from Northern Hawke's Bay, New Zealand. New Zeal. J. Geol. Geophys. 40, 287–298. https://doi.org/10.1080/00288306.1997.9514761

Uffenorde, H. (2016): Living and quaternary Ostracoda from the Eastern Adriatic Sea: Biocoenoses, thanatocoenoses or palaeothanatocoenoses? Recentni i kvartarni Ostrakodi iz istočnog Jadrana: Biocenoze, tanatocenoze ili paleotanatocenoze? Nat. Croat. 25, 73–86. https://doi.org/10.20302/NC.2016.25.4

Vacchi, M., Marriner, N., Morhange, C., Spada, G., Fontana, A. & Rovere, A. (2016): Multiproxy assessment of Holocene relative sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal. Earth-Science Rev. 155, 172–197. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.02.002

Vail, P.R. & Mitchum, R.M. (1977): Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 1: Overview. U: Seismic Stratigraphy-applicetions to hydrocarbon exploration. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 26, 117-133.

Valero-Garcés, B., Morellón, M., Moreno, A., Corella, J.P., Martín-Puertas, C., Barreiro, F., Pérez, A., Giralt, S. & Mata-Campo, M.P. (2014): Lacustrine carbonates of Iberian Karst Lakes: Sources,

processes and depositional environments. Sediment. Geol. 299, 1–29. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.10.007

van de Plassche, O. (1986): Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of Data. Norwich, Geobooks.

van der Bilt, W.G.M., Bakke, J., Vasskog, K., D'Andrea, W.J., Bradley, R.S. & Ólafsdóttir, S. (2015): Reconstruction of glacier variability from lake sediments reveals dynamic Holocene climate in Svalbard. Quat. Sci. Rev. 126, 201–218. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.003

van Harten, D. (1975): Size and environmental salinity in the modern euryhaline ostracod Cyprideis torosa (Jones, 1850), a biometrical study. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 17, 35-48.

van Harten, D. (2000): Variable noding in Cyprideis torosa (Ostracoda, Crustacea): an overview, experimental results and a model from Catastrophe Theory. Hydrobiologia 419, 131–139

van Hengstum, P.J., Reinhardt, E.G., Beddows, P.A. & Gabriel, J.J. (2010): Investigating linkages between Holocene paleoclimate and paleohydrogeology preserved in Mexican underwater cave sediments. Quaternary Science Reviews 29, 2788–2798.

van Hengstum, P.J. & Scott, D.B. (2011): Ecology of Foraminifera and Habitat Variability in an Underwater Cave: Distinguishing Anchialine Versus Submarine Cave Environments. J. Foraminifer. Res. 41, 201–229. https://doi.org/10.2113/gsjfr.41.3.201

van Hengstum, P.J., Scott, D.B., Gröcke, D.R. & Charette, M.A. (2011): Sea level controls sedimentation and environments in coastal caves and sinkholes. Mar. Geol. 286, 35–50. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.05.004

Van Meerbeeck, C.J., Renssen, H. & Roche, D.M. (2009): How did Marine Isotope Stage 3 and Last Glacial Maximum climates differ? Perspectives from equilibrium simulations. Clim. Past Discuss. 4, 1115–1158. https://doi.org/10.5194/cpd-4-1115-2008

Van Straaten, L. M. J. U. (1970): Holocene and late-Pleistocene sedimentation in the Adriatic Sea. Geologische Rundschau 60, 106-131.

Vaniček, V. (2013): Pleistocenske taložine u hrvatskom dijelu podmorja Jadrana. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 285 str.

Vaniček, V., Juračić, M., Bajrakterević, Z. & Ćosović, V. (2000): Benthic foraminiferal assemblages in a restricted environment-an example from the Mljet Lakes (Adriatic Sea, Croatia). Geol Croat. 53/2, 269–280.

Velde, B. (1995): Composition and Mineralogy of Clay Minerals. U: Origin and Mineralogy of Clays, (Velde, B. (ur.)), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 8-42.

Vidović, J. (2010): Analiza utjecaja prirodnih promjena i antropogenog djelovanja na zajednice foraminifera u sedimentima istočne obale Jadranskog mora. Doktorski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, 218 str.

Vidović, J., Ćosović, V., Juračić, M. & Petricioli, D. (2009): Impact of fish farming on foraminiferal community, Drvenik Veliki Island, Adriatic Sea, Croatia. Mar Pollut Bull. 58/9; 1297-1309.

Vidović, J., Dolenec, M., Dolenec, T., Karamarko, V. & Žvab Rožič, P. (2014): Benthic foraminifera assemblages as elemental pollution bioindicator in marine sediments around fish farm (Vrgada Island, Central Adriatic, Croatia). Mar Pollut Bull. 83/1, 198–213.

Vidović, J., Nawrot, R., Gallmetzer, I., Haselmair, A., Tomašových, A., Stachowitsch, M., Ćosović, V. & Zuschin, M. (2016): Anthropogenically induced environmental changes in the northeastern Adriatic Sea in the last 500 years (Panzano Bay, Gulf of Trieste). Biogeosciences 13, 5965-5981.

Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I. & Matičec, D. (2002): The Karst Dinarides are composed of relics of a single Mesozoic platform: facts and consequences. Geol. Croat. 55/2, 171–183.

Vlahović, I., Tišljar, J., Velić, I. & Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 220, 333–360. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011

Volpi, V., Forlin, F., Donda, F., Civile, D., Facchin, L., Sauli, S., Merson, B., Sinza-Mendieta, K. & Shams, A. (2015): Southern Adriatic Sea as a Potential Area for CO2 Geological Storage. Oil Gas Sci. Technol. 70, 713–728. https://doi.org/10.2516/ogst/2014039

Wacha, L., Mikulčić Pavlaković, S., Novothny, Á., Crnjaković, M. & Frechen, M. (2011a): Luminescence dating of Upper Pleistocene loess from the Island of Susak in Croatia. Quat. Int. 234, 50-61.

Wacha, L., Mikulčić Pavlaković,S., Frechen, M. & Crnjaković, M. (2011b): The Loess chronology of the Island of Susak, Croatia. E&G - Q. Sci. J. 60, 153–169.

Wacha, L., Rolf, C., Hambach, U., Frechen, M., Galović, L. & Duchoslav, M. (2017): The Last Glacial aeolian record of the Island of Susak (Croatia) as seen from a high-resolution grain-size and rock magnetic analysis. Quat. Int. 1–14. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.08.016

Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C., McManus, J.F., Lambeck, K., Balbon, E. & Labracherie, M. (2002): Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. Quat. Sci. Rev. 21, 295–305. https://doi.org/10.1016/S0277-3791(01)00101-9

Wahl, T., Haigh, I.D., Nicholls, R.J., Arns, A., Dangendorf, S., Hinkel, J. & Slangen, A.B.A. (2017): Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis. Nat. Commun. 8, 1–12. https://doi.org/10.1038/ncomms16075

Walker, M. (2005): Quaternary Dating Methods. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, England.

Wall, D., Dale, B. & Harada, K. (1973): Descriptions of New Fossil Dinoflagellates from the Late Quaternary of the Black Sea. Micropaleontology 19, 18-31. https://doi.org/10.2307/1484962

Watson, T. (2017): News Feature: Is theory about peopling of the Americas a bridge too far? Proc. Natl. Acad. Sci. 114, 5554–5557. https://doi.org/10.1073/pnas.1705966114

Weltje, G.J., Bloemsma, M.R., Tjallingii, R., Heslop, D., Rohl, U. & Croudace, I.W. (2015): Prediction of Geochemical Composition from XRF Core Scanner Data: A New Multivariate Approach Including Automatic Selection of Calibration Samples and Quantification of Uncertainties. U: Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences (Developments in Paleoenvironmental Research), Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 2: Physical and Geochemical Methods, (Croudace, I.W., Rothwell, R.G. (ur.)), Springer, Dordrecht, 507-535.

White, W.B. & White, E.L. (2013): Karst Landforms: Scope and Processes in the Early Twenty-First Century. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 1-13. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Wilerslev, E. & Cooper, A. (2005): Ancient DNA. Proc Biol Sci. 272(1558), 3-16.

Williams, (2004): Dolines. U: Encyclopedia of caves and karst science, (Gunn, J. (ur.)), Fitzroy Dearborn, 628-642.

Winkelmann, D. & Knies, J. (2005): Recent distribution and accumulation of organic carbon on the continental margin west off Spitsbergen. Geochemistry, Geophys. Geosystems 6. https://doi.org/10.1029/2005GC000916

Wood, D. (2008): Neanderthal biogeographic patterns over the Eemian-Weichsellian cycle. Doktorska disertacija, 404 str.

Wooller, M.J., Saulnier-Talbot, É., Potter, B.A., Belmecheri, S., Bigelow, N., Choy, K., Cwynar, L.C., Davies, K., Graham, R.W., Kurek, J., Langdon, P., Medeiros, A., Rawcliffe, R., Wang, Y. & Williams, J.W. (2018): A new terrestrial palaeoenvironmental record from the Bering Land Bridge and context for human dispersal. R. Soc. Open Sci. 5. https://doi.org/10.1098/rsos.180145

Wray, R.A.L. (2013): Solutional Weathering and Karstic Landscapes on Quartz Sandstones and Quartzite. U: Treatise in Geomorphology, Vol. 6, Karst Geomorphology, (Frumkin, A. (ur.)), 464-480. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00112-3

Wu, Y., Liu, E., Yao, S., Zhu, Y. & Xia, W. (2010): Recent heavy metal accumulation in Dongjiu and Xijiu lakes, East China. J. Paleolimnol. 43, 385–392. https://doi.org/10.1007/s10933-009-9337-4

Wunsam, S., Schmidt, R. & Muller, J. (1999): Holocene lake development on two Dalmatian lagoons (Malo and Veliko Jezero, Isle of Mljet) in respect to changes in Adriatic sea level and climate, Palaeogeography,Palaeoclimatology, Palaeoecology 146, 251-281.

Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M., Vučetić, M., Milković, J., Bajić, A., Cindrić, K., Cvitan, L., Katušin, Z., Kaučić, D., Likso, T., Lončar, E., Lončar, Ž., Mihajlović, D., Pandžić, K., Patarčić, M., Srnec, L. & Vučetić, V. (2008): Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000.-Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str.

