

# KASNOPLISTOCENSKI I HOLOCENSKI PALEOOKOLIŠI I GEOMORFOLOGIJA KOLOČEPSKOG KANALA

---

Janeš, Dragana

Doctoral thesis / Doktorski rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:311252>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Dragana Janeš

**KASNOPLEISTOCENSKI I HOLOCENSKI  
PALEOOKOLIŠI I GEOMORFOLOGIJA  
KOLOČEPSKOG KANALA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Geološki odsjek

Dragana Janeš

**KASNOPLLEISTOCENSKI I HOLOCENSKI  
PALEOOKOLIŠI I GEOMORFOLOGIJA  
KOLOČEPSKOG KANALA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Dr. sc. Slobodan Miko

Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

Faculty of Science  
Department of Geology

Dragana Janeš

**LATE PLEISTOCENE AD HOLOCENE  
PALEOENVIRONMENTS AND  
GEOMORPHOLOGY OF KOLOČEP  
CHANNEL**

DOCTORAL THESIS

Mentors:

Ph.D. Slobodan Miko  
Ph.D. Bruno Tomljenović

Zagreb, 2024.

*Ovaj doktorski rad izrađen je u Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu, pod vodstvom dr.sc. Slobodana Mike, znanstvenog savjetnika u Hrvatskom geološkom institutu i prof. dr. sc. Brune Tomljenovića, redovitog profesora Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, u sklopu dokorskog studija geologije Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. 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.*

*Dijelovi dokorskog rada su objavljeni u članku:*

*Šolaja, D., Miko, S., Brunović, D., Ilijanić, N., Hasan, O., Papatheodorou, G., Geraga, M., Durn, T., Christodoulou, D., Razum, I. (2022): Late Quaternary Evolution of a Submerged Karst Basin Influenced by Active Tectonics (Koločep Bay, Croatia) // Journal of Marine Science and Engineering, 10, 7; 881*

## ZAHVALE

*Iskreno se zahvaljujem mentoru dr.sc. Slobodanu Miki na iznimnoj pomoći, velikom trudu, savjetima i vremenu, a najviše na strpljenu kroz sve ove godine koje je uložio kako bi ovaj rad konačno bio i završen. Hvala na pruženoj prilici da sudjelujem u istraživanju ovog tipa.*

*Veliko hvala drugom mentoru prof. dr.sc. Bruni Tomljenoviću na korisnim diskusijama i savjetima te na vremenu koje je posvetio čitanju i ispravljanju rada unatoč kratkom vremenu i mnogobrojnim obvezama.*

*Zahvaljujem se i ocjenjivačima rada izv. prof. dr. sc. Kristini Pikelj, dr. sc. Koraljki Bakrač i dr.sc. Ozrenu Hasanu na svim korisnim komentarima koji su poboljšali disertaciju.*

*Iskreno se zahvaljujem dr.sc. Dei Brunović na svim savjetima, produktivnim idejama i velikoj pomoći u svim situacijama kroz koje sam prolazila prethodnih godina. Hvala joj i za sve trenutke koje smo provele zajedno u geološkom laboratoriju i što je uvijek našla vremena kada mi je pomoć trebala.*

*Iskreno se zahvaljujem dr.sc. Ozrenu Hasanu na svakoj pomoći koju sam trebala u zadnji čas, što je uvijek našao vremena i imao strpljenja kako bi uspjela napraviti sve šta mi je u tom trenu zatrebalo.*

*Veliko hvala dr.sc. Nikolini Ilijanić na nesebičnoj pomoći, savjetima i susretljivosti u svakoj situaciji.*

*Posebno hvala mr.sc. Martini Šparica Miko za izvedena mjerenja na CN analizatoru, Ana-Mariji Heski mag.ing.cheming. za izvedena mjerenja granulometrijske analize, dr.sc. Nikolini Ilijanić za izvedenu analizu mineralnog sastava,, dr.sc. Dei Brunović na mikroskopiranju foraminiferske zajednice, dr.sc. Ivanu Razumu za veliku pomoć u geokemiji i statistici.*

*Velika zahvala dr.sc. Tamari Marković za pružene prilike tijekom mog rada na Hrvatskom geološkom institutu.*

*Posebno hvala zaslužuju Jasminka Martinjak, Hrvoje Burić i Mirela Žic koji su kao kolege i prijatelji bili uz mene kada god je to bilo potrebno bez obzira na situaciju.*

*Hvala izv. prof. dr.sc. Blanki Cvetko Tešović, prof. dr.sc. Damiru Buckoviću i izv. prof. dr.sc. Đurđici Pezelj koji su vodili brigu oko mog studija sve ove godine.*

*Hvala gospođi Mariji Cindro, dipl.iur. na ljubaznom pristupu i svim savjetima koji su mi pomogli u vezi administrativnih pitanja svih ovih godina.*

*Veliko hvala Dejanu za svu pomoć oko geoinformatičkih pitanja izrade rada.*

*I na kraju zahvala mojoj obitelji. Hvala vam što ste bili uz mene sve ove godine, hvala na strpljenju i pomoći oko sitnih ali bitnih stvari kada mi je trebalo i hvala vam što niste puno ispitali u trenucima kada nisam imala baš puno za reći na ovu temu i što ste hrabro izdržali sve ovo skupa samnom.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Doktorski studij geologije

Doktorski rad

**Kasnopleistocenski i holocenski paleookoliši  
i geomorfologija Koločepskog kanala**

**Dragana Janeš**

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

**Sažetak:** Rekonstrukcija paleookoliša u Koločepskom kanalu krajem pleistocena i u holocenu temelji se na interpretaciji akustičnih profila visoke rezolucije u odnosu na globalnu krivulju promjene morske razine tijekom toga vremena. Na akustičnim profilima su interpretirane tri seizmostratigrafske sekvencije, koje su potom podijeljene u devet akustičnih jedinica. Postanak tih jedinica može se povezati s izmjenom morskih i kopnenih taložnih okoliša. Na temelju odredbe starosti metodom AMS  $^{14}\text{C}$  na dva uzorka iz jezgre sedimenta određena je njihova starost od 9 669 Cal BP na dubini od 157-158 cm i starost od 12 170 Cal BP na dubini od 257,5-253,5 cm. Današnje vrulje koje su prisutne na području Doli -Slano su tijekom posljednjeg glacijalnog maksimuma (LGM) bili izvori rijeka koje su u to vrijeme erodirale velike količine prethodno istaloženih sedimenta iz centralnog dijela kanala, a zajedno su tvorile „Olipsku rijeku“. Tektonska aktivnost je imala utjecaj na deformaciju naslaga seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.3 prije LGM-a dok u mlađim naslagama ta aktivnost nije zabilježena. Južni dio Koločepskog kanala je i danas tektonski aktivan što se uočava pojavom strukturnog bloka koji je za 1,5 m izdignut u odnosu na okolno morsko dno.

**Ključne riječi:** kvartar, taložni paleookoliši, Koločepski kanal, sedimenti jezgre, seizmičke metode visoke rezolucije, aktivna tektonika, geokemija

**Rad sadrži:** 238 stranica, 104 slike, 7 tablica, 2 formule, 31 prilog, 200 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.

**Mentori:** Dr. sc. Slobodan Miko, znanstveni savjetnik u trajnom zvanju, Hrvatski geološki institut  
Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović, Rudarsko-geološko-naftni fakultet

**Ocjenjivači:** Izv.prof. dr. sc. Kristina Pikelj, Geološki odsjek, PMF  
Dr. sc. Koraljka Bakrač, viša znanstvena suradnica, Hrvatski geološki institut  
Dr. sc. Ozren Hasan, viši znanstveni suradnik, Hrvatski geološki institut

**Rad prihvaćen:** 05.07.2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

**University of Zagreb**  
**Faculty of Science**  
**Doctoral study in Geology**

**Doctoral Thesis**

**Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments  
and geomorphology of Koločep Channel**

**Dragana Janeš**

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

**Abstract:** The reconstruction of paleoenvironments in the Koločep channel during Late Pleistocene and Holocene is based on interpretation of high-resolution acoustic profiles, as well as the global sea level curve. Three seismostratigraphic sequences were interpreted on the acoustic profiles, which are subdivided into nine acoustic units. The origin of these units can be interpreted as a change of marine and terrestrial environments. Based on the dating of two samples from the sediment core using the AMS  $^{14}\text{C}$  method, ages of 9 669 Cal BP at a depth of 157-158 cm and 12 170 Cal BP at a depth of 257.5-253.5 cm were obtained. Recent "vruljas" (submarine springs) that are present in the area Doli-Slano were once the springs of the rivers that formed the "Olipa river" during the LGM, and thus eroded large amounts of sediment from the central part of the channel. Tectonic activity had an impact on the seismostratigraphic sequence S.S.S.3 while the same activity is not observed in younger deposits. The southern part of the channel is tectonically still active today, as evidenced by a structural block that is uplifted for 1.5 m with respect to the surrounding seabed.

**Keywords:** Quaternary, depositional paleoenvironments, Koločep channel, sea level changes, sediments of core, high-resolution seismic methods, active tectonics, geochemistry

**Thesis contains:** 238 pages, 104 figures, 7 tables, 2 formulas, 31 appendices, 200 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

**Supervisors:** Ph.D. Slobodan Miko, Scientific adviser with tenure, Croatian Geological Survey

Ph.D. Bruno Tomljenović, Full professor tenure, University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

**Referees:** Ph.D. Kristina Pikelj, Associate professor, Department of Geology, Faculty of Science

Ph.D. Koraljka Bakrač, Senior scientific associate, Croatian Geological Survey

Ph.D. Ozren Hasan, Senior scientific associate, Croatian Geological Survey

**Thesis accepted:** 05.07.2024.



## POPIS KRATICA

BP	<i>Before Present</i>	godina prije sadašnjosti kalendarske godine prije
Cal BP	<i>Calendar BP</i>	sadašnjosti (sadašnjost je određena kao 1950. godina)
MIS	<i>Marine Isotope Stage</i>	morski izotopni stadij
LGM	<i>Last Glacial Maximum</i>	posljednji glacijalni maksimum
MWP-1A	<i>Melt Water Pulse 1A</i>	“puls” topljenje ledenjaka (14,2 cal ka BP)
MWP-1B	<i>Melt Water Pulse 1B</i>	“puls” topljenje ledenjaka (11,03 cal ka BP)
XRF	<i>X-ray fluorescence</i>	rendgenska fluorescencijska spektroskopija
XRD	<i>X-ray diffraction</i>	rendgenska difrakcija
MS	<i>Magnetic Susceptibility</i>	magnetski susceptibilitet
AMS	<i>Accelerated Mass Spectrometry</i>	akceleratorska masena spektrometrija
C/N	<i>Carbon to Nitrogen ratio</i>	omjer ugljika i dušika
TOC	<i>Total Organic Carbon</i>	ukupni organski ugljik
TIC	<i>Total Inorganic Carbon</i>	ukupni anorganski ugljik
SEM	<i>Scan Electron Microscope</i>	skenirajući elektronski mikroskop
mbsl	<i>Meters below sea level</i>	metara ispod današnje razine mora

CIE L*a*b*		parametri boje prema međunarodnoj komisiji za osvjetljenje
D <sub>50</sub>	<i>Median</i>	srednja veličina zrna ili medijan
GIS		geografski informacijski sustav
DMR		digitalni model reljefa
SI		sjeveroistok
SZ		sjeverozapad
JI		jugoistok
JZ		jugozapad
S.S.S.1,2,3		seizmostratigrafska sekvenca 1, 2 i 3
MBS	<i>Multibeam echosounder</i>	višesnopni dubinomjer
TWT	<i>Two-way travel time</i>	dvostruko vrijeme puta

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	12
1.1. Hipoteza i ciljevi .....	14
2. TEORIJSKA OSNOVA S PREGLEDOM DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	16
2.1. Podjela kvartara i promjene razine mora .....	16
2.1.1. MIS 2 i MIS 1.....	17
2.2. Geomorfologija morskog dna .....	19
2.3. Geološka interpretacija akustičkih seizmičkih profila visoke rezolucije.....	20
2.4. Prepoznavanje seizmofacijesa .....	22
2.5. Sekvencijske granice i taložne sekvence .....	24
2.6. Pregled geoloških, tektonskih, seizmičkih i geofizičkih istraživanja na području oko Koločepskog kanala .....	26
2.7. Hidrogeološka istraživanja .....	28
2.8. Glacijacija planina Mediteranskog prostora .....	29
2.9. Okoliši i promjena morske razine u Jadranskom moru.....	29
3. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA .....	31
3.1. Geografske i klimatološke značajke .....	31
3.2. Geološke i stratigrafske značajke.....	34
3.3. Strukturno-geološke značajke i tektonski razvoj .....	35
3.4. Seizmotektonske značajke .....	37
3.5. Hidrogeološke značajke .....	39
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	43
4.1. Terenske metode .....	43
4.1.1. Geofizičke akustične metode.....	44
4.1.2. Jezgre sedimenata.....	48
4.2. Laboratorijske analize.....	49
4.2.1. Fotodokumentacija, spektralna analiza boje i mjerenje magnetskog susceptibiliteta .....	49
4.2.2. Određivanje starosti radioaktivnim ugljikom <sup>14</sup> C AMS .....	53
4.2.3. Granulometrijska analiza.....	54
4.2.4. Analiza mineraloškog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD) .....	55
4.2.5. Kemijske analize .....	57
4.2.6. Paleontološke analize .....	60
4.3. Statistička analiza geokemijskih podataka.....	61
4.4. Geografski informacijski sustav (GIS) .....	62
5. REZULTATI.....	63
5.1. Rezultati geofizičkih akustičnih istraživanja .....	63

5.1.1.	Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.1 .....	64
5.1.2.	Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.2 .....	67
5.1.3.	Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.3 .....	70
5.1.4.	Interpretacija profila u južnom dijelu Koločepskog kanala.....	73
5.1.5.	Interpretacija profila u središnjem dijelu Koločepskog kanala .....	80
5.1.6.	Interpretacija profila u Mljetskom kanalu .....	99
5.2.	Rezultati analize jezgre sedimenata KK-1 i KK-2.....	107
5.2.1.	Makroskopski opis jezgre, boja, magnetski susceptibilitet i datiranje .....	107
5.2.2.	Granulometrijska analiza – odredba veličine čestica metodom laserske difrakcije .	111
5.2.3.	Analize organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika.....	115
5.2.4.	Analiza geokemijskog sastava na $\mu$ XRF .....	118
5.2.5.	Analiza mineraloškog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD) ....	122
5.2.6.	Paleontološke analize .....	129
6.	DISKUSIJA.....	131
6.1.	Paleookolišna rekonstrukcija temeljena na analiziranim podacima jezgre sedimenata	132
6.2.	Paleookolišna i geomorfološka rekonstrukcija na temelju promjene razine mora i interpretacije seizmostratigrafskih sekvencija.....	135
6.3.	Strukturna i geološka interpretacija kasnopleistocenskih i holocenskih naslaga u dijelu Koločepskog kanala .....	153
7.	ZAKLJUČAK .....	159
8.	SAŽETAK.....	161
9.	SUMMARY .....	163
10.	LITERATURA.....	165
11.	PRILOZI .....	185
12.	ŽIVOTOPIS .....	233
12.1.	POPIS OBJAVLJENIH RADOVA .....	234

# 1. UVOD

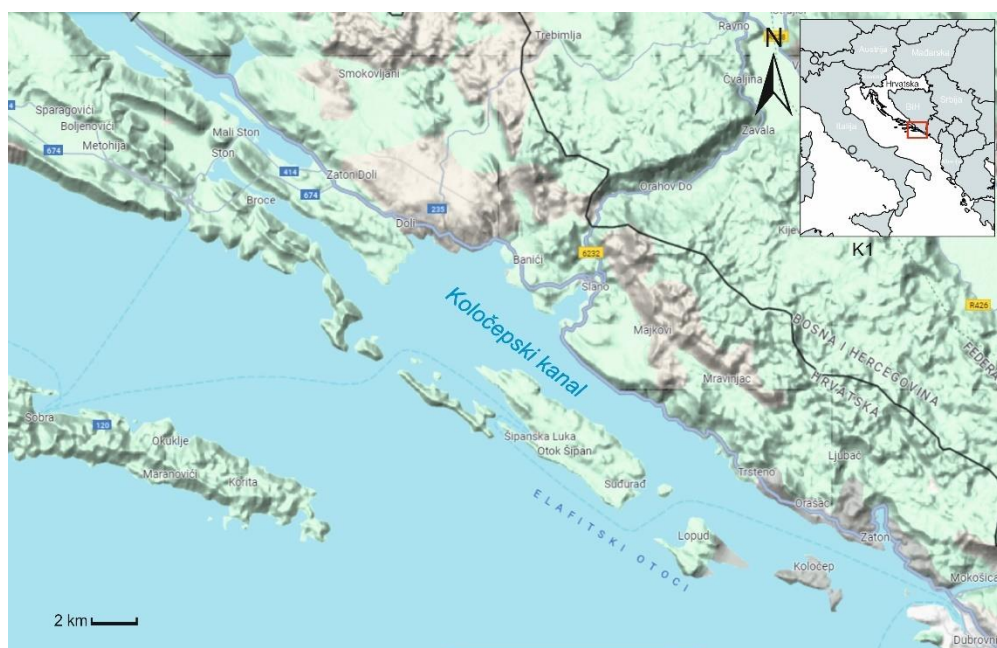
Tijekom kvartara na globalnoj razini je uslijed klimatskih promjena oscilirala razina mora. Istraživanja o promjenama razine mora se najčešće odnose na oscilacije morske razine od posljednjeg glacijalnog maksimuma (LGM) (30 000 – 19 000 cal BP) do danas (Fairbanks, 1989). Promjene razine mora mogu biti eustatske (globalne) i relativne (lokalne). Eustatske promjene morske razine su posljedica stvaranja i topljenja ledenog pokrova (Lambeck et al., 2001). Te promjene se mjere od fiksne točke unutar središta zemlje do morske površine i odnose se na sve oceane, a da bi se mogle precizno izračunati potrebno ih je mjeriti u tektonski stabilnim područjima (Fairbanks, 1989). Za razliku od eustatskih promjena, relativne promjene morske razine su definirane kao promjene morske razine u odnosu na kopno, a čine ih zbroj eustatskih, tektonskih i glacio-hidro-izostatskih čimbenika na određenom području (Lambeck, et al., 2001; Antonioli et al., 2003; Lambeck et al., 2004; Lambeck et al., 2005) te dodatni utjecaj težine i kompaktacije sedimentnog pokrova (Rovere et al., 2016).