Zhou, X., Liu, D., Bu, H., Deng, L., Liu, H., Yuan, P., Du, P. & Song, H. (2018): XRD-based quantitative analysis of clay minerals using reference intensity ratios, mineral intensity factors, Rietveld,

and full pattern summation methods: A critical review. Solid Earth Sci. 3, 16–29. https://doi.org/10.1016/j.sesci.2017.12.002

Zonneveld, K.A.F., Marret, F., Versteegh, G.J.M., Bogus, K., Bonnet, S., Bouimetarhan, I., Crouch, E., de Vernal, A., Elshanawany, R., Edwards, L., Esper, O., Forke, S., Grøsfjeld, K., Henry, M., Holzwarth, U., Kielt, J-F., Kim, S-Y., Ladouceur, S., Ledu, D., Chen, L., Limoges, A., Londeix, L., Lu, S-H., Mahmoud, M.S., Marino, G., Matsouka, K., Matthiessen, J., Mildenhal, D.C., Mudie, P., Neil, H.L., Pospelova, V., Qi, Y., Radi, T., Richerol, T., Rochon, A., Sangiorgi, F., Solignac, S., Turon, J-L., Verleye, T., Wang, Y., Wang, Z. & Young, M. (2013): Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. Review of Palaeobotany and Palynology 191, 1-197. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.08.003

11. PRILOZI

Prilog 1

Rezultati analize udjela vode i gustoće suhog i mokrog uzorka- EXCEL TABLICA, CD.

Prilog 2

Rezultati odredbe veličine čestica metodom laserske difrakcije- EXCEL TABLICA, CD.

Prilog 3

Rezultati mjerenja kemijskog sastava ICP-MS metodom- EXCEL TABLICA, CD.

Prilog 4

Rezultati mjerenja kemijskog sastava XRF skenerom jezgara- EXCEL TABLICA, CD

Prilog 5

Rezultati mjerenja organskog i anorganskog ugljka i ukupnog dušika- EXCEL TABLICA, CD.

Prilog 6

Rezultati izračuna brzine akumulacije sedimenta (MAR), dušika (N AR), organskog (TOC AR) i anorganskog ugljika (TIC AR) i netopivog ostatka (NO AR)- EXCEL TABLICA, CD.

Prilog 7

Relativna zastupljenost vrsta foraminifera u uzorcima iz jezgara sedimenata s prostora Lošinjskoga kanala.

TABLA I-V

Prilog 7

Prilog 7.1

Relativna zastupljenost foraminifera u uzorcima iz jezgara sedimenata LK-2, LK-3, LK-5, LK-6 i LK-7.

VRSTA	LK-5	LK-6	LK-7	LK-2			LK-3											
	0-1	0-1	0-1	0-1	58-59	62-63	0-1	4-6	55-57	90-92	170-172	210-212	220-222	230-232	243-245	275-277	340-342	349-350
Adelosina carinata-striata	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	0.9	1.4	0.7	2.7	1.3	0.0	1.2	2.5	0.3	0.0	0.0
Adelosina cliarensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.7	0.0	0.2	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina dubia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina elegans	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
Adelosina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonia **sp.**	0.0	0.0	14.3	12.4	1.0	4.0	0.0	2.5	3.8	16.8	2.7	8.3	10.1	0.6	8.8	1.2	0.0	0.0
Ammonia beccarii	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	4.2	6.6	6.4	5.3	4.5	3.9	0.4	6.7	6.1	6.3
Ammonia parkinsoniana	0.0	1.7	0.0	15.7	8.2	4.0	0.7	0.6	0.0	0.7	0.7	1.3	2.7	0.3	3.2	3.9	0.0	12.5
Ammonia tepida	0.0	96.6	14.3	22.6	61.6	68.0	4.7	10.9	17.6	1.0	28.6	26.2	17.9	28.4	27.4	46.4	23.1	43.8
Articulina carinata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asterigerinata adriatica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.9	0.0	0.0	1.5	4.4	12.5
Asterigerinata mamilla	0.0	0.0	0.0	2.2	0.3	0.0	9.4	0.6	1.7	2.4	0.9	1.0	0.6	2.1	1.1	0.0	0.0	0.0
Aubignyna perlucida	0.0	0.0	0.0	0.4	2.0	0.0	0.7	0.0	1.0	3.1	0.0	0.3	5.1	0.3	0.4	0.3	0.4	0.0
Bolivina **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Bolivina difformis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
Bolivina dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina pseudoplicata	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	5.4	2.2	0.3	0.3	0.0	1.0	1.2	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0
Bolivina spathulata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina striatula	0.0	0.0	0.0	4.0	3.3	0.0	0.7	0.0	1.4	0.0	0.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina variabilis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	2.8	1.8	0.7	1.2	0.3	1.4	0.0	0.0	0.0
Buccella **sp.2**	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides advenum	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides refulgens	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	1.1	0.3	0.3	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.9	0.0
Cibicidoides lobatulus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicidoides variabilis	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Conorbella imperatoria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cornuspira involvens	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribroelphidium excavatum	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribroelphidium gerthi	0.0	0.0	0.0	1.8	0.3	0.0	1.8	20.5	17.3	8.4	11.4	15.9	13.4	21.3	8.1	7.6	21.0	6.3
Cribromiliolinella **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Cribrostomoides kosterensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribrostomoides subglobosus	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycloforina **sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Cycloforina contorta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycloforina tenuicollis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Discorbinella **sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Discorbis vilderboana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Elphidium **sp.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0
Elphidium **sp.7**	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	4.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.2	0.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium aculeatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	1.3	0.3	0.0	1.8	0.0	0.4	0.0
Elphidium advenum subsp. limbatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0
Elphidium **cf.** *advenum*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	0.3	0.4	0.9	0.4	0.0
Elphidium crispum	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.3	1.8	0.3	0.3	0.0	0.7	0.9	0.0	0.0
Elphidium fichtelianum	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.4	3.7	4.5	6.6	6.4	3.0	4.8	6.9	1.1	7.0	5.7	0.0
Elphidium macellum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
Elphidium maioricensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Elphidium margaritaceum	0.0	0.0	0.0	9.5	0.3	8.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.9	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0
Elphidium translucens	0.0	0.0	0.0	6.6	1.6	4.0	2.5	4.0	7.3	0.0	5.7	3.3	5.1	2.4	11.6	5.5	3.5	0.0
Entzia macrescens	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fissurina lucida	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Flintionoides labiosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fursenkoina subacuta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Gavelinopsis praegeri	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Glomospira charoides	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haplophragmoides **sp. 1**	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haplophragmoides **sp. 2**	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haplophragmoides canariensis	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.1	0.3	3.9	0.7	5.1	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0
Haynesina depressula	0.0	0.0	0.0	8.4	5.9	0.0	11.9	2.2	0.3	2.8	0.5	0.0	2.1	2.4	0.7	2.4	19.7	18.8
Haynesina germanica	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	23.1	0.0	1.0	6.3	7.6	0.7	0.9	0.6	0.7	3.3	0.0	0.0

VRSTA	LK-5	LK-6	LK-7	LK-2			LK-3											
	0-1	0-1	0-1	0-1	58-59	62-63	0-1	4-6	55-57	90-92	170-172	210-212	220-222	230-232	243-245	275-277	340-342	349-350
Miliammina fusca	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Miliolinella* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
Miliolinella elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	0.0	1.8	0.3	0.0	0.0
Miliolinella subrotunda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.3	0.3	1.0	0.7	1.7	0.0	2.1	1.1	0.0	0.0	0.0
Neoconorbina terquemi	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4	1.6	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peneroplis pertusus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.0	1.4	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
Peneroplis planatus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Planorbulina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Porosononion* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	1.4	0.0	0.0	5.1	0.0	2.1	0.0	0.0
***Porosononion* sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.9	2.4	1.0	0.5	1.0	5.1	3.0	0.0	0.3	7.0	0.0
Pseudotriloculina lecalvezae	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Pseudotriloculina limbata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pseudotriloculina rotunda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Quinqueloculina* sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina annectens	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.3	0.9	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina bosciana	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.7	4.3	3.8	0.0	2.3	4.3	0.3	0.9	0.0	0.3	0.0	0.0
Quinqueloculina irregularis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina jugosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina laevigata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	3.0	1.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina parvula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.9	0.7	1.4	1.4	3.3	0.3	0.3	7.4	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina schlumbergeri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	6.5	0.3	0.0	0.2	3.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina seminula	0.0	0.3	0.0	0.0	2.3	4.0	3.6	0.6	1.7	1.7	0.9	2.0	0.9	0.3	6.0	0.9	0.0	0.0
Quinqueloculina vulgaris	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reussella spinulosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina bradyi	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.3	2.8	1.4	0.7	0.3	0.6	2.4	1.1	1.8	1.7	0.0
Rosalina floridensis	0.0	0.9	14.3	0.7	0.0	0.0	1.8	6.5	2.8	4.9	1.1	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina globularis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina macropora	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
***Sejunctella* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0
***Sigmavirgulina* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Sigmoilina costata	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1.1	2.2	2.4	1.7	0.9	0.3	0.3	0.3	1.8	1.2	0.0	0.0
***Siphonoaperta* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Siphonoaperta* sp. 2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta aspera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0
***Spiroloculina* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina angulosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina cymbium	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Spiroloculina ornata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.4	0.7	0.2	0.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina ornata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Spirosigmoilina* sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spirosigmoilina tenuis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Textularia bocki	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Tretomphalus* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina adriatica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.6	0.0	0.0
Triloculina marioni	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Triloculina oblonga	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.3	0.3	0.3	2.8	0.3	0.0	0.0
Triloculina schreiberiana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina tricarinata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculinella dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trochammina inflata	41.3	0.0	42.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vertebralina striata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
neidentificirane	0.3	0.0	14.3	0.4	8.2	0.0	2.5	0.3	1.0	0.3	0.2	0.3	0.0	0.3	1.4	0.6	0.9	0.0
neidentificirane miliolide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.4	0.5	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Broj jedinki (N)	334	352	7	274	305	25	277	322	289	286	437	302	335	334	285	330	229	16
Broj živih jedinki (N_L)		37																
Broj vrsta (S)	7	6		32	20		38	47	43	45	49	48	51	38	38	35	20	
Dominacija (D)	0.41	0.93		0.12	0.40		0.10	0.08	0.08	0.07	0.12	0.11	0.08	0.14	0.12	0.24	0.15	
Simpson (1-D)	0.59	0.07		0.88	0.60		0.90	0.92	0.92	0.93	0.88	0.89	0.92	0.86	0.88	0.76	0.85	
Shannon-Wiener (H)	1.05	0.19		2.56	1.57		2.85	3.08	3.03	3.13	2.81	2.88	3.06	2.61	2.73	2.24	2.21	
Indeks ravnomjernosti (E)	0.54	0.11		0.74	0.52		0.78	0.80	0.80	0.82	0.72	0.74	0.78	0.72	0.75	0.63	0.74	
Fisher α	1.25	1.03		9.39	5.12		12.37	15.15	13.98	15.01	14.15	16.08	16.75	11.04	11.78	9.90	5.27	

Prilog 7.2

Relativna zastupljenost foraminifera u uzorcima iz jezgre sedimenata LK-12.

VRSTA	LK-12															
	0-1	27-28	53-54	85-86	180-181	187-188	195-196	200-201	201-202	206-207	209-210	214-215	222-223	232-233	235-236	236-237
Adelosina carinata-striata	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina cliarensis	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina dubia	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina mediterranensis	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonia **sp.**	0.2	0.0	0.3	0.0	0.9	0.0	0.4	6.4	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	0.0	1.1	6.1
Ammonia beccarii	0.2	0.0	0.0	0.8	0.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Ammonia parkinsoniana	0.2	0.0	1.1	0.7	0.2	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonia tepida	0.3	0.5	0.3	1.3	39.1	28.5	48.1	9.9	57.2	51.7	9.8	30.5	16.7	16.3	20.7	21.2
Asterigerinata adriatica	8.5	7.8	0.8	4.9	1.2	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Asterigerinata mamilla	1.8	0.2	1.4	0.5	0.0	0.6	0.0	0.0	0.3	0.0	1.4	1.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Aubignyna perlucida	0.0	0.0	0.0	0.2	11.7	16.9	1.5	5.7	8.4	4.2	3.5	5.7	2.1	10.0	14.1	10.6
Bolivina **sp.1**	2.7	2.8	0.3	0.8	0.2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina difformis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina dilatata	1.1	2.4	0.6	1.1	0.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.1	0.0
Bolivina pseudoplicata	0.3	0.9	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Bolivina spathulata	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina striatula	1.3	0.9	0.8	0.7	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Bolivina variabilis	0.8	0.5	1.1	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Buccella **sp.2**	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina aculeata	0.5	0.0	2.2	0.3	0.0	0.3	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina elongata	0.0	0.7	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	1.3	1.1	0.0
Bulimina gibba	0.0	1.2	4.7	2.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.3	0.8	1.4	1.0	2.1	0.0	1.1	0.0
Bulimina marginata	2.9	4.2	5.0	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.4	1.0	0.0	0.0	1.1	0.0
Cibicides advenum	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides refulgens	2.2	3.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.4	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicidoides lobatulus	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Cornuspira involvens	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribroelphidium gerthi	1.9	1.4	0.8	0.5	3.7	6.5	0.2	0.4	0.0	0.8	0.3	1.0	6.3	0.0	0.0	7.6
Cycloforina villafranca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.**	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	3.0
Elphidium **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	4.8	43.7	28.0	14.7	21.5	5.2	8.6	4.2	7.5	5.4	3.0
Elphidium **sp.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.5**	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Elphidium **sp.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.7**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium aculeatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium advenum	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Elphidium advenum subsp. limbatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **cf.** *advenum*	0.0	0.7	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	1.1	1.8	2.3	2.9	0.0	2.1	2.5	10.9	0.0
Elphidium crispum	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Elphidium fichtelianum	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.6	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Elphidium macellum	0.2	0.2	0.0	0.2	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.0	0.0	3.3	3.0
Elphidium maioricensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium margaritaceum	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium translucens	8.0	14.6	12.4	15.1	7.5	7.6	0.0	7.4	5.0	3.0	10.4	15.2	12.5	10.0	15.2	13.6
Epistominella **sp.**	25.2	22.4	35.8	38.6	0.0	0.8	0.0	4.3	0.0	2.3	14.2	3.8	4.2	3.8	0.0	0.0
Eponides **sp.1**	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Eponides concameratus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Favulina hexagona	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fissurina lucida	1.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fissurina orbignyana	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Floresina **sp.1**	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fursekoina complanata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fursenkoina subacuta	0.2	0.2	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gavelinopsis praegeri	0.6	0.2	0.3	2.0	0.2	1.1	0.0	3.5	0.5	0.0	2.6	1.9	0.0	1.3	0.0	0.0
Globigerinella calida	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Globigerinoides ruber	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Globigerinoides ruber-PINK	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina **sp.1**	0.3	0.9	0.8	0.3	0.2	1.7	0.0	0.4	2.1	1.1	1.4	0.0	0.0	1.3	1.1	0.0
Haynesina **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina depressula	7.8	1.4	1.1	2.6	4.9	5.6	3.0	2.8	0.3	2.6	3.2	2.9	0.0	1.3	8.7	4.5

VRSTA	LK-12															
	0-1	27-28	53-54	85-86	180-181	187-188	195-196	200-201	201-202	206-207	209-210	214-215	222-223	232-233	235-236	236-237
Haynesina germanica	2.7	5.4	0.8	0.2	1.2	0.3	0.0	3.5	0.0	2.3	4.3	6.7	2.1	2.5	1.1	3.0
Hyalinea balthica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Lagena* sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagena doveyensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagena striata	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagenosolenia seguenziana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lenticulina cultrata	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Melonis pompilioides	0.2	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Miliolinella* sp.1**	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella subrotunda	0.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Neoconorbina terquemi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Nonionella opima	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	4.2	1.3	0.0	0.0
Nonionoides turgidus	1.1	0.5	3.3	2.1	5.9	8.7	1.1	6.7	2.1	1.5	6.4	6.7	6.3	5.0	5.4	3.0
Planorbulina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Planulinoides ?* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Porosononion* sp.1**	0.2	1.2	0.3	0.3	4.9	1.4	1.3	2.1	0.8	1.9	0.9	1.9	0.0	8.8	0.0	3.0
***Porosononion* sp.2**	8.6	8.0	4.4	8.0	3.7	6.2	0.4	6.0	3.4	0.0	6.6	2.9	14.6	1.3	4.3	3.0
Pseudotriloculina lecalvezae	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pyrgo elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina bidentata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina bosciana	0.2	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina laevigata	0.5	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
Quinqueloculina parvula	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0
Quinqueloculina schlumbergeri	0.5	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina seminula	0.6	0.7	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Reophax* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reussella spinulosa	0.5	1.9	1.4	2.1	0.7	0.6	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	1.0	2.1	0.0	2.2	0.0
Rosalina bradyi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Rosalina floridensis	2.9	1.2	2.2	0.8	0.0	0.3	0.0	1.1	0.0	0.0	0.6	1.9	0.0	0.0	0.0	1.5
Sahulia conica	4.5	3.3	5.8	3.1	0.9	0.6	0.0	0.7	0.0	0.0	2.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
***Sejunctella* sp.**	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilina costata	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilinopsis schlumbergeri	0.8	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta sp.	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta aspera	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphotextularia concava	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina depressa	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Spirosigmoilina* sp.2**	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spirosigmoilina tenuis	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Textularia bocki	1.4	2.6	1.4	2.1	1.4	0.6	0.0	0.7	0.3	0.0	2.3	0.0	0.0	3.8	1.1	1.5
***Tretomphalus* sp.1**	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trifarina angulosa	0.0	0.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina oblonga	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina schreiberiana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina tricarinata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculinella dilatata	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uvigerina mediterranea	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vasiglobulina ? myrstiformis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
neidentificirane	0.8	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.5	0.8	0.3	0.0	6.3	10.0	1.1	6.1
neidentificirane miliolide	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Broj jedinki (N)	626	424	364	611	427	355	474	282	380	263	346	105	48	80	92	66
Broj vrsta (S)	62	49	47	45	29	33	11	34	23	21	40	23	20	24	19	20
Dominacija (D)	0.10	0.10	0.16	0.19	0.19	0.14	0.42	0.12	0.36	0.32	0.07					
Simpson (1-D)	0.90	0.91	0.84	0.81	0.81	0.86	0.58	0.88	0.64	0.68	0.93					
Shannon-Wiener (H)	2.99	2.95	2.69	2.48	2.26	2.47	1.07	2.70	1.59	1.72	3.04					
Indeks ravnomjernosti (E)	0.73	0.76	0.70	0.65	0.67	0.71	0.45	0.76	0.51	0.56	0.82					
Fisher α	17.09	14.32	14.37	11.20	7.04	8.89	2.01	10.11	5.39	5.37	11.69					