Jadransko more je tektonski aktivno područje o čemu svjedoče brojni povijesno i instrumentalno zabilježeni potresi, pa je stoga u tom području jedino moguće rekonstruirati relativne promjene morske razine. Tijekom kvartara dolazi do izmjene glacijala i interglacijala, tj. hladnih i toplih perioda, koji su definirani kao MIS stadiji (*Marine Isotope Stages*), a koji su utvrđeni na temelju omjera kisikovih izotopa ( $\delta^{18}\text{O}$ ) sadržanih u kućicama foraminifera (Emiliani, 1955). Koristeći MIS krivulje mogu se posredno, uz poznavanje starosti sedimenta i njihovih litoloških značajki, definirati paleookolišni uvjeti tijekom pojedinih perioda njihova taloženja. Od LGM-a globalna razina mora se podigla za oko 120-134/5 m (Fairbanks, 1989; Zecchin et al., 2015). Općenito, izolirana krška područja koja danas nalazimo ispod morske površine u svojim naslagama sadrže vrijedne paleoekološke zapise, posebno one o relativnim promjenama morske razine, naročito u slučaju kada su ta područja za vrijeme oscilacija morske razine odvojena pragom prema otvorenom moru (Balascio et al., 2011; Long et al., 2011).

Sa strukturno-geološkog i geomorfološkog gledišta, istočno jadransko obalno područje obilježava pojava brojnih antiklinala i sinklinala od kojih prve tvore otoke i otočne lance, a druge uvale i kanale (Benac, et al., 2008). Istočna jadranska obala je u najvećem dijelu izgrađena od karbonatnih stijena koje su nastale tijekom mezozoika taloženjem na tada prostranoj Jadranskoj karbonatnoj platformi (Vlahović et al., 2005; Prtoljan et al., 2007). Na širem području oko Koločepskog kanala pod utjecajem okršavanja od kraja oligocena do danas

formirani su brojni i različiti krški oblici kao što su špilje, jame, vrtače, krška polja i okršena riječna korita i kanjoni. Također, u priobalju su česte pojave vrulja i estavela. Estavela (franc. *estavelle*) je šupljina u kršu iz koje naizmjenično izvire (vrela/izvor) ili ponire (ponor) voda. Voda izvire u periodu kada su kanali u krškom podzemlju ispunjeni vodom, a ponire kada su kanali prazni, te se najčešće nalaze na rubovima polja u kršu (Monroe, 1970; Hrvatska enciklopedija, 2021). Jedan dio ovih krških oblika je na istočno jadranskom obalnom području i na otocima danas potopljen morem kao posljedica kasnopleistocensko-holocenske transgresije (Surić, 2002).

Koločepski kanal se nalazi u južnoj Dalmaciji između kopna i Elafitskih otoka (Slika 1.1.) i jedan je od mnogobrojnih prirodnih, pomorskih kanala duž istočne obale Jadrana, koji su nastali pri postupnom izdizanju morske razine za vrijeme pleistocena i holocena. Koločepski kanal i njegova šira okolica su tektonski aktivna područja, u kojima su zabilježeni neki od najjačih potresa na području Republike Hrvatske (Govorčin et al., 2020; Kuk et al., 2000; Herak et al., 1996).



*Slika 1.1. Karta s prikazom lokacije istraživanog područja. Izvor: <https://www.google.com/maps>*

U istraživanju morskih okoliša često se primjenjuju geofizičke akustične metode (Çağatay et al., 2009; Gràcia, 2012; Beckers et al., 2015; Gasperini et al., 2020). Na temelju snimljenih geofizičkih profila uz pomoć geološkog dubinomjera (engl. *sub-bottom profiler*) moguće je dobiti podatke o morfologiji i geološkim strukturamaorskog dna. Također, moguće je interpretirati erozijske granice, bore, rasjede, definirati debljine sedimentnih naslaga i vrulje te identificirati stratigrafske dokaze o prošlim i sadašnjim seizmičkim događajima (Gràcia, 2012; Gasperini et al., 2020; Beckers et al., 2015; Micallef et al., 2012; Hasan et al., 2020; Korbar et al., 2020). Istraživanjeorskog dna omogućuje njegovu geomorfološku interpretaciju i rekonstrukciju potopljenih okoliša. Zbog moguće interpretacijske višeznačnosti, korištenjem samo jedne metode istraživanja kao što su geofizičke, ne može se dobiti dovoljan broj informacija za potpunu interpretaciju taložnih okoliša. Zato će se u ovom radu pristupiti istraživanju neporemećenih jezgri sedimenata različitim metodama kao što su geokemijske metode, analiza mineralnog i granulometrijskog sastava, koje se mogu zajedno korelirati te zajedno sa geofizičkim podacima omogućiti potpunu rekonstrukciju razvoja taložnih okoliša unutar sedimentacijskog bazena.

### 1.1. Hipoteza i ciljevi

Glavna hipoteza ovog doktorskog rada je pretpostavka da je Koločepski kanal tijekom kasnog pleistocena i holocena predstavljao taložni bazen unutar kojeg su postojali različiti taložni okoliši (kopneni, brakični i marinski) ovisni o promjeni globalne morske razine i istovremenoj tektonskoj aktivnosti u tom području. Drugim riječima, pretpostavlja se da su Elafitski otoci povremeno činili prirodnu barijeru između mora i kopna u zaleđu, naročito za vrijeme kada je morska razina bila niža od 50 m u odnosu na današnju. Elafiti su tada mogli utjecati na postanak i razvoj taložnih okoliša tipičnih za polja u krškim područjima, a koje je moguće rekonstruirati uz pomoć analize sedimenata sačuvanih ispod današnjegorskog dna u Koločepskom kanalu. Nadalje, pretpostavljeno je da su prodiranjem mora prije otprilike 11 ka BP, nakon do tada kopnenih uvjeta taloženja u tom kanalu, započeli marinski uvjeti taloženja koji su prisutni i danas. Da bi se provjerila postavljena hipoteza, u okviru ove disertacije provedena su interdisciplinarna geološka, geomorfološka i geofizička istraživanja, a njihovi rezultati prikazani su u narednim poglavljima ovoga rada.

Cilj ovog doktorskog rada je interpretirati seizmičke profile i utvrditi akustične jedinice sedimenata, njihove granice, erozijske površine, tektonske elemente i tektonsku aktivnost tijekom kasnog kvartara.

Na temelju postignutih rezultata provedenog interdisciplinarnog istraživanja, dobiveni su novi dokazi o promjeni relativne morske razine tijekom kasnog pleistocena i holocena u Koločepskom kanalu. Nadalje, definirani su i uvjeti taloženja tijekom navedenog razdoblja, a na temelju dobivenih rezultata načinjena je i paleookolišna rekonstrukcija u Koločepskom kanalu.

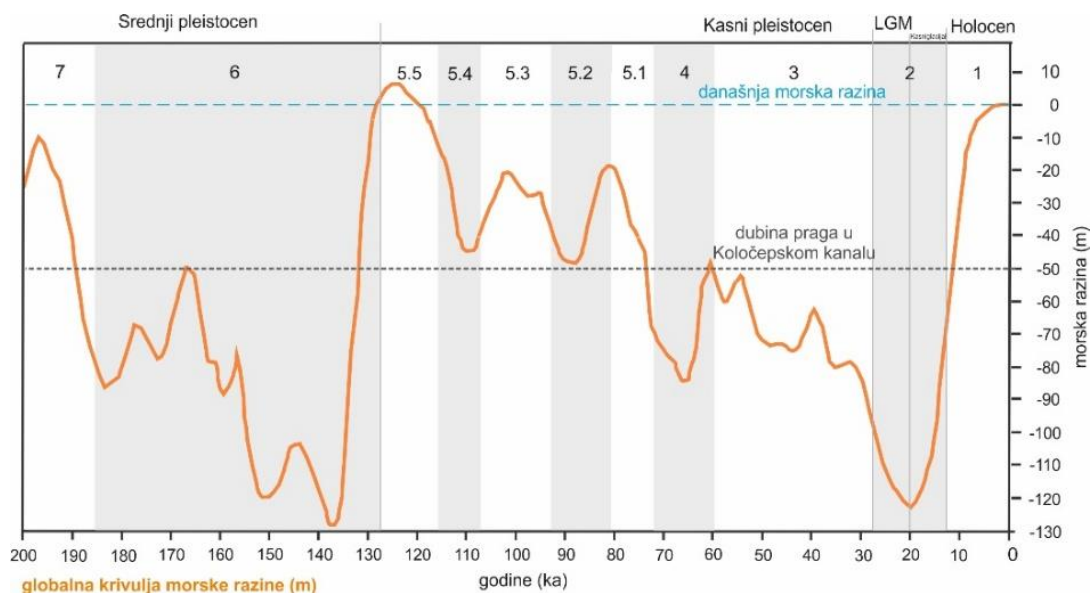
U ovom radu je prvi put na temelju podataka neporemećenih jezgri sedimenata u kombinaciji s podacima seizmičke refleksije visoke razlučivosti prikazana paleookolišna rekonstrukcija Koločepskog kanala tijekom kasnog pleistocena i holocena. Očekuje se da će rezultati ovoga rada pridonijeti boljem razumijevanju razvoja taložnih uvjeta i okoliša istraživanog područja od kraja pleistocena do danas te će i poslužiti za korelaciju i rekonstrukciju taložnih uvjeta i okoliša u drugim dijelovima Jadranskog mora kao i u široj regiji.



## 2. TEORIJSKA OSNOVA S PREGLEDOM DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Podjela kvartara i promjene razine mora

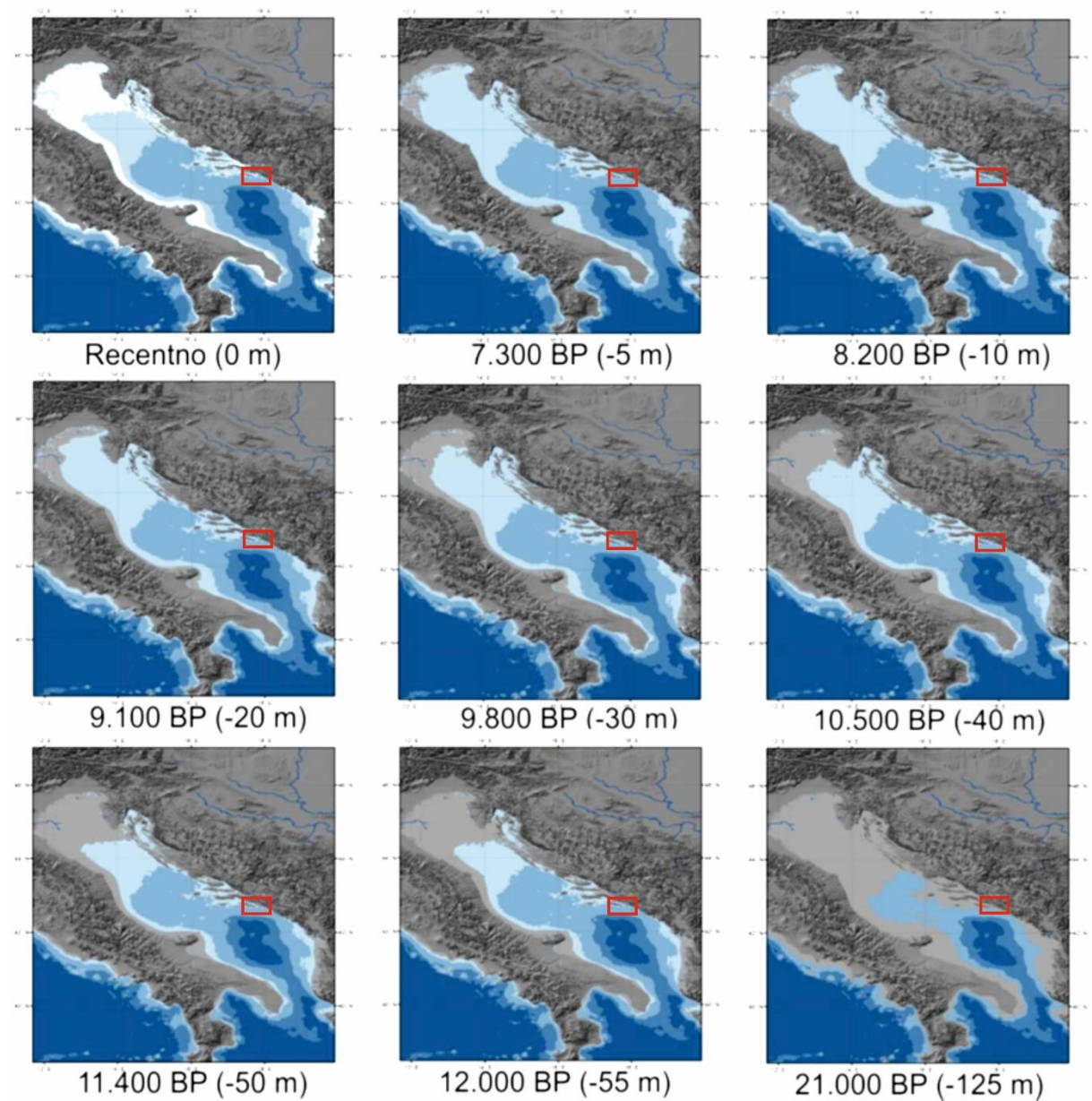
Kvartar (prema lat. *quartus* - četvrti) je posljednje geološki period u kenozoiku koji je započeo prije oko 2,58 milijuna godina. Dijeli se na epohe pleistocen (započeo pred 2,58 milijuna godina i trajao do pred 11.700 tisuća godina) i holocen (započeo pred 11.700 i traje do danas). Kvartar je geološko razdoblje u kojem je došlo do značajnih klimatskih promjena. Tijekom kvartara dolazi do izmjene glacijala i interglacijala, tj. hladnih i toplih perioda, koji su definirani kao MIS stadiji (*Marine Isotope Stages*), a koji su utvrđeni na temelju omjera kisikovih izotopa ( $\delta^{18}\text{O}$ ) sadržanih u kalcitnim kućicama foraminifera (Emiliani, 1955; Shackleton & Opdyke, 1972; Imbrie et al., 1984; Waelbroeck et al., 2002). MIS stadiji predstavljaju kronološki zapis izmjene glacijala i interglacijala, gdje se parnim brojevima označavaju glacijali, a neparni interglacijali. Unutar svakog stadija, postojeći podstadiji su označeni slovnim oznakama ili brojevima. U ovom radu za interpretaciju obuhvaćen je period MIS 2 (24 – 11 ka BP), MIS 1 (11 ka BP – danas) i posljednji glacijalni maksimum (LGM) koji je trajao od 30 – 19 ka BP (Slika 2.1.)