VRSTA	LK-12															
	239-240	241-242	242-243	252-253	260-261	267-268	281-282	296-297	316-317	329-330	331-332	342-343	351-352	382-383	402-403	417-418
Adelosina carinata-striata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina cliarensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina dubia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonia **sp.**	2.2	1.3	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0
Ammonia beccarii	0.0	1.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.8	1.2	0.6	0.0	0.8	0.2
Ammonia parkinsoniana	0.0	0.6	0.0	0.0	0.5	0.8	3.7	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	1.0	0.3	1.1	0.8
Ammonia tepida	3.4	14.2	33.3	10.0	24.7	6.0	3.7	0.0	8.5	5.9	43.2	5.9	6.3	3.9	3.9	4.2
Asterigerinata adriatica	1.1	1.9	33.3	0.0	1.6	0.3	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.4	2.6	0.3	0.4
Asterigerinata mamilla	1.1	1.3	0.0	2.0	1.1	5.2	3.7	0.0	6.4	6.9	2.4	0.4	1.0	0.3	0.6	0.8
Aubignyna perlucida	10.1	7.1	0.0	4.0	9.9	1.6	7.4	10.0	4.3	3.9	13.0	14.5	17.1	12.3	13.4	7.5
Bolivina **sp.1**	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
Bolivina **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Bolivina difformis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	0.2
Bolivina pseudoplicata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.1	0.3	0.0	1.3
Bolivina spathulata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
Bolivina striatula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina variabilis	0.0	1.3	0.0	2.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	1.9	0.3	0.4
Buccella **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina aculeata	0.0	0.0	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	2.3
Bulimina elongata	1.1	0.0	0.0	2.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	5.3	11.8	1.6	6.7	4.0
Bulimina gibba	3.4	1.3	33.3	0.0	1.1	0.3	3.7	10.0	0.0	2.0	0.9	3.4	1.2	7.5	6.4	7.1
Bulimina marginata	1.1	0.6	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	10.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.9	1.6	0.8	0.4
Cibicides advenum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides refulgens	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.8	0.6
Cibicidoides lobatulus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cornuspira involvens	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribroelphidium gerthi	0.0	1.3	0.0	4.0	11.0	0.3	0.0	0.0	0.0	4.9	4.4	0.4	1.0	2.9	0.6	2.1
Cycloforina villafranca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.**	4.5	3.9	0.0	4.0	0.0	1.1	0.0	30.0	4.3	4.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0
Elphidium **sp.2**	1.1	1.3	0.0	0.0	6.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0
Elphidium **sp.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Elphidium **sp.5**	1.1	0.6	0.0	0.0	2.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.3	0.6	0.6	0.8	0.6
Elphidium **sp.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	3.7	0.0	0.0	2.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium **sp.7**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium aculeatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Elphidium advenum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Elphidium advenum subsp. limbatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Elphidium **cf.** *advenum*	0.0	1.3	0.0	4.0	1.6	4.9	3.7	0.0	2.1	1.0	0.9	1.2	1.0	0.6	0.3	0.6
Elphidium crispum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.3	0.6	0.6
Elphidium fichtelianum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.6	0.0	0.8	0.0
Elphidium macellum	1.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.3	0.6	0.3	0.2
Elphidium maioricensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Elphidium margaritaceum	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.8	3.7	0.0	2.1	2.0	2.4	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0
Elphidium translucens	5.6	12.9	0.0	8.0	6.6	1.4	14.8	0.0	2.1	2.9	8.3	12.7	14.3	16.2	13.7	8.3
Epistominella **sp.**	4.5	9.7	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.2	1.6	0.0	4.5	3.4	14.4
Eponides **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Eponides concameratus	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Favulina hexagona	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fissurina lucida	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.0	0.3	1.7
Fissurina orbignyana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.3	0.4
Floresina **sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fursekoina complanata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Fursenkoina subacuta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.6	0.0
Gavelinopsis praegeri	2.2	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	0.1	0.6	4.5	0.8
Globigerinella calida	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Globigerinoides ruber	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Globigerinoides ruber-PINK	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina **sp.1**	1.1	1.9	0.0	0.0	2.2	3.3	14.8	0.0	2.1	2.9	2.7	4.6	2.3	3.2	2.5	5.4
Haynesina **sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.6
Haynesina depressula	2.2	3.9	0.0	6.0	3.8	6.6	7.4	0.0	0.0	2.0	2.4	6.9	5.1	12.3	3.6	5.2

VRSTA	LK-12															
	239-240	241-242	242-243	252-253	260-261	267-268	281-282	296-297	316-317	329-330	331-332	342-343	351-352	382-383	402-403	417-418
Haynesina germanica	0.0	0.6	0.0	0.0	2.2	1.4	0.0	0.0	2.1	2.9	0.9	10.5	2.3	0.3	2.8	0.8
Hyalinea balthica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagena sp.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagena doveyensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	0.4
Lagena striata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Lagenosolenia seguenziana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Lenticulina cultrata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Melonis pompilioides	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella sp.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Miliolinella subrotunda	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6
Neoconorbina terquemi	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
Nonionella opima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nonionoides turgidus	5.6	2.6	0.0	6.0	6.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	1.9	1.6	2.5	4.2
Planorbulina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
Planulinoides ? sp.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
Porosononion sp.1	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	2.0	2.1	1.5	2.6	0.0	0.8	0.8
Porosononion sp.2	10.1	6.5	0.0	2.0	6.6	1.4	3.7	0.0	0.0	1.0	1.5	8.9	8.9	9.4	7.3	5.2
Pseudotriloculina lecalvezae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Pyrgo elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina bidentata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
Quinqueloculina bosciana	1.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina laevigata	2.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina parvula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina schlumbergeri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Quinqueloculina seminula	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.8	0.0
Reophax sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reussella spinulosa	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.5	1.3	0.0	1.1	2.3
Rosalina bradyi	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.3	0.3	0.8
Rosalina floridensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	0.3	1.5
Sahulia conica	0.0	0.6	0.0	2.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.2	8.4	5.6	5.2
Sejunctella sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilina costata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilinopsis schlumbergeri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2
Siphonoaperta sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0
Siphonoaperta sp. 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta aspera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Siphotextularia concava	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2
Spiroloculina depressa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spirosigmoilina sp.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Spirosigmoilina tenuis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Textularia bocki	0.0	1.3	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	4.1	1.0	6.2	4.2
Tretomphalus sp.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
Trifarina angulosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Triloculina oblonga	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina schreiberiana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Triloculina tricarinata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Triloculinella dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Uvigerina mediterranea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vasiglobulina ? myrstiformis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
neidentificirane	24.7	16.8	0.0	32.0	0.5	54.7	14.8	40.0	63.8	48.0	3.8	0.3	0.1	0.6	0.3	0.2
neidentificirane miliolide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Broj jedinki (N)	89	155	3	50	181	364	27	10	47	102	326	677	686	308	357	480
Broj vrsta (S)	26	29	3	17	29	34	16	5	11	21	30	48	54	36	48	48
Dominacija (D)					0.11						0.23	0.07	0.08	0.09	0.07	0.06
Simpson (1-D)					0.89						0.77	0.93	0.92	0.91	0.93	0.94
Shannon-Wiener (H)					2.68						2.19	3.00	2.96	2.80	3.11	3.19
Indeks ravnomjernosti (E)					0.80						0.65	0.78	0.74	0.78	0.80	0.82
Fisher α					9.75						8.05	11.80	13.74	10.57	14.93	13.28

Prilog 7.3

Relativna zastupljenost foraminifera u uzorcima iz jezgre sedimenata LK-13.

VRSTA	LK-13													
	0-1	100-101	160-161	220-221	339-340	359-360	399-400	438-439	444-445	452-454	468-469	480-481	490-491	500-501
***Adelosina* sp.1**	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina carinata-striata	0.0	0.4	0.0	0.0	1.5	3.3	0.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina cliarensis	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina dubia	0.0	1.1	0.0	1.9	0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adelosina mediterranensis	0.8	0.0	0.0	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Ammonia* sp.**	0.0	5.1	5.1	7.7	0.0	0.0	0.0	17.2	1.4	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Ammonia beccarii	3.0	0.7	0.0	0.0	3.0	3.8	5.4	2.6	3.1	8.3	4.2	14.3	0.0	0.0
Ammonia parkinsoniana	1.9	4.7	0.0	0.0	6.1	7.3	8.5	6.3	12.5	18.7	12.5	14.3	0.0	0.0
Ammonia tepida	3.6	22.6	32.1	9.6	22.5	27.5	44.8	8.4	50.4	58.0	37.5	57.1	100.0	0.0
Asterigerinata adriatica	0.3	1.5	0.7	1.9	1.5	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asterigerinata mamilla	18.3	1.5	0.0	1.9	0.3	1.4	0.0	0.5	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Aubignyna perlucida	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	14.3	0.0	0.0
Bolivina dilatata	1.1	1.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina pseudoplicata	3.6	0.4	0.0	0.0	1.3	1.4	1.5	1.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina striatula	0.3	0.4	2.2	1.9	1.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bolivina variabilis	0.6	1.8	5.1	0.0	0.5	0.5	1.2	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Buccella* sp.2**	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina aculeata	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bulimina gibba	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides advenum	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicides refulgens	4.2	1.5	0.0	0.0	1.8	1.2	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cibicidoides lobatulus	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.7	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Conorbella imperatoria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cornuspira involvens	0.0	0.0	2.9	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cribroelphidium gerthi	6.6	1.1	0.0	0.0	0.3	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Cycloforina* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycloforina hauerina	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cycloforina rugosa	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Elphidium* sp.2**	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Elphidium* sp.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
***Elphidium* sp.5**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.2	1.2	2.6	0.7	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
***Elphidium* sp.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
***Elphidium* sp.7**	0.0	0.4	0.0	0.0	0.3	1.2	0.0	0.2	0.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium aculeatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium advenum	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium advenum subsp. limbatum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium* cf. *advenum	0.0	0.0	0.0	3.8	0.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium crispum	0.3	0.4	0.0	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.6	8.3	0.0	0.0	0.0
Elphidium fichtelianum	0.3	1.5	0.0	0.0	3.3	2.4	8.9	0.7	2.6	2.1	8.3	0.0	0.0	0.0
Elphidium macellum	1.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	0.4	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium margaritaceum	0.0	1.1	0.7	0.0	2.0	2.6	3.5	17.7	9.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Elphidium translucens	2.2	2.6	2.9	3.8	9.3	3.3	6.2	7.0	6.1	4.1	4.2	0.0	0.0	100.0
***Epistominella* sp.**	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Eponides* sp.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Fissurina lucida	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gavelinopsis praegeri	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Haynesina* sp.1**	10.8	1.5	0.7	1.9	1.3	9.9	0.4	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina depressula	11.6	4.0	6.6	5.8	13.6	1.4	2.7	2.6	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Haynesina germanica	1.4	6.2	9.5	9.6	2.3	3.1	0.8	5.1	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagena doveyensis	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Massilina gualtieriana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella elongata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella labiosa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Miliolinella subrotunda	0.8	0.4	0.0	1.9	0.3	0.9	0.4	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Neoconorbina terquemi	0.8	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nonionoides turgidus	0.0	0.4	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Planorbulina mediterranensis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Porosononion* sp.1**	0.0	1.5	3.6	5.8	6.1	0.0	0.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Porosononion* sp.2**	0.0	16.8	3.6	11.5	4.5	5.4	3.5	0.0	1.4	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0
***Pseudotriloculina* sp.1**	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pseudotriloculina cuneata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

VRSTA	LK-13													
	0-1	100-101	160-161	220-221	339-340	359-360	399-400	438-439	444-445	452-454	468-469	480-481	490-491	500-501
Pseudotriloculina limbata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pseudotriloculina rotunda	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pyrgo elongata	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina annectens	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina bosciana	0.0	0.4	0.7	0.0	1.3	5.9	0.4	7.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina laevigata	0.6	0.4	0.7	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina parvula	0.6	0.4	1.5	3.8	0.5	0.2	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina schlumbergeri	2.2	1.1	2.2	1.9	1.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quinqueloculina seminula	1.4	1.1	3.6	0.0	1.0	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reussella spinulosa	1.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina bradyi	1.1	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina floridensis	11.4	3.3	5.1	3.8	2.8	2.4	1.2	3.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rosalina macropora	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Sejunctella* sp.**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilina costata	0.6	2.2	0.0	1.9	4.0	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sigmoilinopsis schlumbergeri	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Siphonoaperta* sp.**	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Siphonoaperta* sp. 2**	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta aspera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Siphonaperta dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina excavata	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Spiroloculina ornata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Spirosigmoilina* sp.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
***Tretomphalus* sp.1**	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0
Triloculina marioni	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina schreiberiana	0.0	0.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculina tricarinata	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Triloculinella dilatata	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
neidentificirane	0.3	2.2	3.7	7.7	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
neidentificirane miliolide	0.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Broj jedinki (N)	361	274	137	52	396	425	259	429	424	193	24	7	1	1
Broj vrsta (S)	42	50	27	23	42	53	33	40	25	14	11	4	1	1
Dominacija (D)	0.08	0.10	0.13	0.06	0.09	0.11	0.23	0.09	0.28	0.38				
Simpson (1-D)	0.92	0.90	0.87	0.94	0.91	0.89	0.77	0.91	0.72	0.62				
Shannon-Wiener (H)	2.94	3.03	2.62	2.94	2.89	2.99	2.25	2.83	1.92	1.44				
Indeks ravnomjernosti (E)	0.79	0.78	0.80	0.85	0.77	0.75	0.64	0.77	0.60	0.55				
Fisher α	12.31	17.92	10.07	10.07	11.88	15.97	10.03	10.79	5.81	3.47				

TABLA I-V

TABLA I

1-3 *Trochammina inflata* (Montagu), 1 spiralna strana, 2 pupčana strana, 3 spiralna strana-uništena jedinka (jezgra LK-5, interval 0-1 cm)

4-6 *Haplophragmoides canariensis* (d'Orbigny), 4 pogled sa strane, 5 pogled sprijeda, 6 pogled sa strane (jezgra LK-5, interval 0-1 cm)

7-11 *Ammonia tepida* (Cushman), 7 deformirana jedinka, 8 pupčana strana, 9 kućica foraminifere i dijatomeja, 10 povećani detalj kućice (jezgra LK-6, interval 0-1 cm)

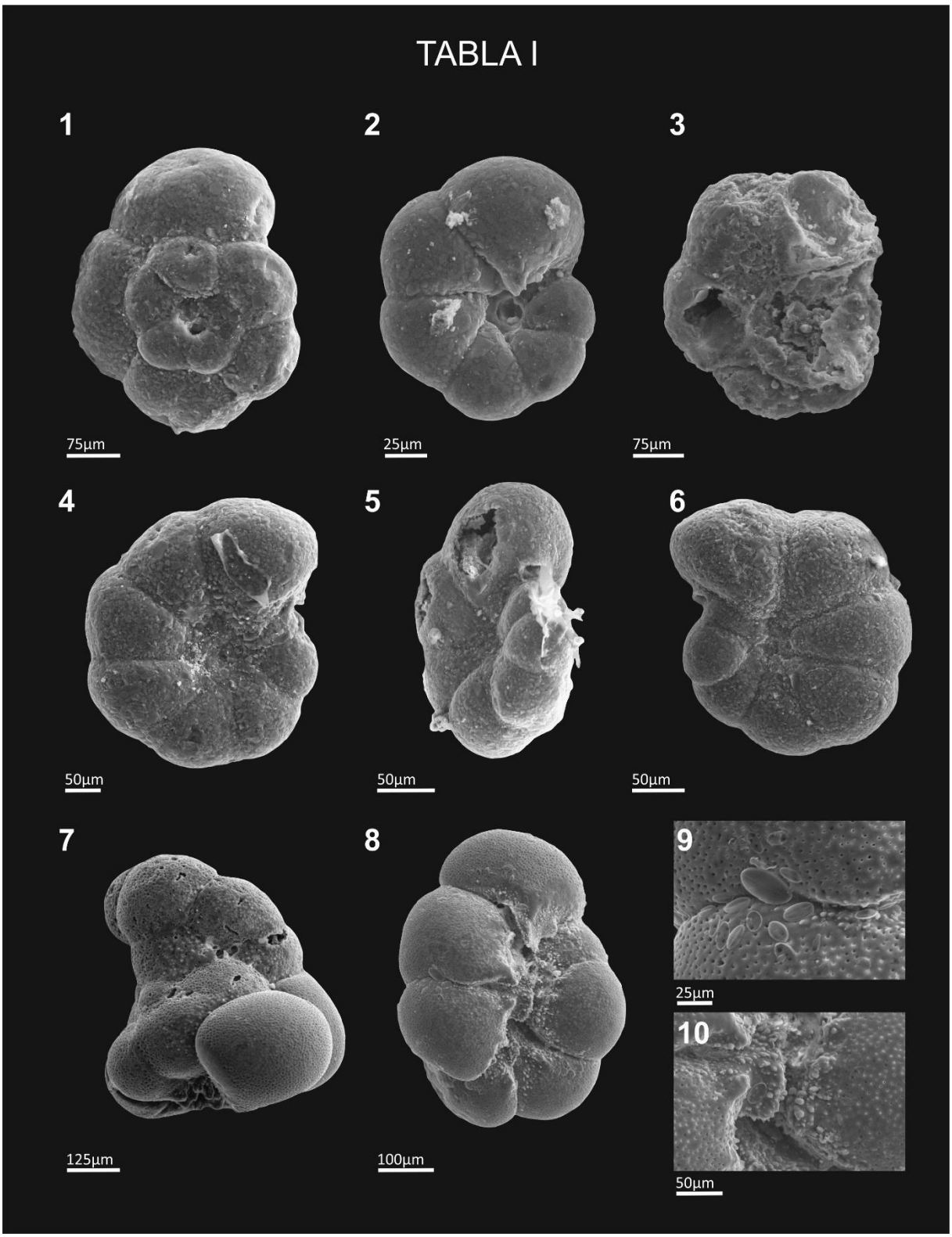


TABLA I
1
75µm
2
25µm
3
75µm
4
50µm
5
50µm
6
50µm
7
125µm
8
100µm
9
25µm
10
50µm

TABLA II

1 *Peneroplis planatus* (Fichtel & Moll), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 0-1 cm)

2 *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 220-222 cm)

3 *Cribroelphidium gerthi* (van Voorthuysen), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 230-232 cm)

4 *Buccella* sp.2, pupčana strana (jezgra LK-2, interval 0-1 cm)

5 *Rosalina macropora* (Hofker), spiralna strana (jezgra LK-3, interval 0-1 cm)

6 *Asterigerinata adriatica* Haake, spiralna strana (jezgra LK-3, interval 275-277 cm)

7 *Haynesina depressula* (Walker & Jacob), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 0-1 cm)

8 *Bolivina striatula* Cushman, pogled sa strane (jezgra LK-2, interval 0-1 cm)

9 *Bolivina pseudoplicata* (Heron-Allen & Earland), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 0-1 cm)

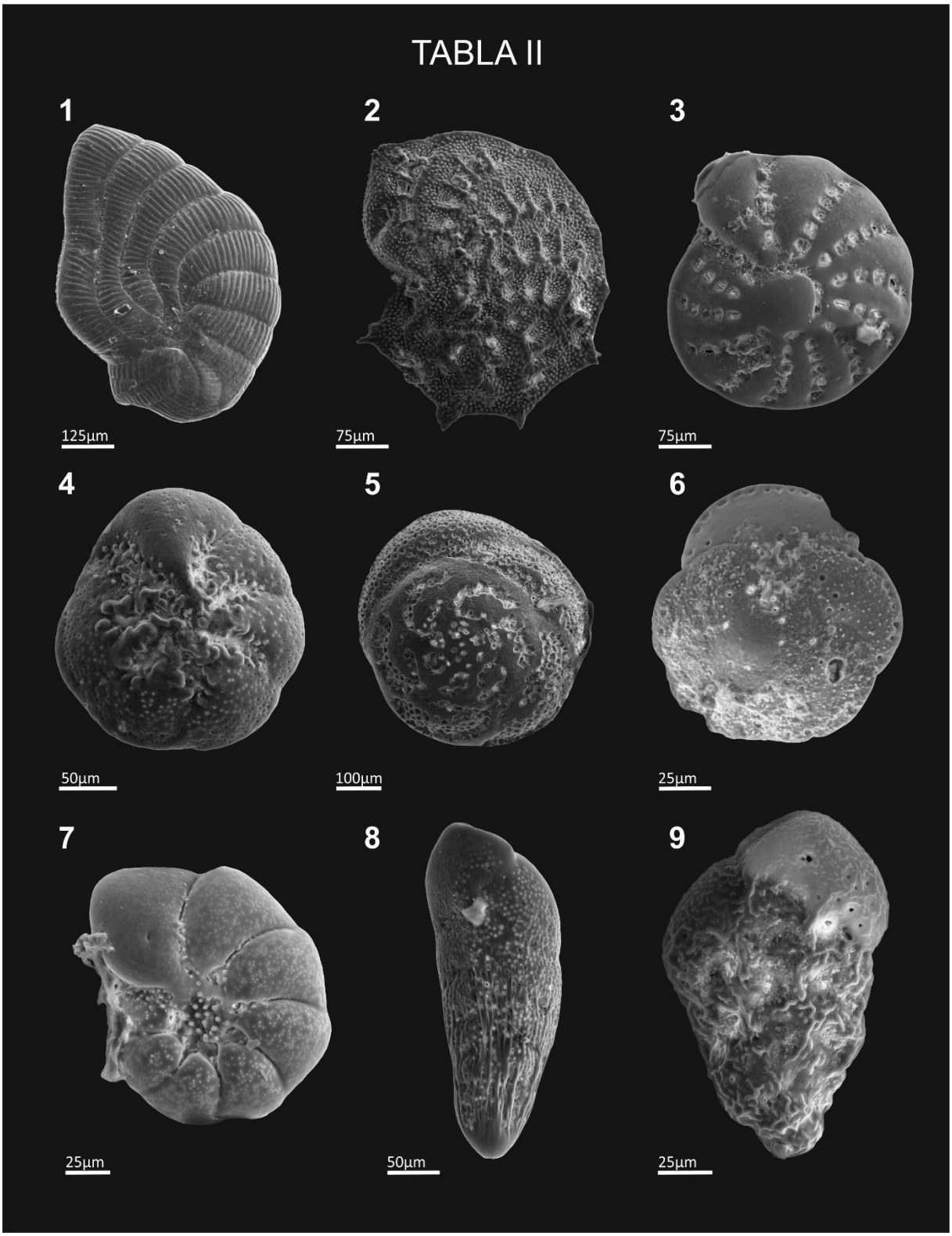


TABLA II
1
125µm
2
75µm
3
75µm
4
50µm
5
100µm
6
25µm
7
25µm
8
50µm
9
25µm

TABLA III

1 *Haynesina* sp.1, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 417-418 cm)