Slika 2.1. Globalna krivulja morske razine s prikazanim MIS stadijima i dubinom praga u Koločepskom kanalu (modificirano prema Benjamin et al., 2017).

### 2.1.1. MIS 2 i MIS 1

MIS 2 koji se naziva i LGM, započinje prije 30 ka BP i traje do oko 19 ka BP. Za vrijeme LGM-a razina mora u Jadranskom moru je bila  $121 \pm 5$  m niža u odnosu na današnju (Slika 2.2) (Fairbanks, 1989; Becker et al., 2009; Deckker et al., 2019) te se smatra da je ledenjački pokrov u Europi tada dosegao svoj maksimum. Za razliku od istraživanja koja su opisali Fairbanks (1989), Deckker et al. (2019), Lambeck et al. (2014) u svom istraživanju navode da je razina bila do 134 m niža od današnje. Nakon LGM-a deglacijacija je dovela do naglog porasta morske razine. Fairbanks (1989), Clark et al. (2002), Lambeck et al. (2014) i Zecchini et al. (2015) izdvajaju dva nagla porasta morske razine MWP-1A (engl. *meltwater pulse*) (oko 14,5 – 14,0 ka BP) tijekom toplog Bølling–Allerød razdoblja i MWP-1B (oko 11,5 – 8 ka BP) koji je započeo na završetku mlađeg drijasa (engl. *Younger Dryas*). No, u svom istraživanju Lambeck et al. (2014) ističu kako nema dokaza za postojanje MWP-1B prije 11,3 ka BP. Nakon MWP perioda otapanje je bilo brzo i neujednačenog intenziteta sve do prije 7 ka BP kada su oceani dosegli današnji volumen (Lambeck & Chappell, 2001). Prema instrumentalnim zapisima za vrijeme 20. stoljeća globalna razina mora je rasla oko  $1,7 \pm 0,3$  mm/god (Church & White, 2006).



*Slika 2.2. Prikaz promjene morske razine u Jadranskom moru od LGM-a do danas. Razina mora u odnosu na današnju je prikazana u zagradama (preuzeto iz Hasan, 2017). Crvenim okvirom je označeno područje Koločepskog kanala.*

## 2.2. Geomorfologija morskog dna

Geomorfologija je znanstvena disciplina koja se bavi znanstveni pristup proučavanjem reljefa morskog dna i njegovih promjena, te njihovog odnosa s geološkom podlogom. Geomorfologija nam daje informacije o reljefu područja, geologiji i procesima koji su djelovali tijekom Zemljine prošlosti, a djeluju i danas (Harris & Baker 2019). Geomorfološke značajke morskog dna formiraju se unutar morskog okoliša djelovanjem složenih hidrodinamičkih procesa i geološke podloge, tj. naslaga razvijenih u promjenjivim prostorima kroz određeno vremensko razdoblje (Camerlenghi, 2018). Glavni utjecaj na morfologiju nekog područja ima tektonika, promjena globalne razine mora, glacijacije, brzina i vrsta donosa sedimenata te energija koja je potrebna za njihovu eroziju (Harris & MacMillan-Lawler, 2016). U prošlosti, pri niskim razinama mora obale bi bile bliže rubu šelfa. Rijeke koje su tekle preko njih stvarale su doline koje su zasijecale podlogu preko koje su tekle. Tijekom postglacijalne transgresije u kombinaciji s donosom sedimentnog materijala i utjecajem strujanja morske vode, u doline su se istaložili različiti sedimenti (Harris et al., 2005). Može se reći da su današnja morfologija morskog dna, sedimentološke karakteristike i staništa koja se nalaze na dnu posljedica kombinacije geološke građe i uvjeta u okolišima koji su vladali za vrijeme niske razine mora i uvjeta u okolišima koji djeluju danas.

Relativno plitki kontinentski šelf je pod značajnim utjecajem valova i plimnih struja na kojemu se talože nasalge nekonsolidiranih sedimenata (Hashemi et al., 2015; King et al., 2021; Nanson et al., 2022). Erozijski događaji koji su posljedica promjene uvjeta u okolišu razvijaju se tijekom dužih vremenskih razdoblja. Jedan od erozijskih oblika su podmorski kanali koji se mogu formirati na kontinentskim šelfovima i padinama, kao i na dubljim dijelovima morskog dna (Peakall et al., 2000; Nanson et al., 2022). Podmorski kanali i kanjoni predmet su značajnih istraživanja zbog svoje uloge u dopremanju sedimenta u duboke morske predjele te za uspostavljanje ekosustava tog područja. Kanali i kanjoni nastaju kombinacijom turbiditnih struja, masivnih odrona, ali također mogu imati veze i s kopnenim riječnim sustavima (Amaro et al., 2016; Amblas et al., 2018; Harris i Whiteway, 2011; Puig et al., 2014; Nanson et al., 2022).

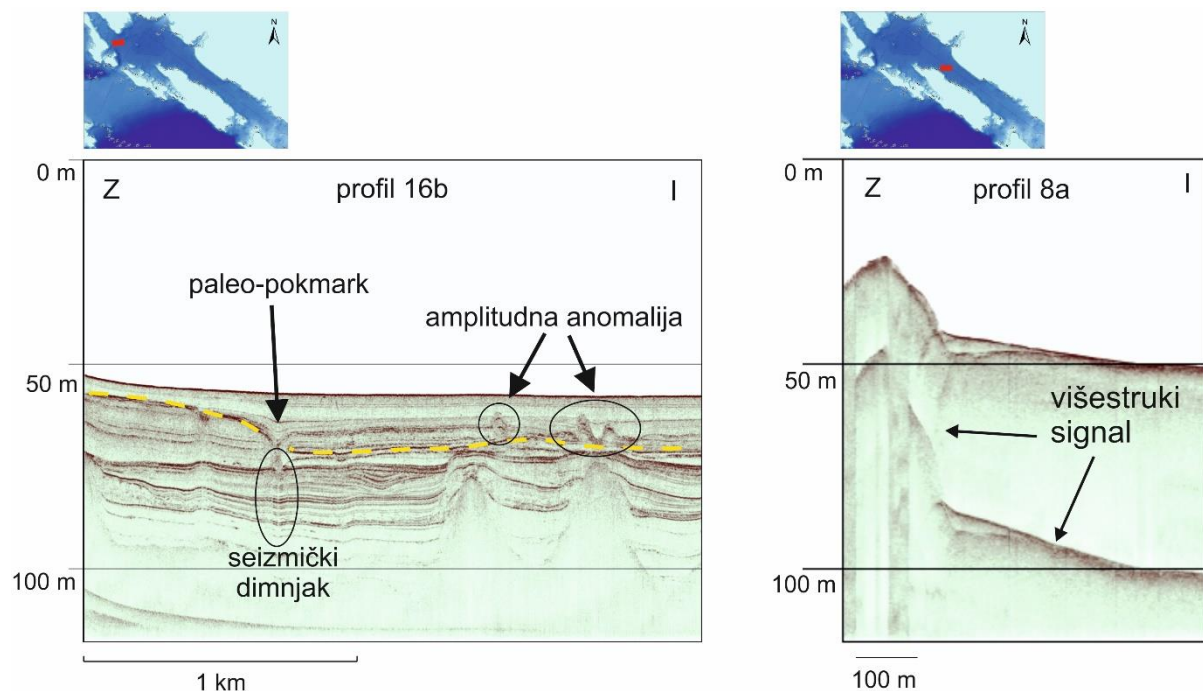
Česte promjene razine mora koje su se događale tijekom kvartara dovele su do potapanja krajolika. Ovu ideju podupire nekoliko istraživanja koje sugeriraju prisutnost potopljenih krških predjela u mnogim obalnim područjima diljem svijeta (Kan et al., 2015; Taviani et al., 2012; Nanson et al., 2022). Na opisivanje podmorskih oblika potopljenog krškog reljefa lako bi se

mogla primijeniti krška kopnena terminologija, iako i dalje postoji određena nesigurnost u njenoj primjeni (Taviani, 1984; Kan et al., 2015; Nanson et al., 2022). Među čestim potopljenim geomorfološkim oblicima pronalaze se morski pragovi (engl. *sills*). Prag je uzdignuće na morskom dnu relativno male dubine koje može biti svojevrsna prepreka koja ograničava kretanje vode između dva bazena (IHO, 2008). Pragovi su od velike značajke za oceanografiju i biogeografiju (Harris & Baker 2020). U oceanografskom smislu, pragovi odvajaju bazene koji mogu sadržavati vodene mase različitih svojstava, dok u biogeografskom smislu stvaraju prepreku za vrste koje se nalaze u odvojenim bazenima. Interesantan primjer praga je Gibraltarski prag, gdje oceansku cirkulaciju karakterizira dvoslojni sustav kojeg čine površinski tok atlantske vode prema istoku i duboki odljev slane vode iz Sredozemlja prema zapadu na dubini od oko -300 m. U Koločepskom kanalu se pretpostavlja da je prag između otoka Jakljana i Šipana imao znatan utjecaj na sedimentaciju unutar kanala.

### 2.3. Geološka interpretacija akustičkih seizmičkih profila visoke rezolucije

Seizmička istraživanja su već odavno rutinski istraživački postupci, kako u istraživanju nafte tako i u istraživanju geološke građe podzemlja. Osnove akustičke seizmike temelje se na zakonitostima kao što su vrsta valova, akustična impedancija, apsorpcija, refleksija vala i refrakcija vala. Metode istraživanja se dijele na refleksijske i refrakcijske. Refrakcijska metoda se temelji na bilježenju akustičkih valova koji su neko vrijeme bočno putovali kroz stijene u podzemlju prije nego su se vratili na površinu, a refleksijska metoda na bilježenju akustičkih valova koji su odbijeni od naslaga pod površinom. Refrakcijske brzine pomažu u identifikaciji pojedinih reflektora, naročito tamo gdje je seizmički zapis loše kvalitete, npr. u području krša ili vulkanskih stijena na površini. U slijedu uslojenih naslaga dolazi do refleksije seizmičkog vala na litološkoj granici, pa se takvi valovi nazivaju seizmički reflektori (Sheriff & Geldart, 1995). Zapisi tj. refleksi na seizmičkim profilima potječu od razlika u akustičnim impedancijama koje su posljedica geološke građe podzemlja, odnosno razlika u litologiji i fluidima u porama, te su nastali kontrasti povezani s naslagama koje predstavljaju geološke strukture (Sheriff & Geldart, 1995). Geološka interpretacija seizmičkih profila prikazuje interpretirane tektonske i stratigrafske elemente, kao i prostorni raspored seizmofacijesa, što uključuje definiranje sekvencijalno-stratigrafskih granica i opisivanje pojedinih sekvencijskih jedinica. U interpretaciji je važno prepoznati pojave koje nisu vezane uz realnu geološku građu. To mogu biti višestruki signali (engl. *multiples*) (Slika 2.3), difrakcije, amplitudne anomalije

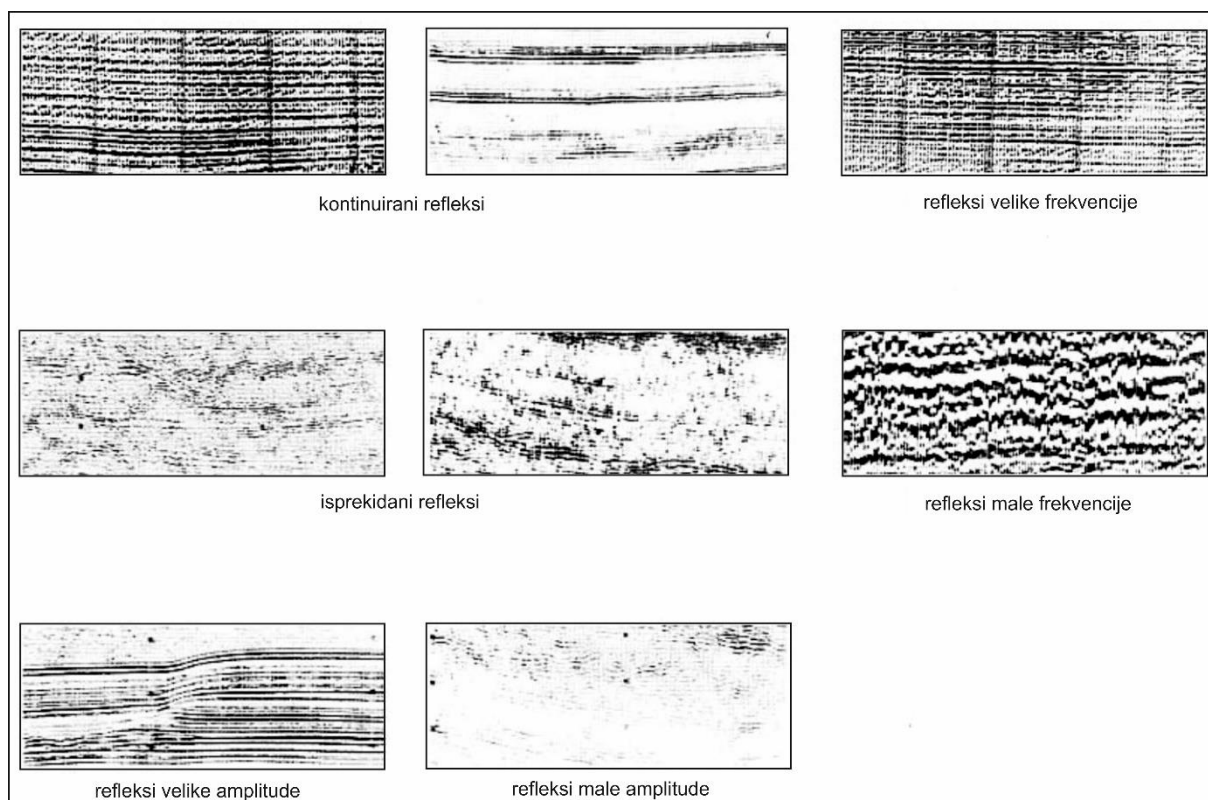
itd. (Badley, 1985; Stoker et al., 1997). Pojava amplitudne anomalije može se povezati sa sedimentima u kojima su smještene relativno male i prostorno ograničene pojave fluida koje se uočavaju na profilima u obliku hiperbola (Slika 2.3) (Kim et al., 2008). Višestruki signali se stvaraju kada se signal koji se reflektirao od morskog dna ponovno reflektira do morske površine i zatim ponovno prema dolje do dna te tako stvara lažni odlazni signal. Razlog tome je ponašanje morske površine kao izvrsnog reflektora zbog velike razlike u akustičnoj impedanciji između zraka i vode, te se zbog toga većina energije koja se reflektira proizvodi sekundarni zakašnjeni signal (Stoker et al., 1997). Moguće su i pojave seizmičkih dimnjaka (engl. *seismic chimney*) koji se tumače kao putevi protoka fluida (plin, voda, ugljikovodici). Dimnjaci se odražavaju na profilima kao cjevaste strukture akustičke zamućenosti koja nastaje zbog prigušenja akustične energije plinom koji se nalazi u prostoru te tako uzrokuje kaotične reflekske (Micallef et al., 2019). Vezano za seizmički dimnjak na morskome se dnu pojavljuje depresija kroz koju plinovi istječu na površinu i koju nazivamo pokmark (engl. *pockmark*) (Slika 2.3) (Micallef et al., 2019). Tamo gdje je vodeni stupac manji od nekoliko desetaka metara, istjecanje plina može doprijeti i do površine mora (Micallef et al., 2019).