2 *Nonionoides turgidus* (Williamson), pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 235-236 cm)

3 *Cornuspira involvens* (Reuss), pogled sa strane (jezgra LK-3, interval 0-1 cm)

4-5 *Epistominella* sp., 4 spiralna strana (jezgra LK-12, interval 417-418 cm), 5 pupčana strana (jezgra LK-12, interval 209-210 cm)

6 *Fissurina lucida* (Williamson), pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 417-418 cm)

7-9 *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen & Earland), 7 spiralna strana, 8 pupčana strana, 9 detalj kućice (jezgra LK-12, interval 351-352 cm)

10 kristali framboidalnog pirita u kućici foraminifere (jezgra LK-12, interval 351-352 cm)

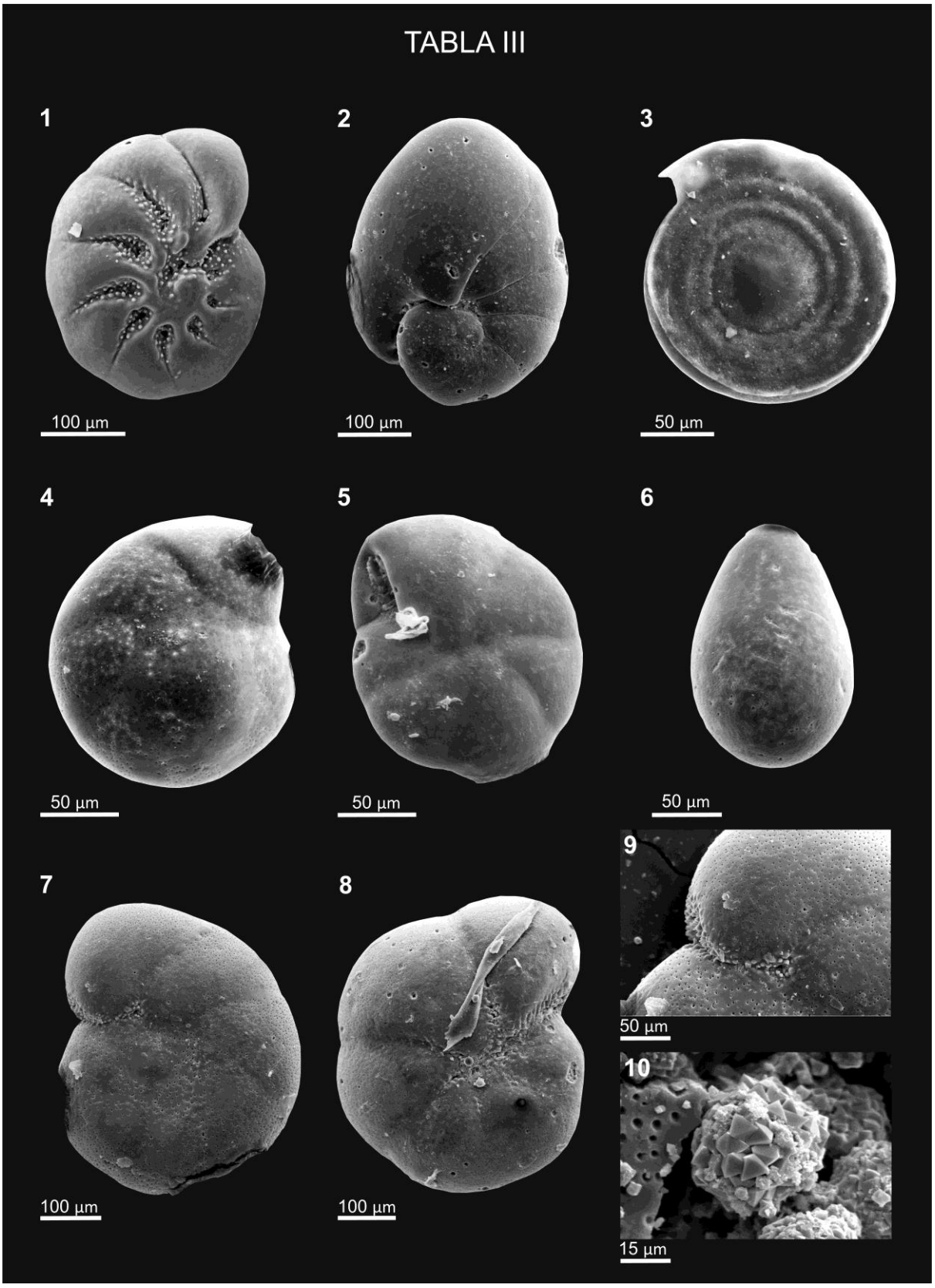


TABLA III
1
100 µm
2
100 µm
3
50 µm
4
50 µm
5
50 µm
6
50 µm
7
100 µm
8
100 µm
9
50 µm
10
15 µm

TABLA IV

1 *Elphidium translucens* Natland, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 342-343 cm)

2-3 *Elphidium* sp. 6, 2 pogled sa strane, 3 detalj kućice (jezgra LK-12, interval 222-223 cm)

4 detalj stijenke kućice staklaste foraminifere (jezgra LK-12, interval 351-352 cm)

5 *Elphidium margaritaceum* (Cushman), pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 342-343 cm)

6 *Elphidium macellum* (Fichtel & Moll), pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 342-343 cm)

7 *Elphidium* sp.5, pogled sa strane (površinski uzorak, sjeverni dio Lošinjskoga kanala)

8 *Cribroelphidium gunteri* (Cole), pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 180-181 cm)

9 *Ammonia beccarii* (Linnaeus) s kristalićem gipsa (jezgra LK-13, interval 399-400 cm)

10 *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny), spiralna strana (jezgra LK-12, interval 0-1 cm)

TABLA IV

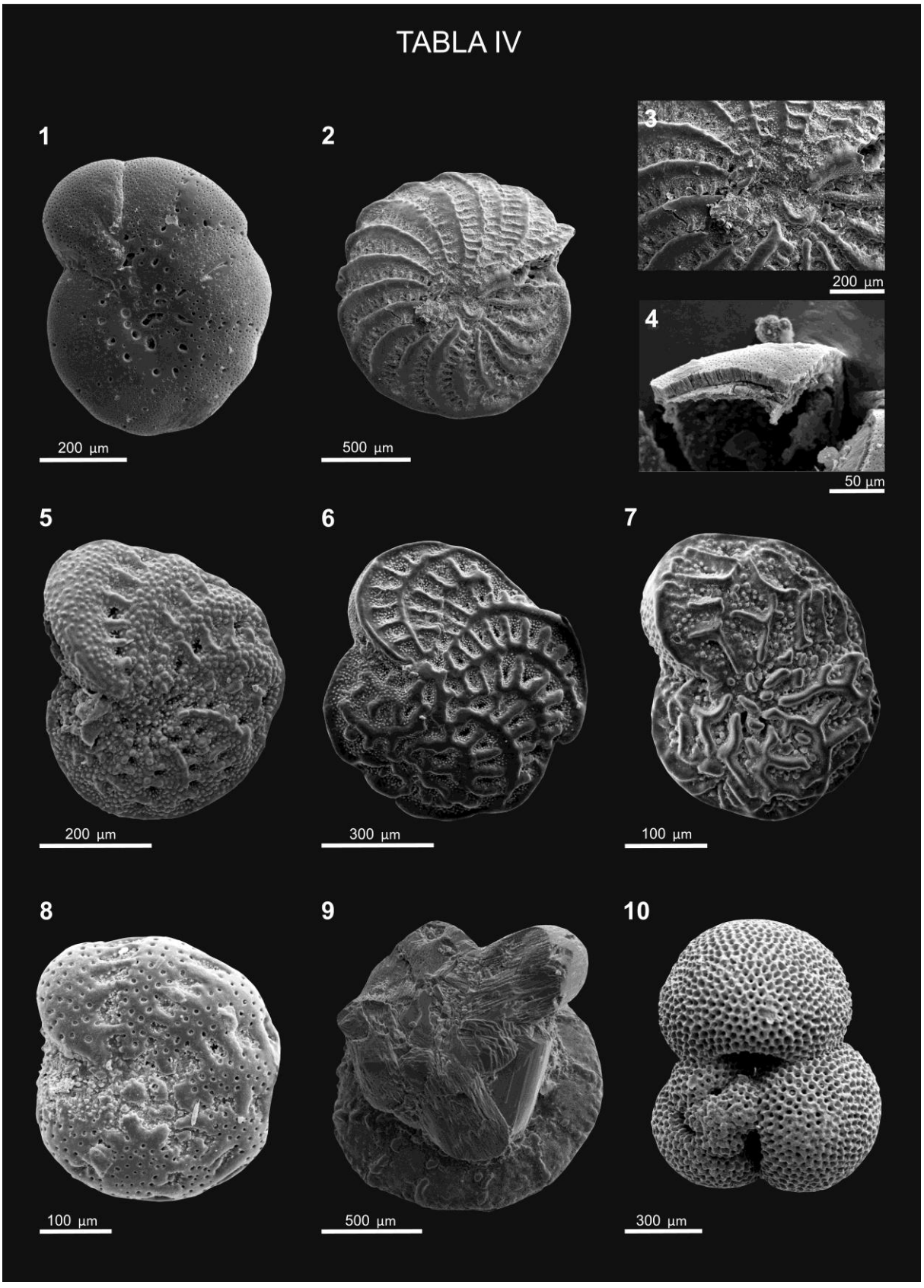

1
200 µm
2
500 µm
3
200 µm
4
50 µm
5
200 µm
6
300 µm
7
100 µm
8
100 µm
9
500 µm
10
300 µm

TABLA V

1 *Bulimina elongata* d'Orbigny, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 331-332 cm)

2 *Reussella spinulosa* (Reuss), pogled s ruba (jezgra LK-12, interval 417-418 cm)

3 *Lagena doveyensis* Haynes, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 342-343 cm)

4 *Textularia bocki* Höglund, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 180-181 cm)

5 deformirana jedinka (jezgra LK-12, interval 342-343 cm)

6 deformirana jedinka *Ammonia* sp., pupčana strana (jezgra LK-2, interval 62-63 cm)

7 deformirana jedinka *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen & Earland) (jezgra LK-12, interval 417-418 cm)

8 deformirana jedinka *Porosononion* sp.2, pogled sa strane (jezgra LK-12, interval 417-418 cm)

9 deformirana jedinka *Ammonia tepida* (Cushman), spiralna strana (jezgra LK-12, interval 331-332 cm)

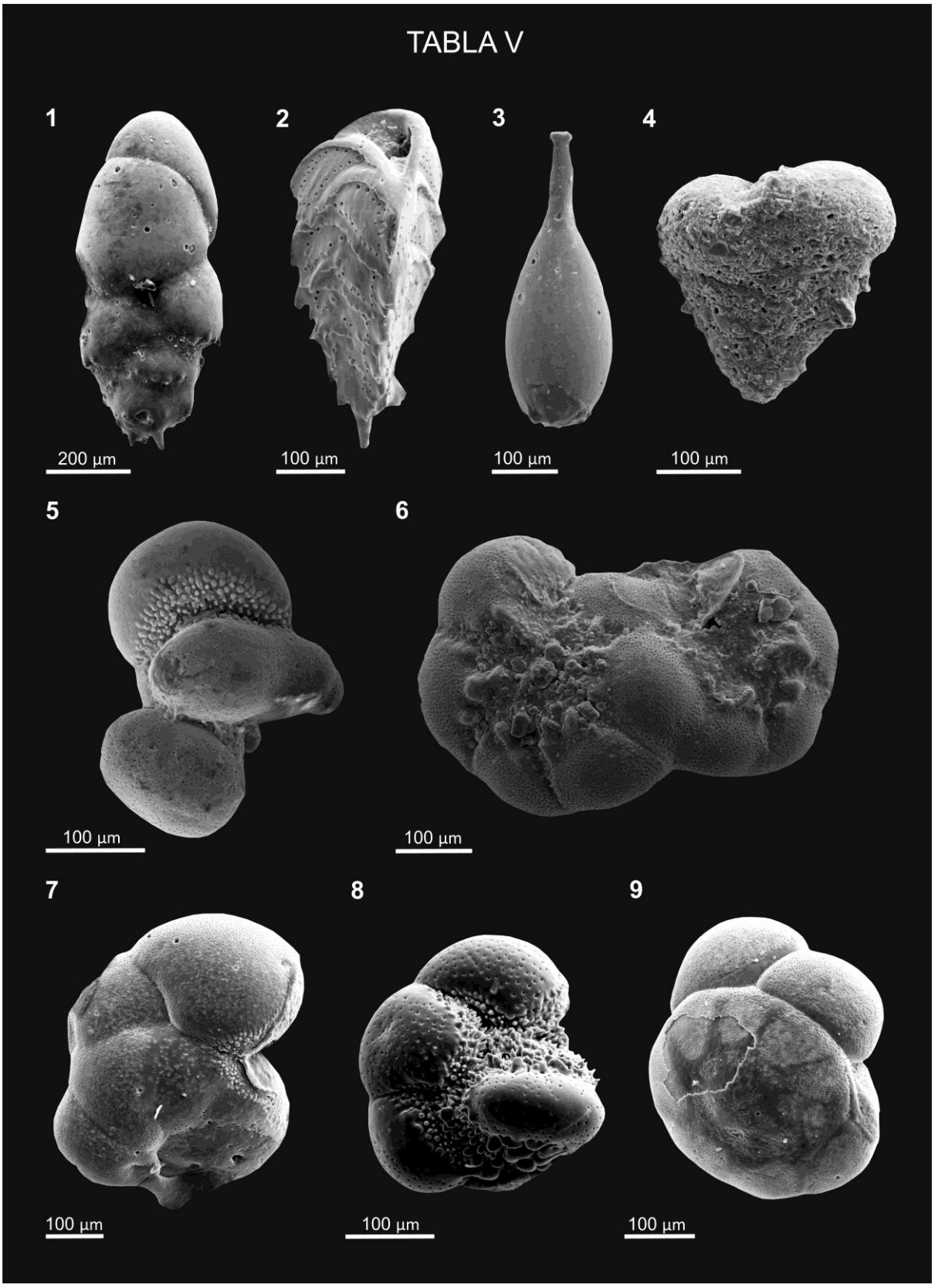


TABLA V
1
2
3
4
200 µm
100 µm
100 µm
100 µm
5
6
100 µm
100 µm
7
8
9
100 µm
100 µm
100 µm

12. ŽIVOTOPIS

Dea Brunović rođena je 15.5.1988. u Rijeci. Diplomski studij geologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završila je 2013. godine. Rad na Hrvatskom geološkom institutu započinje 2015. godine, kada upisuje i Interdisciplinarni doktorski studij iz oceanologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Tijekom rada na institutu bila je suradnica na dva projekta Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ). Na projektu „LoLADRIA“ (Lost Lake Landscapes of the Eastern Adriatic Shelf-Nestali jezerski krajobrazi istočnog dijela Jadranskog mora) zaposlena je kao doktorand. Također je bila suradnica na projektu „GEOSEKVA“ (Geological and seismological aspects of geodynamics in Kvarner area-unveiling of the Kvarner fault- Geološki i seizmološki aspekti geodinamike Kvarnera - razotkrivanje kvarnerskog rasjeda). Sudjelovala je i na Horizon 2020 Twinning projektu s Britanskom geološkom službom (BGS) i Geološkom službom Danske i Grenlanda (GEUS).

Tijekom doktorskog studija boravila je na Sveučilištu u Patrasu (OCEANUS) u Grčkoj gdje je napravila interpretaciju seizmičkih podataka visoke rezolucije. Istraživanje geokemijskog sastava jezgara sedimenata napravila je na μXRF skeneru jezgara na Institutu za marinska istraživanja (CNR-ISMAR) u Bologni u Italiji. Također je dobitnica studentskog projekta od tvrtke Innomar iz Kiela, koji je omogućio geofizičko snimanje Pirovačkog zaljeva i Vranskog jezera kod Biograda.

Tijekom doktorskog studija sudjelovala je na sljedećim radionicama i ljetnim školama: ECORD Training Course- Virtual Drillship Experience (Sveučilište u Bremenu, Njemačka), MEDFLOOD project Workshop (Sveučilište u Trstu, Italija), International School on Foraminifera (Sveučilište u Urbinu, Italija), MOPP-MEDFLOOD project Workshop (Sveučilište u Bremenu, Njemačka i Palau, Sardinija).

Znanstveni radovi u drugim časopisima

1. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Peh, Zoran; Hasan, Ozren; Kolar, Tena; Šparica Miko, Martina; Razum, Ivan.

Holocene environmental evolution recorded in the coastal karst dolines on the Island of Cres, Croatia// GEOLOGIA CROATICA (članak, znanstveni).

Znanstveni radovi u CC časopisima

1. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Papatheodorou, George; Ilijanić, Nikolina; Miserocchi, Stefano; Correggiari, Annamaria; Geraga, Maria.

Late Pleistocene and Holocene paleoenvironmental reconstruction of a drowned karst isolation basin (Lošinj Channel, NE Adriatic Sea)// Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (u postupku recenzije).

2. Peh, Zoran; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Ilijanić, Nikolina; Šparica Miko, Martina; **Brunović, Dea;** Dedić, Željko.

Discrimination of topsoil environments in a karst landscape - an outcome of a geochemical mapping campaign// Geochemical Transactions (u postupku recenzije).

Sažeci u zbornicima skupova

1. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Peh, Zoran; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Kolar, Tena; Šparica Miko, Martina.

Micropalaeontological and geochemical characterization of Holocene sediments in coastal karst dolines under the marine influence (Island of Cres, Adriatic Sea) // Book of abstracts / Novak, Matevž ; Rman, Nina (ur.).
Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2018. 31-32 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

2. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; **Brunović, Dea**; Ilijanić, Nikolina; Papatheodorou, George; Geraga, Maria; Christodoulou, Dimitris; Čurić, Matej; Meštrović, Ivor; Šolaja, Dragana; Bakašun, Marko.

Submerged karst river channels of Zrmanja, Cetina, Neretva and Koločep rivers in the eastern Adriatic coast (Croatia) // Book of abstracts / Novak, Matevž ; Rman, Nina (ur.).
Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2018. 45-45 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

3. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; **Brunović, Dea**; Razum, Ivan; Durn, Tatjana; Papatheodorou, George; Sparica Miko, Martina; Bakrač, Koraljka; Hajek Tadesse, Valentina.

Holocene and Pleistocene Karst Lakes of Dalmatian coast (Eastern Adriatic Sea) // IPA-IAL 2018, Unravelling the Past and Future of Lakes.
Stockholm, 2018. 273-273 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

4. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Ilijanić, Nikolina; Papatheodorou, George; Christodoulou, Dimitris; Geraga, Maria; Đumbir, Ana-Maria; Razum, Ivan; Hajek Tadesse, Valentina; Bakrač, Koraljka; Šparica Miko, Martina.