Slika 2.3. Primjer pojave amplitudne anomalije, paleo-pokmarka, seizmičkog dimnjaka i višestrukog signala na profilu snimljenom geološkim dubinomjerom u Koločepskom kanalu.

## 2.4. Prepoznavanje seizmofacijesa

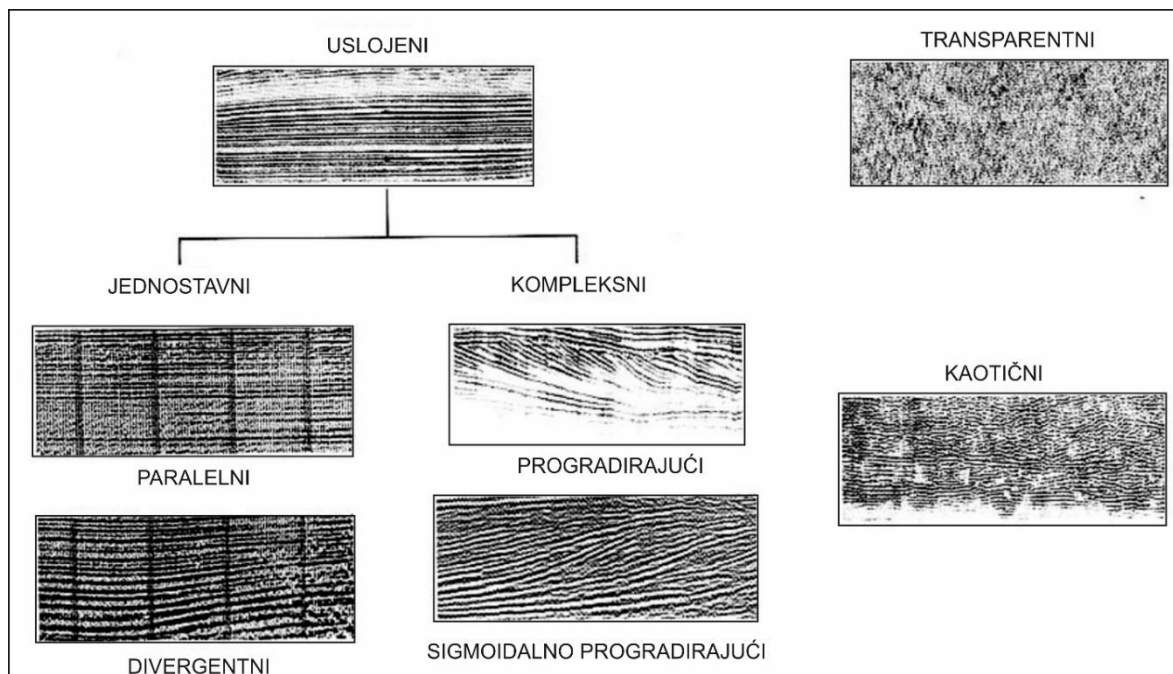
Radi lakšeg prepoznavanja, seizmofacijese izdvajamo u tzv. pakete refleksa koji imaju zajednički karakter, a koji obuhvaća osnovni oblik seizmičkog tijela ili svojstva refleksa u ovisnosti o amplitudi, frekvenciji i kontinuitetu refleksa (Sangree & Widmier, 1979). Na Slici 2.4 su prikazane različite vrste refleksa koji se razlikuju prema kontinuitetu, amplitudi i frekvenciji. Karakteristični uzorci refleksa odlikuju se svojom specifičnom konfiguracijom i završecima na granicama jedinice seizmičkog facijesa, iz čega se mogu dobiti značajne informacije o procesima transporta i okolišu taloženja (Sangree & Widmier, 1979).



Slika 2.4. Različite vrste refleksa koji se razlikuju prema kontinuitetu, amplitudi i frekvenciji (preuzeto iz Sangree & Widmier, 1979).

Po unutrašnjem uređenju razlikuju se uslojeni (engl. *stratified*), transparentni i kaotični refleksi (Slika 2.5). Uslojene dijelimo na jednostavne ili kompleksne. Jednostavni paralelni (engl. *parallel*) refleksi se najčešće javljaju u obliku pokrova ili ispuna depresija, te se interpretiraju kao odraz jednolikog taloženja na šelfu koji je bio izložen jednolikoj subsidenciji ili taloženju na bazenskoj ravnicima. Jednostavni paralelni refleksi karakterizirani su refleksima velike amplitude koji su odijeljeni malim amplitudama (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007). Jednostavni divergentni (engl. *divergent*) refleksi karakterizirani su lateralnom širinom,

što ukazuje na jaču supsidenciju uz listrički rasjed ili promjenu brzine taloženja (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007). Kompleksni progradirajući (engl. *oblique*) refleksi nastaju uslijed lateralne progradacije facijesa. Odlikuju se koso nagnutim refleksima koje nazivamo klinoforme, a koje mogu biti posljedica brzine taloženja i donosa detritusa, razlika u dubini vode i razlike u taložnom okolišu tj. raspoloživom akomodacijskom prostoru (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007). Kompleksni sigmoidalni progradirajući (engl. *sigmoid*) refleksi odlikuju se tankim gornjim i donjim dijelovima koji su blaže nagnuti od središnjeg debljeg dijela. Oni ukazuju na agradaciju koja prati progradaciju povezanu sa sporim porastom akomodacijskog prostora kojeg kompenzira jak donos materijala i taloženje (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007). Kaotični refleksi (engl. *chaotic*) karakterizirani su neuređenim i diskontinuiranim refleksima koji se tumače kao naslage kojima je unutrašnja građa neorganizirana ili uništena postdepozicijski (npr. klizanjem). Refleksi su tipični za grebene, klizišta, oliostorme i dijapire (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007). Transparentne zone (engl. *reflection-free*) su zone bez unutarnjih refleksa, prividno homogene i jako poremećene. Tipične su za intruzive, solne dijapire, karbonatne grebene i debele šejlove (Sangree & Widmier, 1979; Veeken, 2007).



Slika 2.5. Osnovni karakteristični seizmofacijesi prema unutrašnjem uređenju (preuzeto iz Sangree & Widmier, 1979).

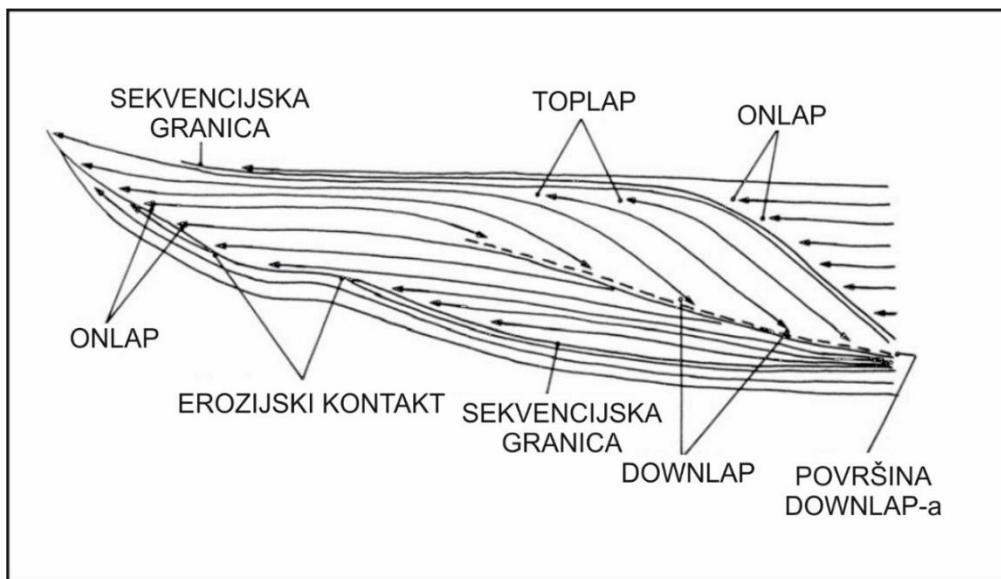


## 2.5. Sekvencijske granice i taložne sekvence

Sekvencijske granice su granice koje dijele jedan sloj od drugog te su karakterizirane erozijskom površinom (Plummer et al., 2015; Gobo & Bucković, 2023). Taložne sekvence predstavljaju osnovni gradivni element seizmičke stratigrafije nekog područja te su definirane kao relativno konkordantni slijed genetski srodnih slojeva ograničen diskordancijama i njima korelativnim konkordancijama (Mitchum et al., 1977; Stoker et al., 1997), tj. slijed naslaga taložnog prostora čija je podina i krovina ograničena sekvencijskim granicama. Diskordancija je ona površina na kojoj se može naći dokaz erozije ili kopnene faze s indikacijama značajnog hijatusa. Suprotno tome, konkordancija je površina koja odvaja mlađe od starijih slojeva i duž koje nema dokaza erozije (kopnene ni morske), netaloženja i nema indikacija značajnog hijatusa (Mitchum et al., 1977). S relativnom promjenom morske razine mijenjat će se akomodacijski prostor koji predstavlja prostor raspoloživ za akumulaciju sedimenata.

Diskordantni taložni nizovi predstavljaju važan dio prilikom nastajanja taložne sekvence. Među najčešćim tipovima kontakata u taložnoj sekvenciji razlikujemo: prekrivanje (engl. *toplap*) – završetak slojeva na gornjoj površini ili gornjoj granici; erozijski kontakt (odsijecanje) (engl. *erosional truncation*) – završetak slojeva zbog erozije, nalijeganje (engl. *onlap*) – završetak slojeva na površinama s većim nagibom od krovinskih slojeva; zalijeganje (engl. *downlap*) – završetak slojeva na površinama koje imaju manji nagib od krovinskih slojeva, te konkordanciju kao donju granicu seizmičkog facijesa (Mitchum et al., 1977) (Slika 2.6). Prekrivanje ili prekrilni kontakt (*toplap*) predstavlja završetak slojeva duž diskordancije koja je posljedica post-depozicijske erozije. U rubnim morskim taložnim okolišima *toplap* predstavlja promjenu od taloženja na padinama do ne-morskih plitkomorskih zaljeva ili čak i eroziju. U dubokomorskim taložnim sustavima *toplap* može predstavljati i erozijsku površinu (Emery & Myers, 1999). Nalijeganje (*onlap*) označava nalijeganje mlađih horizontalnih naslaga na kosu podinsku graničnu plohu. On može biti marinski ili obalni. Marinski odražava promjenu u podmorskom facijesu u načinu taloženja od područja visoke energije do područja niske energije. Seizmička površina marinskog *onlapa* predstavlja hijatus ili tanke slojeve istaložene tijekom dugog vremenskog intervala. Marinski *onlap* se ne može koristiti kao pokazatelj promjene morske razine, jer gornja granica nije povezana direktno s promjenom morske razine. Obalni *onlap* predstavlja naslage koje se talože blizu morske razine i one ukazuju na promjene morske razine (Vail et al., 1977). Tako su progradacijske naslage rezultat izdizanja morske razine, dok regradacijske naslage ukazuju na spuštanje morske razine. Nije pravilo da se obalni

*onlap* pojavljuje isključivo uz obalu (Emery & Myers, 1999). Zalijeganje (*downlap*) predstavlja odnos među slojevima gdje primarno nagnuti slojevi zaliježu na primarno horizontalnu ili kosu površinu. Najčešće se *downlap* nalazi u bazi progradirajućih klinoforni te predstavlja progradaciju naslaga u dublje dijelove mora ili jezera. Lako se mogu zamijeniti s *onlapom* koji je rotiran pod utjecajem tektonike (Emery & Myers, 1999). Erozijski kontakt predstavlja nagli prekid kontinuiteta refleksa u podini, gdje su naslage u krovini erozijske granice nastale u drugačijem okolišu. Unutar erozijske granice može se razviti *toplap*, no erozijska granica je značajnija te može dovesti do razvoja erozijskog grebena ili kutne diskordancije. Erozijska površina može biti marinska u obliku baze nekog kanjona, kanala ili ne marinska površina razvijena na sekvencijskog granici (Emery & Myers, 1999). Taložne sekvencije su obično povezane s cikličkim rasporedom facijesa, koji su nastali kao posljedica promjene relativne morske razine ili lokalne promjene u izvoru taložnog okoliša koji se mogu uočiti na seizmičkim profilima (Vail et al., 1977).



Slika 2.6. Tipovi kontakata u taložnim sekvencama (modificirano prema Stoker et al., 1997).

## 2.6. Pregled geoloških, tektonskih, seizmičkih i geofizičkih istraživanja na području oko Koločepskog kanala

Jedno od opsegom većih geoloških istraživanja na okolnom području Koločepskog kanala izvode se pri izradi Osnovne geološke karte SFR Jugoslavije u mjerilu 1:100.000. Istraživano područje obuhvaćaju listovi: Trebinje (Natević & Petrović, 1964-1965), Dubrovnik (Marković et al., 1971) i Ston (Raić et al., 1980), s pripadajućim tumačima karte.

Herak et al. (1996) u hrvatskom katalogu potresa koji je ažuriran 2019. godine, navode seizmičke događaje magnitude  $M \geq 4.0$  i koji su se dogodili kroz istraživan period od 1908.-1992. Katalog se redovito ažurira i dobar je izvor informacija te daje uvid u podatke potresa koji omogućuju upoznavanje s pouzdano lociranim događajima i njima povezanim referencama. Markušić & Herak (1998) u svom radu dijele Hrvatsku na nekoliko seizmičkih zona s procjenom tog hazarda koristeći sve dostupne seizmološke, geološke i geofizičke podatke. Na temelju dostupnih informacija najveću seizmičku aktivnost pripisuju II dijelu Hrvatske. Visoka seizmička aktivnost i opasnost od hazarda je u SZ Hrvatskoj, dok je najniža aktivnost u Panonskoj nizini, Istri i Velebitsko-ličkom području. O aktivnoj tektonici i deformacijama na području Jadranske regije u svom radu pišu Anderson & Jackson (1987) gdje istražuju plitke seizmičke događaje (plići od 50 km) koji su većim dijelom koncentrirani na kopnenom dijelu područja (samo nekoliko jačih potresa se dogodilo u Jadranskom moru) a utječu na deformacije Jadranskog bloka. Istraživanjem su prikazali da se jadranska regija odvojila od Afričkog kontinenta pri čemu sama granica nije okarakterizirana intenzivnom seizmičkom aktivnošću, već se seizmički aktivna granica može locirati u južnom dijelu Jadranskog mora u blizini Otrantskih vrata (Italija). Kuk et al. (2000) opisuju seizmotektonski aktivne zone duž Dinarida, koje dijele na sjevernu, središnju i južnu seizmotektonski aktivnu zonu na temelju učestalosti i koncentracije potresa i njihovih žarišta. Područje Koločepskog kanala spada u južnu zonu gdje najveća koncentracija potresa obuhvaća područje 20-30 km širine s promjenjivim kutom nagiba od 30°-60°. Potresi se pojavljuju na dubinama manjim od 30 km i to u zoni koja je vezana za rasjed Ploče – Dubrovnik – Bari.

Prtoljan et al. (2007) daju pregled tektonostratigrafskih jedinica Jadranske karbonatne platforme unutar Alpsko-Mediterranske regije navodeći da je ovo područje integrirano u Alpski orogenetski pojas i kolizijsku zonu Afričke i Europske ploče. Platforma je bila pod značajnim utjecajem sinsedimentacijske tektonike tijekom gornje krede. Sinsedimentacija se odvijala u 5 faza: ekstenzija tijekom cenomana, kompresija tijekom santonija-kampana (SI-JZ), kompresija

tijekom mastrihta (SI-JZ), kompresija tijekom eocena-oligocena (SI-JZ), dok su krajem miocena i početkom pliocena započeli također kompresijski deformacijski procesi (S-J) koji traju i danas. Markušić (2008) daje pregled najvažnijih i destruktivnih potresa na području Hrvatske od povijesnog razdoblja do 2008. godine. Među njima je i Stonski potres 1996. godine magnitude M 6.0 koji je uništio tri okolna sela i uzrokovao teška oštećenja u brojnim gradovima južne Dalmacije.

Milanović (2006) u svojoj knjizi daje opsežan hidrološki, hidrogeološki, geomorfološki pregled krša istočne Hercegovine i Dubrovačkog priobalja. Prikazao je generalne karakteristike krša istočne Hercegovine i Dubrovačkog priobalja s osnovnim podacima i problemima vezanim uz krš u tijeku izgradnje brojnih objekata kao što su brane, tuneli i akumulacijska jezera. U svojoj knjizi Šundov (2012) daje opsežan pregled geomorfoloških karakteristika područja Konavala, Dubrovačkog primorja, Elafita i Pelješca korištenjem različitih metoda istraživanja koje su uključivale terenski rad i upotrebu geografsko informacijskog sustava. Krklec et al. (2015) u svom radu opisuju 6 krških polja na otoku Visu čiji je postanak predisponiran tektonskim strukturama i utjecajem neotektonskih pokreta. S obzirom da polja danas nisu hidrološki aktivna, smatraju se paleo-poljima ili strukturnim poljima (Ford & Williams 2007).

Del Bianco (2014) u doktorskoj disertaciji na području Crne Gore i sjeverne Albanije provodi istraživanje prirodnih procesa koji su utjecali na geološku evoluciju istraživanog prostora tijekom mlađeg kvartara, koristeći kombinaciju podataka snimljenih višesnopnim sonarom i seizmičkih refleksijskih profila visoke rezolucije. Hasan (2017) u doktorskoj disertaciji prikazuje paleookolišnu rekonstrukciju slivova Karinskoga mora, Novigradskoga mora i Velebitskoga kanala tijekom holocena na temelju geofizičkih profila i izbušenih sedimentnih jezgri. Razum (2018) je u doktorskoj disertaciji na sedimentnim jezgrama uzorkovanim na sjevernom dijelu otoka Mljeta izradio kasnopleistocensku i holocensku paleookolišnu i paleoklimatsku rekonstrukciju temeljem tefrokronologije, mineraloških, kemijskih i strukturnih obilježja sedimenta. Brunović (2019) u doktorskoj disertaciji interpretira taložni sustav Lošinjskoga kanala tijekom mlađeg kvartara multidisciplinarnim pristupom koristeći geokemijske, granulometrijske, mineraloške i mikropaleontološke metode na jezgrama sedimenata izbušenih u depresijama u kršu te je rezultate analize jezgara sedimenata upotpunila s podacima seizmičke refleksije visoke rezolucije. Ronchi et al. (2019) kroz analizu seizmičkih akustičkih profila visoke rezolucije istražuju rijetko sačuvane plimne ravnice koje su formirane početkom holocena u sjevernom Jadranu, s detaljnom rekonstrukcijom morfologije dijela sjevernog Jadrana. Navedeno istraživanje može poslužiti kao referentno za

druge slične transgresivne okoliše u Jadranskom moru, kao i u drugim područjima gdje šelf ima niski gradijent.

Hasan et al. (2020) u svom radu za interpretaciju geomorfologije Novigradskog i Karinskog mora u odnosu na podizanje morske razine tijekom holocena upotrebljavaju seizmičke profile visoke rezolucije i podatke dobivene snimanjem višesnog dubinomjerom.

Babić et al. (2013) i Razum et al. (2021) u svom radu objašnjavaju izvorišta istaloženog eolskog pijeska na južnom dijelu Jadranskog mora tijekom mlađeg pleistocena koji su istaloženi na okršenoj karbonatnoj podlozi marinskim i eolskim transportom, gdje potom Razum et al. (2021) stavljaju naglasak na istraživanje porijekla sedimenata na temelju geokemijske analize i analize teških minerala. Rezultati su pokazali da je izvor naslaga eolskih pijesaka pronađenih na otoku Korčuli, Mljetu i Lastovu s područja albansko – crnogorskog šelfa.

## 2.7. Hidrogeološka istraživanja

Buljan (1998) u svojoj disertaciji određuje odnose unutar recentnog strukturnog sklopa za odredbu dotoka podzemne vode iz unutrašnjosti do zone izviranja na rijeci Omblu kraj Dubrovnika. Vranješ et al. (2000) na temelju ponora u Popovom polju (BiH) na zapadnoj strani rijeke Trebišnjice (BiH) definiraju tokove podzemnih voda koji su povezani s obalnim izvorima i vruljama u Južnom hrvatskom primorju. Slivovi i vodni režim rijeke Neretve i Trebišnjice uvjetuju sve bitne odrednice života na slivu. Sve brojnijim zahvatima na slivu Trebišnjice, znatno se mijenja vodni režim uz nepovoljne učinke. Hidrogeologijom prostora i karakterizacijom prekograničnog vodonosnika u Dinarskom kršu u svom radu se bave Stevanović et al. (2012) opisujući glavna slivna područja - Crnomorsko i Jadransko. Siani et al. (2013) daju paleohidrološku rekonstrukciju i klimatske promjene tijekom holocena na temelju istraživanja jezgre sedimenta iz južnog dijela Jadranskog mora pomoću kisikovih izotopa ( $\delta^{18}O$ ) i datiranja AMS  $^{14}C$  na planktonskim foraminiferama i slojevima tefre. Izdvojili su dva suprotna hidrološka trenda koji potvrđuju prisutnost klimatskog prijelaza tijekom holocena u južnom Jadranu. Prvi je u razdoblju između 11,5 ka BP i 6,3 ka BP za koji je karakteristično smanjenje  $\delta^{18}O$ /saliniteta površine mora i drugi koji je obilježen povećanjem saliniteta i sušnim uvjetima tijekom mlađeg holocena u južnom dijelu Jadranskog mora.

## 2.8. Glacijacija planina Mediteranskog prostora

Hughes & Woodward (2008) daju pregled dostupnih glacijogeokronoloških podataka o planinama sredozemnog područja (Andaluzijsko gorje, Pireneji, Apenini, Crnogorsko gorje i Tursko gorje) tijekom zadnjeg hladnog perioda uključujući i mlađi drijas (engl. *Younger Dryas*), te ispituju vrijeme razvoja ledenjačkog pokrova diljem Sredozemlja. Dobiveni podaci ukazuju na različite dosege ledenjačkih pokrova i njihove maksimume koji su prethodili LGM-u pa čak i nekoliko tisuća godina prije. Hughes et al. (2010) opisuju ledene pokrove na području Crne Gore na planini Orjen (1894 m) tijekom srednjeg pleistocena i njihovo prostiranje površinom od 165 km<sup>2</sup>. Posljednji ledenjački pokrovi na Orjenu su nastali tijekom mlađeg drijasa (12.9 - 11.7 ka) s čime potvrđuju utjecaj sjeverno Atlantskog oceana na pleistocenske klimatske promjene na ovaj dio Sredozemlja. Hughes (2018) daje pregled novijih istraživanja o ledenjačkim pokrovima iz malog ledenog doba na planinama sredozemnog područja, s naglaskom na klimatološke faktore u kojima su egzistirali. Još uvijek postoje vrlo mali pokrovi očuvani na Julijskim Alpama (Italija/Slovenija), Dinarskim Alpama (Crna Gora/Albanija) i na planini Pirin (Bugarska).

## 2.9. Okoliši i promjena morske razine u Jadranskom moru

Pikelj & Juračić (2013) u svom radu opisuju istočnu Jadransku obalu i njezinu geomorfologiju. Opisuju je kao stjenovitu karbonatnu obalu koja je prvi put mogla biti okršena tijekom miocena, dok je današnji oblik poprimila na prijelazu gornjeg pleistocena u holocen, točnije tijekom zadnjeg podizanja morske razine. Pri tome je obala koja je borana, rasijedana i okršena djelomično i potopljena. Zecchin et al. (2015) opisuju obalne promjene zbog naglog glacio-eustatičkog podizanja morske razine u centralnom Mediteranu kao posljedicu otapanja ledenog pokrova nakon LGM-a. Također na temelju seizmičkih profila visoke rezolucije istraživali su područja paleoobala koje se danas nalaze na dubinama između -100 i -70 m, te između -65 i -40 m. Isto tako smatraju da je tadašnja obala potopljena za vrijeme MWP-1A i 1B s relativnim porastom razine mora do 60 mm/god. Wunsam et al. (1999) su istraživali Malo i Veliko jezero na otoku Mljetu. Geokemijskim analizama i analizom diatomeja na uzorcima iz jezgre sedimenata dokazali su značajne promjene u okolišu tijekom holocena. Jezera su formirana porastom morske razine, pri čemu je more prodiralo kroz krš. Intruzija mora u Malom jezeru je datirana na 8.4 ka BP sa svojim maksimumom na 7-6 ka BP, dok je u Veliko jezero

kroz kanal Soline (današnja dubina 2,5 m) datirana na oko 5 ka BP. Surić (2002) prikazuje podmorske krške oblike kao dokaz za nižu morsku razinu tijekom mlađeg pleistocena i holocena duž hrvatske obale. Za primjere uzima krške oblike kao što su djelomično potopljena Modra špilja na otoku Biševu, slano jezero Mir na Dugom otoku ili Vrulja Zečica kod Starigrada Paklenica. Surić (2006) u svojoj disertaciji na temelju zapisa u morem potpuno ili djelomično potopljenim speleološkim objektima datira sige istočnog Jadrana opisuje promjene u okolišu tijekom mlađeg pleistocena i holocena. Isto tako Surić (2009) rekonstruira relativne pomake morske razine i kopna na istočnoj obali Jadrana koristeći geomorfološki, biostratigrafski, arheološki, povijesni, mareografski, geodetski i radiometrijski metodološki pristup. Kao pouzdani rezultat ističe da je na sjevernom dijelu Jadrana relativna stagnacija i naknadan porast morske razine potpomognut tektonskim spuštanjem zadnjih ~200 ka, dok je na južnom dijelu hrvatske obale stanje stagnacije uspostavljeno ravnotežom između izdizanja kopna i suvremenog globalnog porasta morske razine. Surić & Juračić (2010) na temelju datiranja speleotema s dubine od 1,5 – 41,5 m duž istočne jadranske obale daju podatke o fluktuaciji morske razine tijekom zadnjih 220 ka. Pa je tako tijekom MIS 7b (202 ka BP) razina bila niža od -23 m. Tijekom MIS 5a (84 ka – 77 ka BP) razina je bila -14 m. Razina mora tijekom brzog izdizanja u holocenu je bila na -41,5 m (9.2 ka BP), -10 (7,8 kaBP) i -1,5 (3.4 ka BP). Ilijanić (2014) u doktorskoj disertaciji uz pomoć minerala glina interpretira paleookolišne i klimatske promjene na temelju izbušenih jezgara jezerskih sedimenata istočne Jadranske obale (Vransko jezero na Cresu, Bokanjačko blato, Vransko jezero kod Biograda i Baćinska jezera – Crniševo). Faivre et al. (2021) istražuju koseizmičko izdizanje tijekom mlađeg holocena na području otoka Koločepa i Grebena, proučavajući algne vijence, plimne potkapine, gornji doseg staništa školjkaša *Lithophaga lithophaga* te dvije paleobale. Pri tome su zabilježeni pomaci od 1,00 -1,25 ± 0,15 m na otocima Koločepu i Grebenima, s prosječnom stopom izdizanja od 0,6 -0,8 mm/god. Izdizanje se može povezati s potresima iz 1520. godine i s dubrovačkim potresom iz 1667. godine. Faivre et al. (2021a) na temelju detaljne analize vijenaca algi *Lithophyllum* i plimnih potkapina na otoku Lopudu konstruiraju relativne promjene morske razine tijekom posljednjih 3.3 ka BP kao posljedicu lokalnih ili regionalnih paleoseizmičkih događaja. Na izdizanje je najznačajnije utjecao Dubrovački potres 1667. godine kad je izdizanje bilo oko 0,42 ± 0,10 m. Izdizanje je zabilježeno i u plimnim potkapinama koje su danas ~0,25 ± 0,15 m iznad razine mora. Procijenili su stopu glacio-izostazijske prilagodbe od ~0,34 mm/god s globalnim doprinosom od oko 20 cm u razdoblju od 3.3 ka BP i 0.5 ka BP.

### 3. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

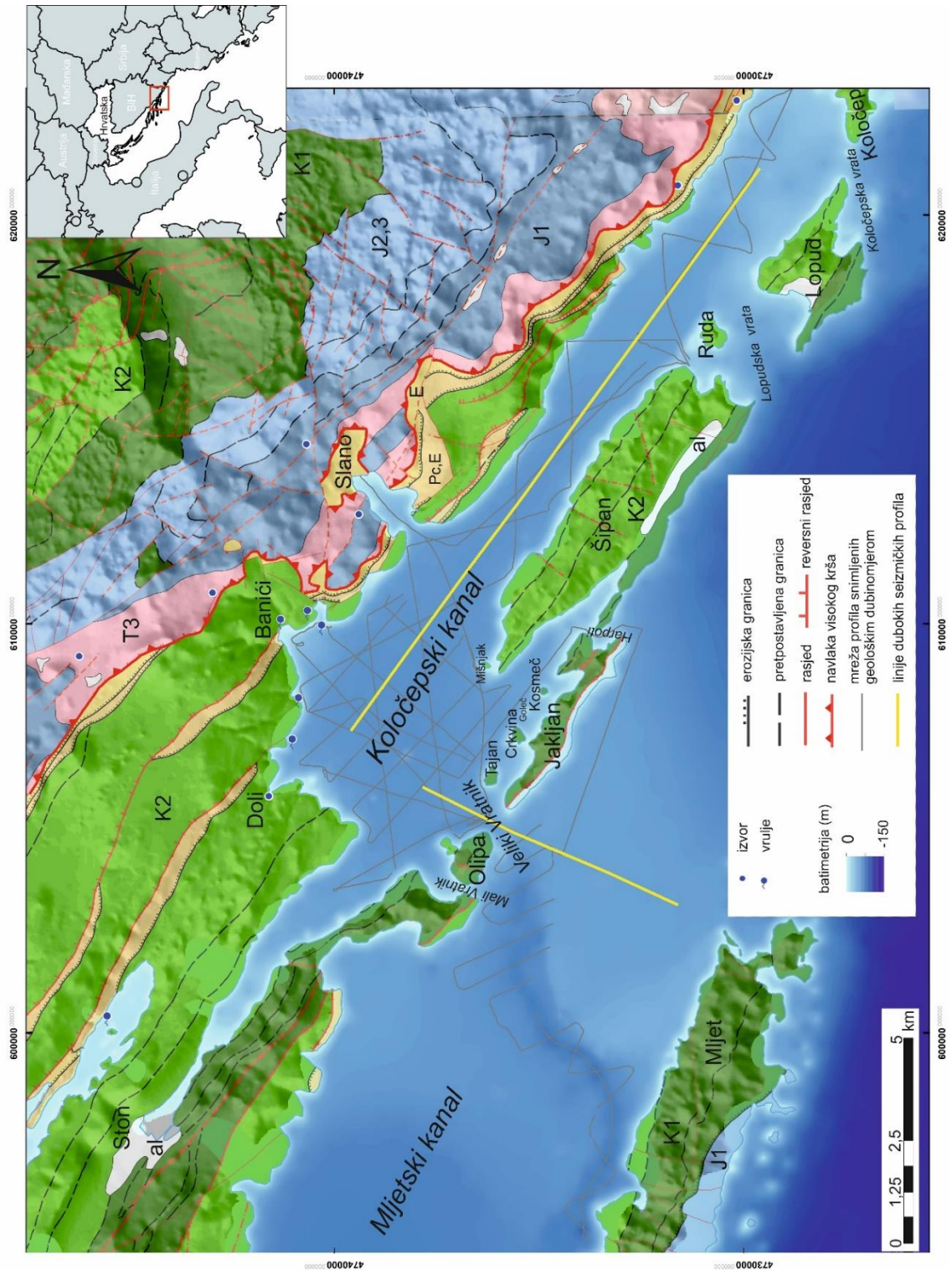
#### 3.1. Geografske i klimatološke značajke

Koločepski kanal je područje između kopnenog dijela jadranske obale i Elafitskog otočja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji (Slika 3.1). Prosječna širina kanala je oko 1,5 km (širina varira od 7 km na SZ do 1,35 km na JI), a prosječna dubina oko 50 m (od 20 m u blizini obale, do 67 m u središnjem dijelu). Dužina kanala je 27 km mjereći od solana kod Stona na SZ do otoka Koločep na JI. Elafiti su skupina otoka smještena zapadno od Dubrovnika koju čine otoci Olipa, Jakljan, otočić Tajan, Crkvina, otočić Goleč, Kosmeč, otočić Mišnjak, Šipan, Ruda, Lopud, Koločep, otočić Sv. Andrija, otočić Daksa i otočići Grebeni od kojih su stalno nastanjeni Šipan, Lopud i Koločep. Otočje se pruža u dužini od oko 26 km. Otoci su međusobno odvojeni potopljenim prolazima među kojima se Lopudski i Koločepski nazivaju *Projezdiri* (Skok, 1950; Magaš et al., 2001). Obala, otoci i planine u zaleđu pružaju se paralelno s dinaridskim pružanjem sjeverozapad-jugoistok. U geografskom smislu istraživano područje je dio regije južne Dalmacije koja pripada makroregiji Južno Hrvatsko primorje i prema administrativno-teritorijalnoj podjeli Republike Hrvatske u cijelosti pripada gradu Dubrovniku. Ovaj prostor je jedini u Dalmaciji koji iza sebe nema svoju zagoru, jer neposredno iza obale prelazi u hercegovački krš. Koločepski kanal je povezan s otvorenim morem s nekoliko pomorskih prolaza od kojih su najpoznatiji Mali i Veliki Vratnik. Ostali pomorski prolazi su Harpoti, Lopudska vrata i Koločepska vrata (Slika 3.1). Prema popisu stanovništva iz 2021. godine na kopnenom dijelu veća mjesta su Slano s 577 stanovnika, Baćina s 513 stanovnika i Doli sa 148 stanovnika, dok su na otočju veća naseljena mjesta Šipanska Luka s 254 stanovnika, Koločep s 231 stanovnikom i Suđurađ s 222 stanovnika.