The Late Quaternary palaeoenvironmental development of Lošinj Channel, Adriatic Sea // 5 th regional scientific meeting on Quaternary geology dedicated to geohazards and final conference of the LoLADRIA project "Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea" / Marjanac, Lj. (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017. 8-9 (predavanje,sažetak,znanstveni). prilozen text rada

5. Hajek Tadesse, Valentina; Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; **Brunović, Dea**.

Late Pleistocene and Holocene Ostracoda from Eastern Adriatic coast // 5th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology Dedicated to Geohazards and Final conference of the LoLADRIA project “Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea / Marjanac, Ljerka (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017. 17-17 (predavanje,sažetak).

6. Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; **Brunović, Dea**; Hajek Tadesse, Valentina; Šparica Miko, Martina.

Postglacial sedimentary environments and Mid- Holocene marine flooding of a costal karst lake in Pirovac Bay (Dalmatia) // 5th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology Dedicated to Geohazards and Final conference of the LoLADRIA project “Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea / Marjanac, Lj. (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017. 23-23 (predavanje,domaća recenzija,sažetak).

7. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Razum, Ivan; Durn, Tatjana; **Brunović, Dea**; Papatheodorou, George; Bakrač, Koraljaka; Hajek Tadesse, Valentina; Šparica Miko, Martina; Crmarić, Ranko.

Submerged karst landscapes of the Eastern Adriatic // 5th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology Dedicated to Geohazards and Final conference of the LoLADRIA project “Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea / Marjanac, Lj. (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017. 53-54 (predavanje,sažetak,znanstveni). prilozen text rada

8. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Orlić, Sandi; Pjevac, Petra; **Brunović, Dea**; Hasan, Ozren; Marković, Tamara.

Vrana Lake near Biograd: Natural and anthropogene influences on the formation of methane in lake sediments: // Upravljanje jezerima i akumulacijama u Hrvatskoj i OKRUGLI STOL o aktualnoj problematici Vranskog jezera kod Biograda na Moru / Rubinić, Josip ; (ur.).
Biograd na Moru : Hrvatsko društvo za zaštitu voda, 2017. 223-225 (predavanje,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

9. Šolaja, Dragana; Miko, Slobodan; Papatheodorou, George; Hasan, Ozren; Marković, Tamara; Christodoulou, Dimitris; **Brunović, Dea**; Ilijanić, Nikolina; Gusić, Ivan.

Reconstruction of the late Quaternary deposition system of the Koločep Channel (Croatia): paleohydrogeology and paleoseismicity // 5 th regional scientific meeting on Quaternary geology

dedicated to geohazards and final conference of the LoLADRIA project "Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea" / Marjanac, Lj. (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017. 66-67 (poster,sažetak,znanstveni).

10. Petrinjak, Krešimir; Špelić, Marko; **Brunović, Dea**; Nikola, Belić; Ferić, Pavle; Brčić, Vlatko; Wacha, Lara; Surić, Maša; Markušić, Snježana; Korbar, Tvrtko.

Research on active tectonics in densely populated Kvarner area characterized by highly dissected Dinaric Karst (GEOSEKVA Project) // Man and Karst 2017: Abstract and Guidebook / Krklec, Kristina (ur.).
Zadar, Hrvatska : Sveučilište u Zadru, 2017. 63-63 (poster,sažetak).

11. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; **Brunović, Dea**; Papatheodorou, George; Bakrač, Koraljka; Razum, Ivan; Geraga, Maria.

Environmental reconstruction of lakes and submerged paleo-karst of the croatian adriatic coast during the late quaternary ; the case of novigradsko more catchment // EX-AQUA 2016 PALAEOHYDROLOGICAL EXTREME EVENTS EVIDENCE AND ARCHIVES / Fontana, A., Rossato, S. (ur.).
Padova, 2016. 28-28 (predavanje,sažetak,znanstveni).

12. Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; **Brunović, Dea**; Hajek Tadesse, Valentina.

A multiproxy record of Holocene paleoenvironmental changes from the Pirovac Bay on the Eastern Adriatic coast // Colloque Q10, AFEQ - CNF INQUA, Paleoclimats et environnements quaternaires, Programme et resumes / Bassinot, F., Bertran, P., Blard, P.H et al. (ur.).
Bordeaux, 2016. 16-16 (poster,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

13. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Razum, Ivan; Durn, Tatjana; **Brunović, Dea**; Papatheodorou, George; Bakrač, Koraljka; Hajek Tadesse, Valentina; Crmarić, Ranko.

Late Quaternary evolution of lakes and submerged paleo-karst on the Eastern Adriatic // Lake-Basin-Evolution, RCMNS Interim Colloquium 2016, Croatian Geological Society Limnogeology Workshop, Program & Abstracts / Mandić, O. ; Pavelić, D. ; Kovačić, M. ; Sant, K. ; Andrić, N. ; Hrvatović., H. (ur.).
Zagreb, 2016. 17-18 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

14. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hajek Tadesse, Valentina; Hasan, Ozren; Razum, Ivan; Bakrač, Koraljka; Šparica Miko, Martina.

Micropalaeontological and geochemical record of Holocene salt-marsh and marine stages in submerged sinkholes (Osor, Island of Cres) // 5. HRVATSKI GEOLOŠKI KONGRES s međunarodnim sudjelovanjem/5th CROATIAN GEOLOGICAL CONGRESS with international participation Osijek 23.–25.09.2015. Knjiga Sažetaka/Abstracts Book / Marija Horvat & Lara Wacha (ur.).
Zagreb : Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2015. 43-44 (predavanje,domaća recenzija,sažetak).

15. **Brunović, Dea**; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka; Hajek Tadesse, Valentina.

Early Holocene marine drowning of the "karst lake" Pirovac Bay (coast of Dalmatia, Croatia) // Proceedings of the International Congress GeoSUB - Underwater geology, Trieste 2015 / Furlani, Stefano ; Antonioli, Fabrizio ; Anzidei, Marco et al. (ur.).
Trst, 2015. 26-27 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

16. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Šparica Miko, Martina; Bakrač, Koraljka; **Brunović, Dea**.

Holocene palaeo-environmental reconstruction of the Novigradsko more catchment // 5. HRVATSKI GEOLOŠKI KONGRES s međunarodnim sudjelovanjem 5th CROATIAN GEOLOGICAL CONGRESS with international participation Osijek 23.– 25.09.2015. Knjiga Sažetaka Abstracts Book / Marija Horvat & Lara Wacha (ur.).
Zagreb : Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey – Zagreb, 2015. 107-108 (predavanje,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

17. Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Bakrač, Koraljka; **Brunović, Dea**.

Holocene sedimentary record of the environmental changes in Lake Vrana near Biograd (Croatia) // XIX INQUA Congress 2015 in Nagoya, Japan / Izuho, M. ; Tamura, T. ; Kadowaki, S. (ur.).
Nagoya : INQUA, 2015. (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

18. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Papatheodorou, George; Bakrač, Koraljka; Razum, Ivan; Hajek Tadesse, Valentina; Christodoulou, Dimitris; Šparica Miko, Martina; Čućuzović, Helena; Mesić, Saša; **Brunović, Dea**; Iatrou, Margarita.

Submerged Landscapes along the Coast of Croatia: Marine and Lacustrine Sediment Records of Environmental Change (LoLADRIA project) // 5. HRVATSKI GEOLOŠKI KONGRES s međunarodnim sudjelovanjem/5th CROATIAN GEOLOGICAL CONGRESS with international participation Osijek 23.– 25.09.2015. Knjiga Sažetaka/Abstracts Book / Marija Horvat & Lara Wacha (ur.).
Zagreb : Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2015. 179-179 (predavanje,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

19. Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Papatheodorou, George; Razum, Ivan; Bakrač, Koraljka; Hajek Tadesse, Valentina; Christodolou, Dimitris; **Brunović, Dea**; Iatrou, Margarita.

Lost Lake Landscapes of the Eastern Adriatic Shelf (LoLADRIA) // Proceedings of the International Congress GeoSUB - Underwater geology, Trieste 2015 / urlani, Stefano ; Antonioli, Fabrizio ; Anzidei, Marco et al. (ur.).
Trst, 2015. 53-53 (predavanje,međunarodna recenzija,sažetak,znanstveni).

20. Razum, Ivan; Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Hajek Tadesse, Valentina, **Brunović, Dea**; Rohl, Ursula.

Holocene environments of Mljet Island: mineralogy and geochemistry of lake, marine, brackish and terrestrial sediments // 5. HRVATSKI GEOLOŠKI KONGRES s međunarodnim sudjelovanjem/5th CROATIAN GEOLOGICAL CONGRESS with international participation Osijek 23.– 25.09.2015. Knjiga Sažetaka/Abstracts Book / Marija Horvat & Lara Wacha (ur.).
Zagreb : Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2015. 224-225 (predavanje,domaća recenzija,sažetak,znanstveni).

21. Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Ilijanić, Nikolina; Bakrač, Koraljka; **Brunović, Dea**; Hajek Tadesse, Valentina; Razum, Ivan.

Soil erosion and landscape change during the late Holocene in Dalmatia//The 5th Geoarcheological Conference "Late Antiquity and Migration Period in the light of geoarchaeological records from the eastern Mediterranean, eastern Adriatic and adjacent regions", Zagreb.

Poglavlja u knjizi

1. Razum, Ivan; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; **Brunović, Dea**; Šparica Miko, Martina; Rohl, Ursula.

Mljet Island; Palaeolimnological reconstruction of the Veliko Jezero Lake // 44th Annual Congress of the IAH “Groundwater Heritage and Sustainability” The Island of Mljet: excursion guidebook / Marković, Tamara ; Martinjak, Jasminka ; Pomper, Nataša (ur.).
Zagreb : Croatian geological Survey, 2017. Str. 9-12.

2. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Bakrač, Koraljka; **Brunović, Dea**; Šparica Miko, Martina.

Paleoenvironmental reconstruction of Holocene sediments in Novigrad Sea and Karin Sea, // 5 th regional scientific meeting on Quaternary geology dedicated to geohazards and final conference of the LoLADRIA project "Submerged Pleistocene landscapes of the Adriatic Sea" / Marjanac, Lj. (ur.).
Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2017.