Po Köppenovoj klasifikaciji istraživano područje spada u područje Csa klime, tj. pripada područjima sa sredozemnim tipom klime s vrućim ljetima (Šegota & Filipčić, 2003). Ljeta su uglavnom vruća s razdobljima suše, a tijekom ostalih godišnjih doba moguće su obilne oborine i umjerene temperature. Vjetrovi na ovom području su jugo, bura, maestral i levant. Najučestalije je jugo koje razvija najveće valove. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 16,69 °C (izvor DHMZ), ljeti do 34 °C, zimi rijetko ispod 0 °C. Ukupna godišnja količina oborina izmjerena na mjernoj postaji Ston 2022. godine je 861,7 mm, mjerna postaja Dubrovnik za istu godinu 767,2 mm (izvor DHMZ). Prema podacima iz Milanović (2006), količina oborina u zaleđu Koločepskog kanala za mjernu postaju Trebinje za razdoblje od 1957 – 1981 iznosila



je min = 1 311 mm i max = 2 399 mm, dok su na hipsometrijski najvišem dijelu zaleđa, Gatačkom polju (mjerna postaja Gacko) količine min = 918 mm i max = 2513 mm. U Gatačkom polju padaline u obliku snijega traju od studenog do svibnja, pa je 2005. godine napadalo snijega preko 2 metra. Na plićem tlu se razvija makija, crnika i heliofilna zajednica gariga, dok se na dubljem tlu slabo posmeđene crvenice razvija šumska zajednica hrasta crnike, crnog jasena i vazdazelena klimazonalna šumska vegetacija (Šegota & Filipčić, 2003).



Slika 3.1. Prikaz područja istraživanja s geološkom kartom područja oko Koločepskog kanala (modificirano prema Raić et al., 1982). Legenda: T<sub>3</sub> - gornji trijas (dolomiti); J<sub>1,2,3</sub> - donja, srednja i gornja jura (vapnenci sa dolomitima u najgornjem dijelu); K<sub>1,2</sub> - donja i gornja kreda (vapnenci sa dolomitima u središnjem dijelu); Pc, E – paleocen, eocen (foraminiferski vapnenci); E – eocen (lapori i fliš) al – aluvij (kvartarne naslage aluvijalnih pješčenjaka i šljunka u zaleđu, silt, pijesak, pješčenjaci).

### 3.2. Geološke i stratigrafske značajke

Geološke značajke područja istraživanja su najcjelovitije prikazane na tri lista Osnovne geološke karte (OGK) SFRJ u mjerilu 1:100.000: najveći dio istraživanog područja na listu Ston (Raić & Papeš, 1982), a manji dio listu Trebnje (Natević, 1970) i listu Dubrovnik (Marković, 1975) te opisane u tumačima ovih listova.

Područje obalnog pojasa i zaleđe Koločepskog kanala grade mezozojske karbonatne stijene, te eocenski i kvartarni klastiti i karbonatne naslage (Slika 3.1). Najstarije otkrivene naslage čine dolomiti s proslojcima vapnenaca koji pripadaju gornjem trijasu. Čini ih izmjena bijelih do svijetlosivih stromatolitnih ranodijagenetskih dolomita i tamnosivih ranodijagenetskih dolomikrita koji mjestimično prelaze u krupnokristalaste kasnodijageneske dolomite. U cijelom svom prostiranju nalaze se u krovini navlake visokog krša navučene na klastične naslage eocena i malim dijelom na naslage jure i krede. Debljina trijaskih naslaga iznosi oko 320 m (Raić & Papeš, 1982).

Naslage jurske starosti imaju veće rasprostiranje i leže konkordantno preko dolomita gornjeg trijasa. Čine ih kasnodijagenetski dolomiti i vapnenci koji su izgrađeni od intraklasta, oolita, peleta i fosila. Vapnenci su otporniji na eroziju pa su lako uočljivi na terenu gdje „strše“ iz dolomita. Naslage su sive do tamno sive boje i dobro su uslojene, a ukupna debljina im je oko 860 m (Raić & Papeš, 1982).

Na području oko kanala najzastupljenije su kredne naslage. Zbog taloženja u specifičnim paleookolišima na tadašnjoj karbonatnoj platformi heterogenog su sastava. Naslagama donje krede pripadaju vapnenci s favreinama i neokomskim salpingoporelama, te vapnenci sa orbitolinama. Naslage se sastoje od nepravilne izmjene vapnenaca i dolomita s prevladavajućim peritajdalnim mikritnim vapnencima. Dolomiti su kasnodijageneske, krupnokristalaste građe i sivkasto smeđe boje. Na sjeverozapadnom dijelu područja istraživanja prisutni su debelo uslojeni vapnenci s miliolidama i rudistima. Kao posljedica paleomorfološke diferencijacije i produbljivanja na dijelovima Jadranske karbonatne platforme tijekom gornje krede taložili su se pelagički mikritni vapnenci koje nalazimo kao manje izoliranje pojave. Ukupna debljina krednih naslaga je oko 2 500 m (Raić & Papeš, 1982).

Paleogenske naslage su većinom rasprostranjene u sjeveroistočnom dijelu terena oko istraživanog područja. Najstarije su liburnijske naslage koje leže transgresivno i diskordantno na krednoj podlozi, anajčešće se pojavljuju u izduženim zonama uklještena između krednih vapnenaca reversnim rasjedima. Pretežito ih čine vapnenci, lokalno vapnenačke breče, lapori, pješčenjaci i konglomerati. Kontinuirano na liburnijske naslage slijede eocenski alveolinsko-

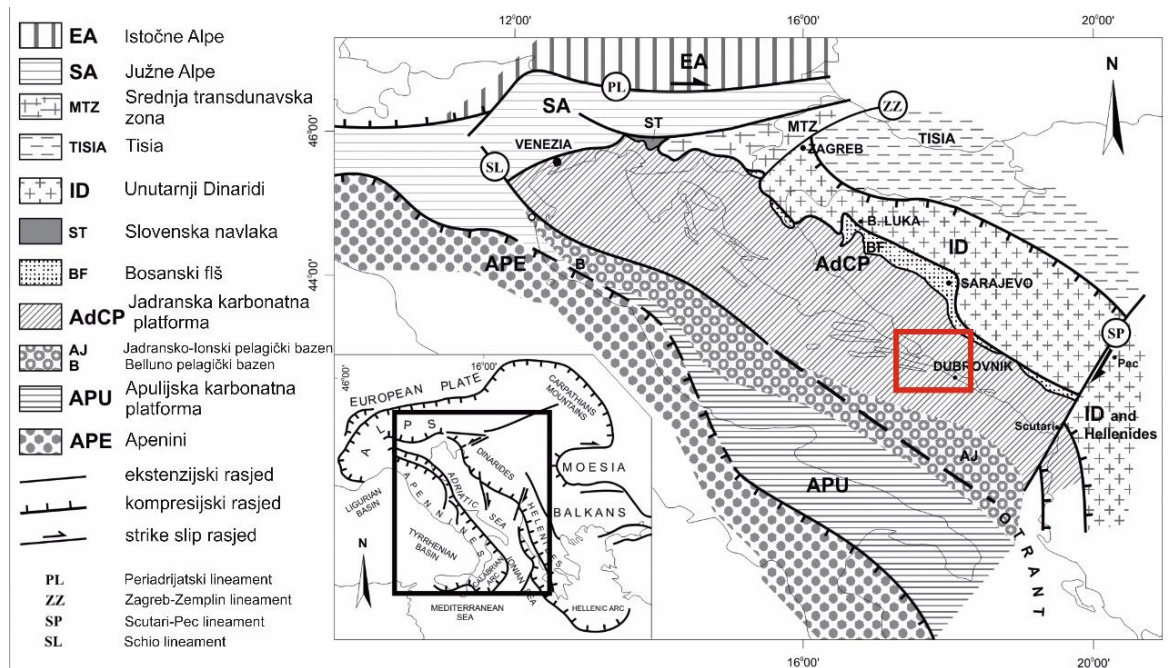
numulitni vapnenci, a tamo gdje liburnijske naslage izostaju, leže transgresivno na gornjokrednim vapnencima. Alveolinsko-numulitni vapnenci koji su istaloženi južno od navlake Visokog krša u sebi sadrže veće nodule rožnjaka za razliku od naslaga sjevernije od čela navlake Visokog krša. Naslage eocenskog fliša nalazimo duž čitavog područja u uskim zonama uz reversne rasjede. Izgrađene su od pješčenjaka, laporovitih vapnenaca, konglomerata i tankih rijetkih uložaka gline. Ukupna debljina paleogenskih naslaga je oko 1 000 m (Raić & Papeš, 1982).

Najmlađe naslage su kvartarne naslage koje zauzimaju manji dio područja i to u obliku aluvijalnih naslaga. Najčešće su vezane za trošenje stijena iz zaleđa odakle su donesene bujičnim tokovima uslijed erozije te ih nalazimo u podnožju padina (Raić & Papeš, 1982). Naslage se mogu podijeliti na aluvijalne i eolske pri čemu aluvijalne odražavaju vlažne intervale dok eolski sedimenti odražavaju suhe. Aluvijalne naslage su krupno-zrnastije (pjesak i breča), dok su eolske karakteristične po sitnom do srednje-zrnastom pijesku (Kovačić et al., 2017). Kvartarne naslage se najčešće nalaze u krškim depresijama. Najrasprostranjenije su na otocima kao što su Hvar, Vis, Korčula, Lastovo, Mljet i poluotok Pelješac koji su za vrijeme niže razine mora bili dio kopna (Correggiari et al., 1996; Pavelić et al., 2011, 2014; Babić et al., 2012, 2013; Kovačić et al., 2017).

### 3.3. Strukturno-geološke značajke i tektonski razvoj

Paleogeografski gledano, mezozojske karbonatne naslage koje izgrađuju istraživano područje podrijetlom su s Jadranske karbonatne platforme (Slika 3.2), koja je u vrijeme mezozoika bila jedna od najvećih karbonatnih platformi na perimediteranskom prostoru (Vlahović et al., 2005; Korbar, 2009). Veći dio ove platforme dio je u pojasa Vanjskih Dinarida, koji je nastao tijekom eocena i oligocena napredovanjem navlaka iz Savske suturne zone nakon kolizije Europske ploče, odnosno njenog tektonskog bloka Tisia-Dacia s ofiolitnim navlakama Unutrašnjih Dinarida (Prtoljan et al., 2007; Schmid et al., 2020; Balling et al., 2021a,b; 2023). Mezozojske karbonatne naslage izgrađuju najveći dio hrvatskog dijela vanjskih Dinarida, lokalno s ukupnom debljinom naslaga od oko 8 000 m i stratigrafskim rasponom od srednjeg perma do eocena (Vlahović et al., 2005). Dezintegracija mezozojske megaplatforne, tj. odvajanje Jadranske karbonatne platforme od Apeninske i Apulijske platforme započelo je tijekom donje jure čime je formiran bazen koji je preteča današnjeg Jadranskog mora (Vlahović et al., 2005). Prema Grandić et al. (1999), Veseli (1999), Vlahović et al. (2005), jugozapadni

rub platforme je prekriven recentnim sedimentima Jadranskog mora, a njihovo istraživanje je jedino moguće pomoću geofizičkih metoda i dubokih bušotina.



Slika 3.2. Glavne tektonsko-stratigrafske jedinice Jadranske karbonatne platforme (preuzeto iz Prtoljan et al., 2007). Crveni pravokutnik označava područje istraživanja.

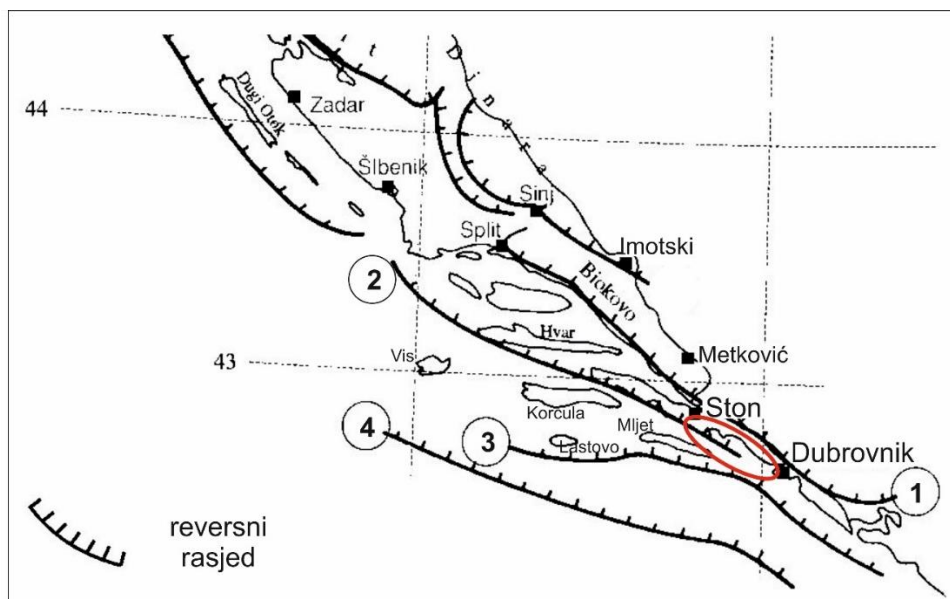
Prema Vlahović et al. (2005) reaktivacijom postojećih dubokih normalnih rasjeda (koji tvore *half-graben* strukture) tijekom gornje jure je uspostavljen tektonski režim kompresije. Ovi događaji predstavljaju prve događaje kompresijske tektonike na karbonatnoj platformi za razliku od ekstenzijskih tijekom donje jure. Uslijed kompresije bivše depresije su ispunjene progradacijskim materijalom čime je započelo taloženje u plitkovodnom okolišu na većini karbonatne platforme. Utjecaj sinsedimentacijske tektonike bio je i dalje značajan tijekom gornje krede i pelegena. Karbonatni sedimenti su taloženi i u okružju fliških bazena, koji su formirani tijekom eocena (Vlahović et al., 2005; Balling et al., 2021). Utjecajem kompresijske tektonike orijentacije JZ-SSI, započelo je završno izdizanje Dinarida tijekom oligocena/miocena, pri čemu se Jadransko more kao i njegova obala izdužila u smjeru SZ-JI (Vlahović et al., 2005). Dinaride možemo podijeliti na Vanjske i Unutarnje. Konvergencijom duž istočnog ruba Jadranske ploče tijekom gornje jure prvo su se formirali Unutarnji Dinaridi (Tari, 2002; Kastelic et al., 2013). Konvergencija se nastavila u gornjoj kredi pa sve do ranog paleogena, pri čemu su formirani Vanjski Dinaridi (Tari, 2002; Korbar, 2009; Kastelic et al., 2013). Vanjski Dinaridi koji se protežu duž jadranske obale (Šumanovac, 2022; Vlahović et al.,

2005), a tvore ih vapnenci gornje jure s proslojcima ranodijagenetskih dolomita i breča (Tišljari et al., 2002). Unutarnje Dinaride koji čine uski unutarnji pojas između Vanjskih Dinarida i Panonskog bazena (Šumanovac, 2022; Vlahović et al., 2005) tvore metamorfne i magmatske stijene, karbonati, fliševi i ofioliti (Pamć et al., 1998; Tišljari et al., 2002).

Jadransko more, kao i njegova obala, izduženo je po pravcu SZ-JI, i karakteristična je po stvaranju tzv. dalmatinskog tipa obale (Von Richthofen, 1901; Pikelj & Juračić, 2013; Kelletat, 2005; Vlahović et al., 2005), te je danas najsjeverniji bazen Sredozemlja. Krš je razvijen na gornjim dijelovima 8 km debele karbonatne platforme (Surić, 2005; Vlahović et al., 2005).

### 3.4. Seizmotektonske značajke

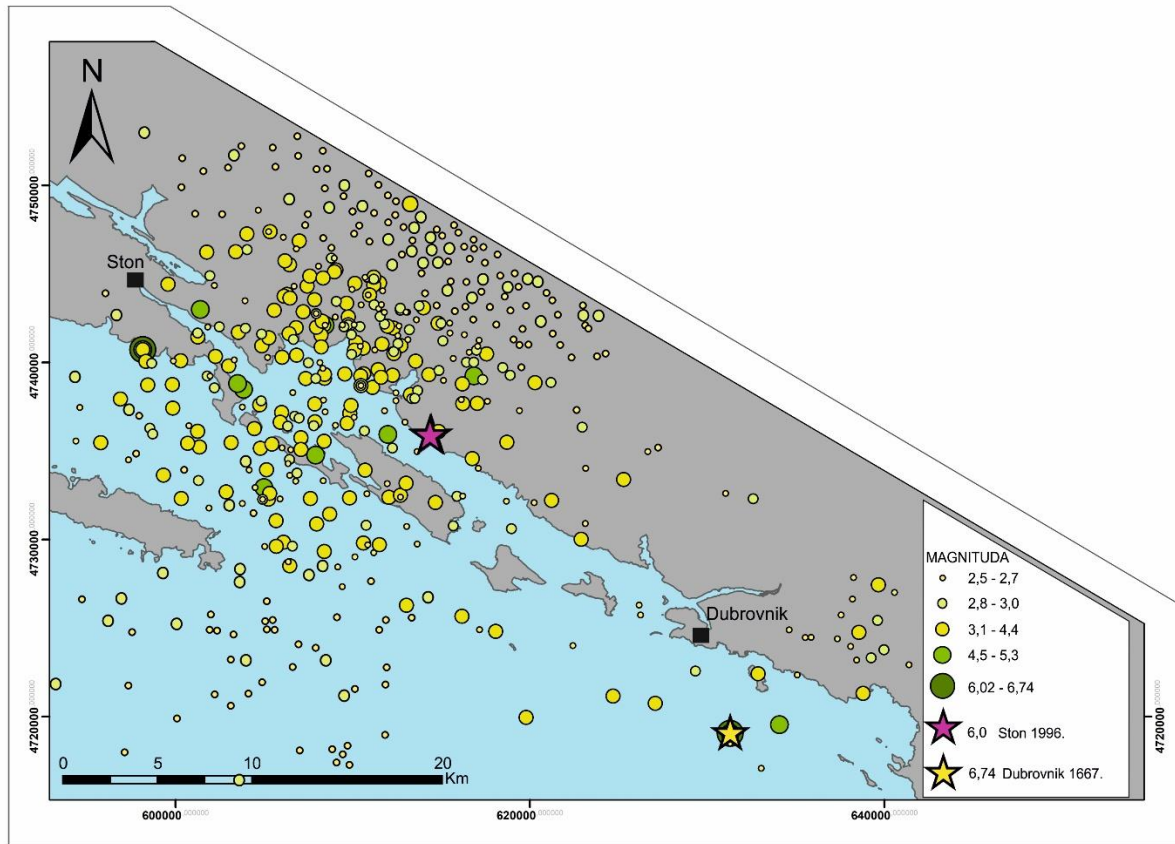
Šire područje istraživanja je tektonski aktivno područje karakterizirano umjerenim do jakim potresima (Kuk et al., 2000; Kastelic et al., 2013; Govorčin et al., 2020; Faivre et al., 2021 a, b). Tektonske prilike ovog područja su produkt konvergencije stabilnog dijela Jadranske mikroploče prema Euroazijskoj ploči (Kuk et al., 2000; Šumanovac, 2022). Duž Jadranske obale učestalost i jakost potresa se povećava idući od SZ prema JI, s najvećim brojem potresa na širem prostoru Stona i Dubrovnika (Kuk et al., 2000). U tom području se aktualni kompresijski tektonski pokreti u najvećoj mjeri oslobađaju po reversnim rasjedima dinarskog pravca pružanja SZ-JI. Na slici 3.3 su prikazani najvažniji seizmogeni rasjedi na širem području istraživanja, koje su u svom radu prikazali Markušić & Herak (1999). Među važnijim seizmogenim rasjedima su reversni rasjed Mosor-Biokovo-Ston-Dubrovnik s pravcem pružanja SZ-JI i širinom rasjedne zone do 1,5 km te nagibom između  $45^\circ$  i  $82^\circ$ , kao i rasjed Pelješac-Dubrovnik, koji predstavlja zonu paralelnih rasjeda široku od 1,5-4,5 km (Kuk et al., 2000; Prelogović et al., 2004; Šundov, 2012). Koločepski kanal se nalazi između te dvije seizmogene rasjedne zone (Slika 3.3), a u okolici istraživanog područja se još nalaze i rasjedi Vis-Lastovo-Mljet i Jadranski rasjed. Govorčin et al. (2020) su primjenom multidisciplinarnog pristupa uključujući i DInSAR (diferencijalni interferometrijski radar sa sintetičkom aparaturom) metodu istraživali koseizmičke deformacije povezane sa Stonskim potresom iz 1996. godine na novim lokacijama te predlažu glavne seizmogene izvore i rasjede koji su se ponovno aktivirali tijekom potresa.



Slika 3.3. Prikaz najvažnijih seizmogenih rasjeda na istraživanom području (modificirano prema Markušić & Herak (1999)). Crvenom elipsom je označeno područje Koločepskog kanala. Rasjed broj: 1 – Mosor-Biokovo-Ston-Dubrovnik, 2 – Pelješac-Dubrovnik, 3 – Vis-Lastovo-Mljet, 4 – Jadranski rasjed.

Većina potresa koji se pojavljuju na ovom području vezana je za dodirnu zonu stabilnog dijela Jadranske mikro ploče i Dinarida. Prema seizmološkim istraživanjima, u ovom području očekuju se potresi magnitude M 7,0 (Kuk et al., 2000). U Republici Hrvatskoj za istraživano područje procijenjeno je vršno ubrzanje tla tipa A za povratna razdoblja od  $T_p = 95$  godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja od 0,173 g, za  $T_p = 225$  godina: 0,240g, a za  $T_p = 475$  godina: 0,324 g (Herak et al., 2011). Prema povijesnim zapisima na području je zabilježeno 8 potresa jačine IX-X° MCS u 15., 16. i 17. stoljeću, koji su ostavili značajan trag na okolna mjesta. Među njima je i Dubrovački potres iz 1667. godine intenziteta X° MCS koji je prouzročio značajne štete u gradu Dubrovniku i u njegovoj okolini (Kuk et al., 2000; Markušić, 2008; Herak et al., 2001). Posljednji značajan potres magnitude M 6,0 dogodio se u okolini Stona 1996. godine s hipocentrom na dubini 11 km (Govorčin et al., 2020; Markušić et al., 1998; Herak et al., 2001; Markušić, 2008). Glavni potres se osjetio na udaljenosti od 400 km, a bio je popraćen mnogobrojnim naknadnim potresima koji su trajali gotovo godinu dana (Govorčin et al., 2020). Potres je oštetio nekoliko dalmatinskih gradova, a najviše je stradao Ston. Prostorni raspored epicentara potresa na istraživanom i okolnom području (Slika 3.4) ukazuje na seizmotektonsku aktivnost koja je u najvećoj mjeri prouzročena rasjedima dinarskog

pružanja SZ-JI, poput glavnog Stonskog potresa što je u skladu sa sustavom seizmogenih rasjeda na ovom području (Kuk et al., 2000; Markušić, 2008).



Slika 3.4. Prostorni raspored epicentara potresa na istraživanom i okolnom području (od 1471.-2014. god.) s epicentrima Stonskog i Dubrovačkog potresa. Podaci epicentara upotpunjeni iz Markušić, 2008.

### 3.5. Hidrogeološke značajke

Stijene koje grade istraživano područje se prema hidrogeološkim značajkama prema dijele u tri skupine (Šundov, 2012). Prva skupina su karbonatne stijene, tj. vapnenci i dolomiti koje smatra vodopropusnim, odnosno u odgovarajućim hidrogeološkim prilikama mogu tvoriti vodonosnike, s napomenom da su vapnenci u pravilu izraženije okršeni i stoga vodopropusniji od dolomita. Druga skupina su vodonepropusne flišne naslage koje čine hidrološke barijere. Tamo gdje se flišne naslage nalaze u podini reversnih rasjeda čija krovinska krila izgrađuju vodopropusne karbonatne stijene, često uvjetuju pojavu izvora (Milanović, 2006). Treću skupinu čine nevezane i poluvezane kvartarne naslage koje se nalaze u krovni stijena i naslaga prve i druge skupine. Samo u slučaju kada su ove naslage istaložene u većoj debljini u krškim

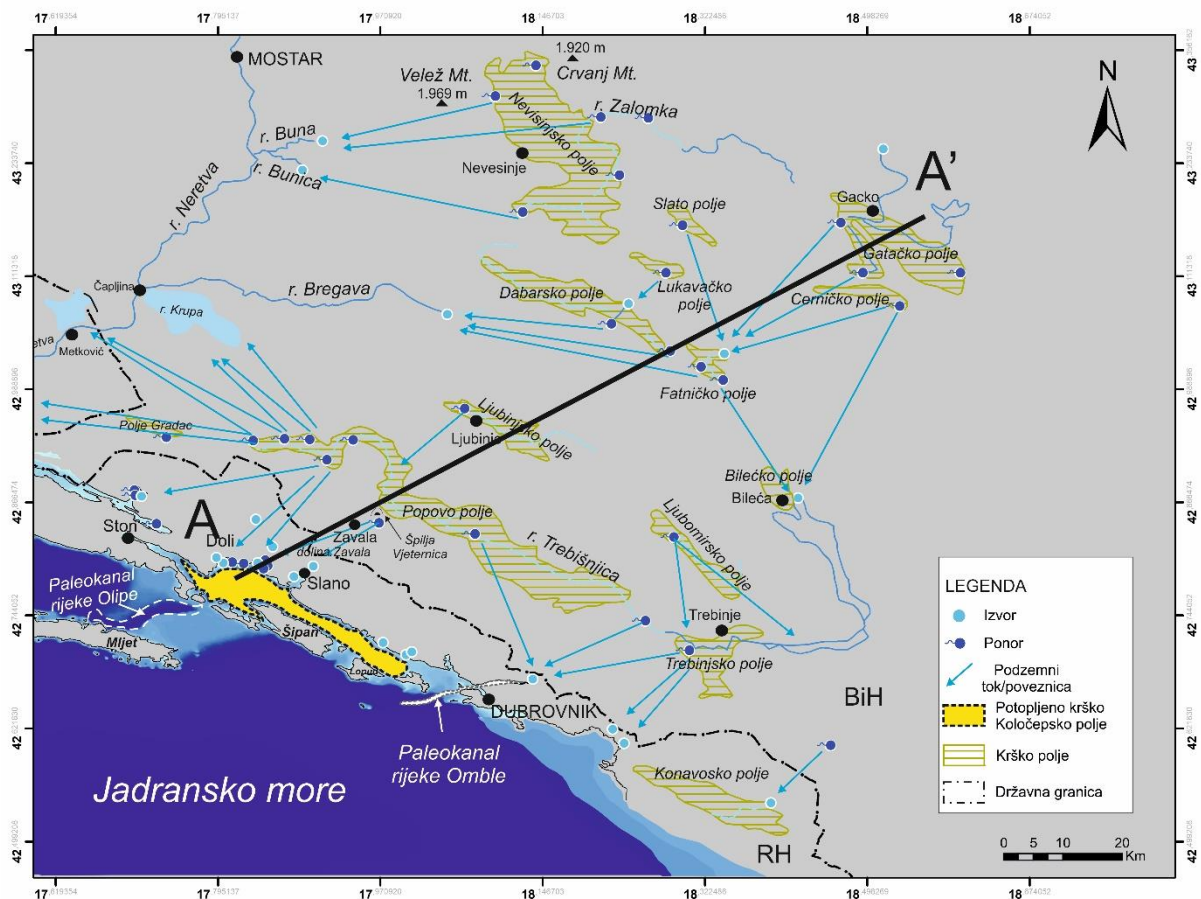


poljima mogu činiti vodonosnike međuzrnske poroznosti i osrednje, relativno slabe vodopropusnosti (Šundov, 2012).

Zbog litološkog sastava stijena koji utječe na njihove hidrogeološke značajke, kao i zbog njihovog strukturno-geološkog položaja, na hipsometrijski najnižim dijelovima istraživanog područja se pojavljuju obalni izvori i vrulje (Stevanović et al., 2012) (Slika 3.5). Više od 30 vrulja je prisutno u kanalu Malog Stona, uvali Bistrina, na području Doli-Banići, Slano i Mali Zaton, za koje se smatra da pripadaju podzemnim tokovima sliva rijeke Trebišnjice (Vranješ et al., 2013). Trasiranjem 1958. godine utvrđena je veza Popovog polja s područjem Doli i Slano u dužini od oko 16,60 km s brzinom od 1,50 cm/s (Milanović, 2006).

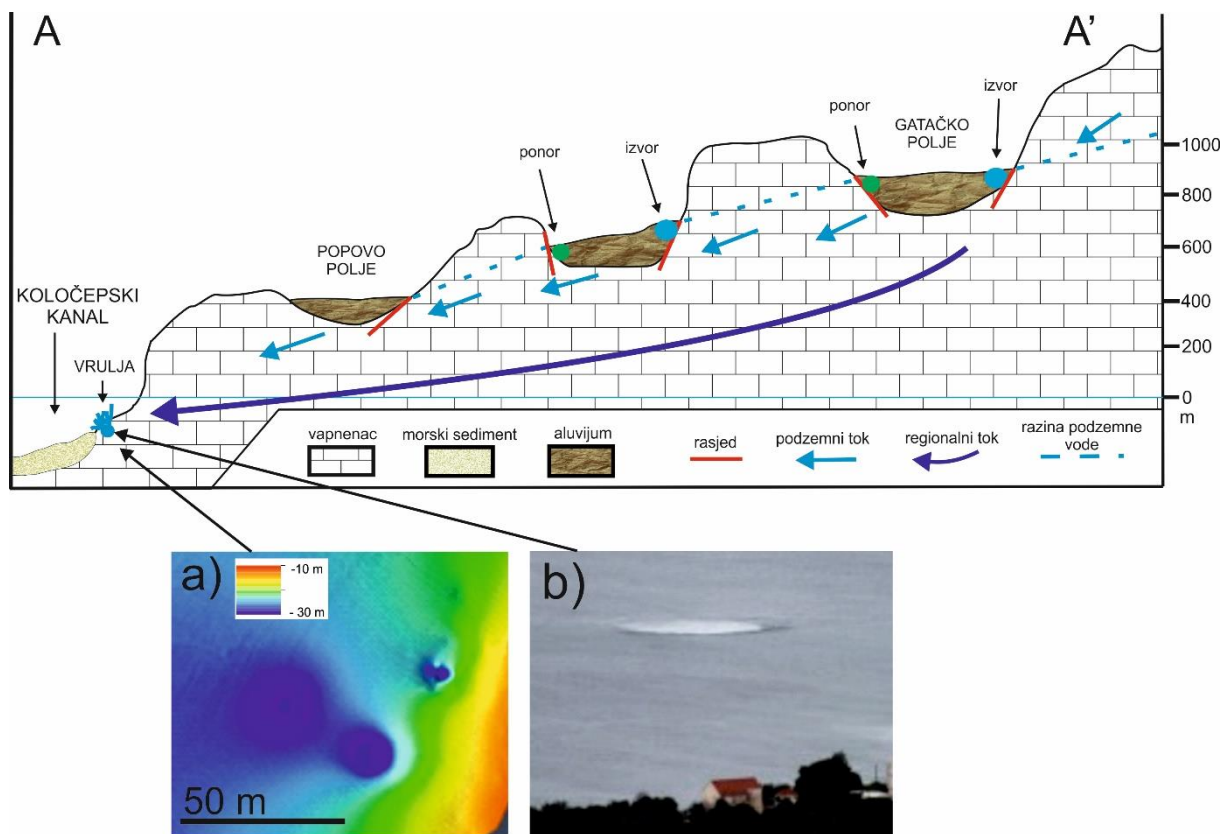
Na istraživanom području najznačajniju rijeku predstavlja Trebišnjica smještena u Hercegovini. Trebišnjica predstavlja rijeku ponornicu i od ukupnih 96,5 km toka ove rijeke, samo je 28 km stalni površinski tok. Tijekom suhog perioda rijeka ponire nizvodno kod grada Trebinja do Dražina. Tijekom vlažnih razdoblja, tok nastavlja do kraja Popovog polja (Milanović, 2006). Prema Milanović (2006), u zaleđu istraživanog područja nalaze se 13 polja koja su kaskadno raspoređena od hipsometrijski najnižih do najviših (Slika 3.5 i 3.6). Drenaža krških polja se odvija otjecanjem u ponorima smještenih duž polja unutar nevezanih aluvijalnih naslaga ili otkrivenih karbonata. Ponori se najčešće nalaze u poljima koja su najbliža erozijskoj bazi (Milanović, 2014) te njihov broj može ovisiti i o lokalnoj geološkoj građi. Jedno od takvih polja je i Popovo polje, koje se nalazi u zaleđu istraživanog područja i koje je udaljeno svega 20 km zračne udaljenosti od Koločepskog kanala. Dreniranje Popovog polja je na prirodan način jedino moguće kroz otjecanje površinskog toka u podzemne krške kanale. Više od 500 ponora, estavela i povremenih izvora je pronađeno u području Popovog polja (Milanović, 2014). Pri iznimno visokim vodostajima protok rijeke Trebišnjice na vodomjernoj stanici kod Dobromana u Popovom polju 1945. godine je iznosio 1065 m<sup>3</sup>/s. Polje je bilo poplavljeno najduže 303 dana 1915. godine, a najkraće 1930. godine u trajanju od 204 dana, pri čemu je maksimalna dubina ujezerene vode bila čak 40 m (Milanović, 2006). Realizacijom projekta „Gornji horizonti“ područje se uvelike promijenilo. Projekt je rezultirao velikim promjenama u okolišu ponornice Trebišnjice. Naime, radi izgradnje hidrocentrale kod Čapljine zadržano je svega nekoliko kilometara prirodnog korita rijeke Trebišnjice, dok je ostatak od oko 64 km uređen kao betonski kanal. Također, betonom je zatvoreno oko 155 ponora, čime je stavljeno van funkcije oko 500 ponora u cijelom polju. Na taj način su prestale periodičke poplave u Popovom polju koje su bile prisutne većinu godine. Podzemne vode sada ovise isključivo o oborinskim vodama (Lučić, 2012). Na rubu Popovog polja kod Zavale nalazi se špilja

Vjetrenica koja je najpoznatiji speleološki objekt na tom području. Prema istraživanjima dr. Karela Absolona (češki arheolog, paleontolog i speleolog) u periodu od 1912. - 1914. godine Trebišnjica je prvobitno otjecala kroz Vjetrenicu prema Ombli, te je i imala naziv „Paleo-Ombla“ (Milanović, 2006). Na tom području se nalazi i dobar primjer „suhe doline“ koja predstavlja reliktni nekadašnjeg fluvijalnog drenažnog sustava u kojemu danas nema tečenja vode ni u periodima najvećih padalina. Značajna za područje istraživanja je isušena riječna dolina Zavala (Slika 3.5) koja se proteže od mjesta Zavala (BiH) do Slanog (HR). Ona je vjerojatno bila glavni površinski tok na ovom području, te je uslijed tektonike i rotacije tektonskog bloka između čela navlake Visokog krša i Popovog polja izgubila direktnu povezanost s Jadranskim morem, gdje se nekada vjerojatno nastavljala kroz zaljev Slano i tekla dalje po dnu sadašnjeg Koločepskog kanala (Milanović, 2006).



Slika 3.5. Prikaz krških polja u zaleđu istraživanog područja koja su kaskadno raspoređena od hipsometrijski najnižih do najviših s podzemnim tokovima prema Jadranskom moru (modificirano prema Milanović, 2006). Crna linija A-A' prikazuje položaj profila A-A' na slici 3.6.

Polja u zaleđu istraživanog područja su dobar primjer kaskadnog sustava krških polja (Slika 3.5 i 3.6) visinski raspoređenih od 1100 m n.m. do razine mora. Najniže je Konavosko polje na 60 m n.m. i nešto višlje polje Gradac na 86 m n.m. Hipsometrijski više su Popovo polje na 220-250 m n.m. i Trebinjsko polje na 270 m n.m. Fatničko polje nalazi se na 462 m n.m., Dabarsko i Ljubinjnsko polje na 470 m n.m. i Ljubomirsko polje na 520 m n.m. Polja najvišeg dijela su: Nevesinjsko polje na 800-870 m n.m., Lukavačko polje na 880 m n.m., Gatačko polje na 936-950 m n.m. i Slato polje na 1080 m n.m. (Milanović, 2006). Polje će biti poplavljeno u slučaju veće količine oborina ili redovnog dotoka vode. Prirodno začepljenje ponora u kršim poljima može dovesti do njihova bržeg plavljenja i duljeg trajanja poplava u poljima koja u to vrijeme predstavljaju jezera (Stevanović et al., 2012).



Slika 3.6. Shematski prikaz kaskadnog sustava krških polja od Koločepskog kanala do Gatačkog polja (modificirano prema Milanović, 2006). Lokacija profila A-A' prikazana je na slici 3.5. Slika a) Vrulje na području Doli-Slano snimljene višesnopnim dubinomjerom; b) Vrulja vidljiva na površini mora za vrijeme visokih voda na području Doli-Slano.

## 4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Terenske metode

Krajem travnja 2016. godine, u suradnji s kolegama iz Laboratorija za marinsku geologiju i fizičku oceanografiju Sveučilišta u Patrasu (Grčka), projektni tim LoLADRIA iz Hrvatskog geološkog instituta proveo je tjedan dana istražujući Koločepski kanal i prostor između otoka Mljeta i Olipa. Istraživačkim brodom „Božja providnost II“ (Slika 4.1) snimljeno je ukupno 65 profila visoke rezolucije, ukupne duljine veće od 750 km. U ovom radu je analizirano 55 profila ukupne duljine 703,91 km.

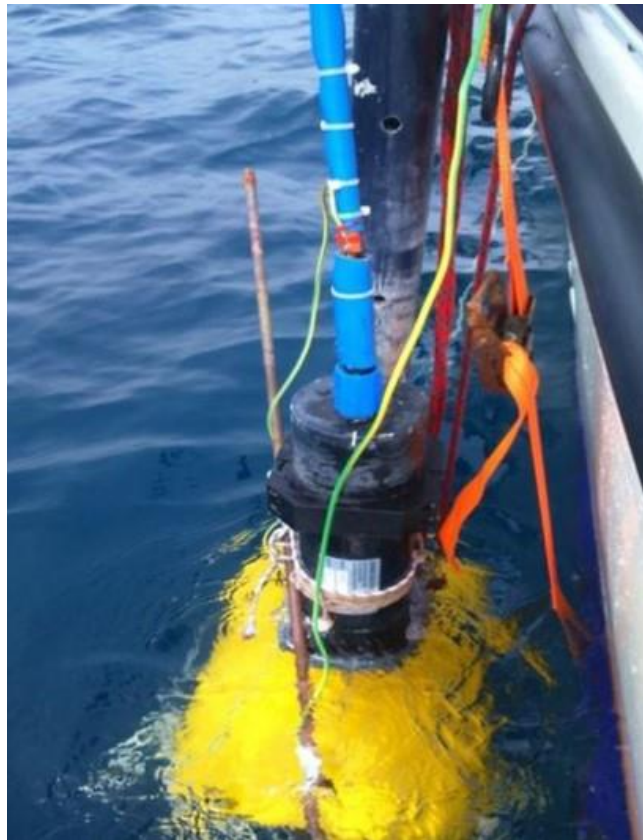
Nakon provedenog geofizičkog snimanja, u rujnu 2016. godine su u Koločepskom kanalu izbušene dvije bušotine iz kojih su dobivene jezgre neporemećenih morskih sedimenata.



*Slika 4.1. Istraživački brod „Božja providnost II“ korišten za geofizička istraživanja Koločepskog kanala..*

#### 4.1.1. Geofizičke akustične metode

Geološki dubinomjer (engl. *sub-bottom profiler*) (Slika 4.2) koristi se za interpretaciju stratigrafskih odnosa ispod morskog dna, podmorskog reljefa i ostalih obilježja unutar slojeva sedimenta na morskom dnu (Zhao et al., 2020). Nakon odašiljanja visokofrekventnih akustičnih signala iz aktivnih izvora, te koristeći razliku akustične impedancije litoloških slojeva za stvaranje reflektirajućeg odraza, snimanjem se dobiva kontinuirani zapis koji odražava strukturu i prostornu distribuciju naslaga ispod morskog dna. Računalnom obradom snimaka generiraju se profili. Princip rada je sličan radu refleksijskog seizmičkog istraživanja. Generira se longitudinalni akustični val koji tijekom širenja može generirati refleksijski odraz na prepreci na koju naiđe. Zbog postojanja različitih karakteristika morskih okoliša i morske vode, konvencionalne seizmičke metode koje se koriste u istraživanju kopna teško je izravno primijeniti u istraživanju podmorja. Stoga su razvijene različite metode i različiti tipovi akustičkih uređaja za podvodna istraživanja. Različite vrste geoloških dubinomjera prikazane su u Tablici 1.

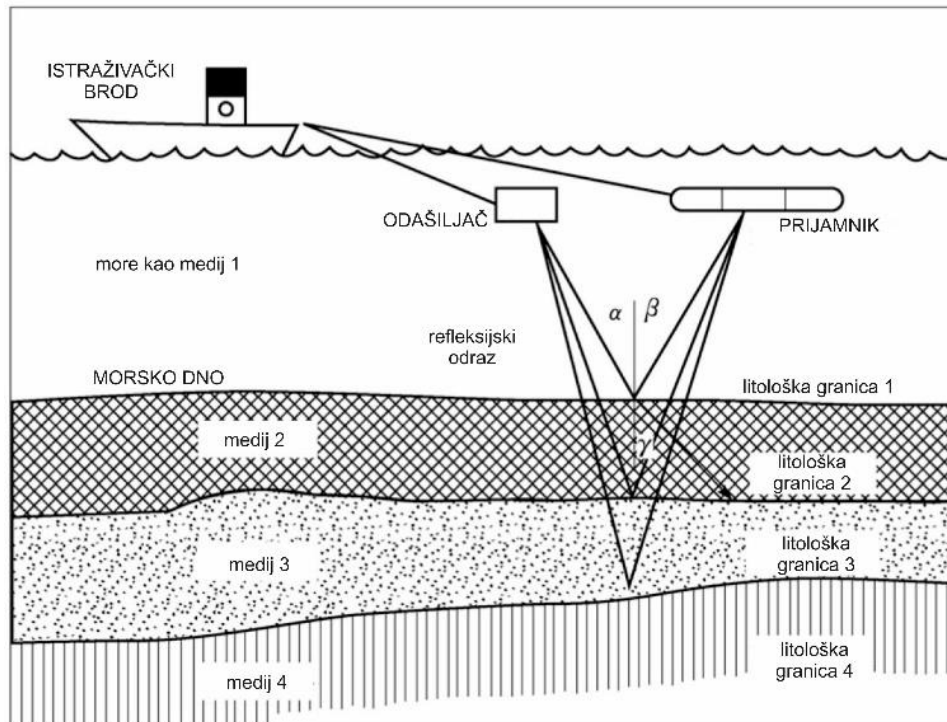


*Slika 4.2. Geološki dubinomjer (engl. sub-bottom profiler) kojim su snimljeni geofizički profili visoke rezolucije u Koločepskom kanalu.*

Tablica 1. Vrste geoloških dubinomjera i njihove osnovne karakteristike. Dubina prodiranja ovisi o frekvenciji, izvoru energije okidača i geološkim svojstvima morskog dna (preuzeto iz Ramsay, 2017).

Vrsta geološkog dubinomjera	Radna frekvencija (kHz)	Prosječna rezolucija (m)	Prosječna dubina prodiranja (m)	Način montiranja
CHIRP	2 – 16	0,05 – 0,1	5 – 50	Montiran na brod ili vučen za brodom
PARAMETRIČNI SUSTAV	2 – 22	0,05 – 0,1	5 – 30	Montiran na brod ili vučen za brodom
PINGER	2 – 12	0,2	10 – 50	Montiran na brod ili vučen za brodom
BUBBLE PULSER	0,4	0,3 – 0,5	20 – 100	Površinski katamaran
BOOMER	0,3 – 6	0,2 – 0,5	20 – 150	Površinski katamaran
SPARKER	0,2 – 3	0,3 – 1	30 – 750	Površinski katamaran ili vučen za brodom
MINI-AIRGUN	0,1 – 3	0,5 – 1	30 – 200	Vučen za brodom

Način rada geološkog dubinomjera (Slika 4.3) temelji se na širenju akustičnih (zvučnih) valova koje odašilje odašiljač (engl. *transmitter*) koji se reflektiraju od morskog dna i podpovršinskih naslaga različitom brzinom (zbog promjene gustoće prilikom prolaska kroz različite naslage). Reflektirani valovi se zatim vraćaju na površinu mora i registriraju na prijammniku (engl. *receiver*). Kao rezultat snimanja dobiva se grafički prikaz morskog dna i područja ispod površine morskog dna, koji se naziva seizmički profil visoke rezolucije. Geološki uvjeti na istraživanom području zajedno s tehničkim mogućnostima uređaja kojim se snima, uvjetuju koja će se vrsta akustičnog izvora koristiti te je na uređaju potrebno definirati frekvenciju primijenjene geofizičke opreme. Upotrebom visoke frekvencije povećava se rezolucija pri čemu se smanjuje dubina prodiranja, dok niža frekvencija ima veću sposobnost prodiranja u sedimente.



Slika 4.3. Shematski prikaz snimanja geološkim dubinomjerom (modificirano prema Zhao et al., 2020).

Podaci se bilježe u XTF formatu (engl. *extended Triton format*) formatu kojeg je izradila tvrtka Triton (Triton Imaging Inc. 2014) iz Sjedinjenih Američkih država. Prednost XTF formata je u tome da ga korisnik može lako prilagoditi prema željenim karakteristikama i daljnjoj obradi podataka. Dobiveni podaci su izraženi u milisekundama, koje predstavljaju dvosmjerno vrijeme puta (TWT – engl. *two-way time*). Općenito seizmička brzina akustičnog signala se povećava s povećanjem gustoće sedimenata i stijena. U Tablici 2 su prikazane brzine akustičnog signala za neke materijale. S obzirom da svaki sediment ima svoju karakterističnu brzinu, te je za svaki pojedini sediment rijetko dostupna, pri izračunu dubine uzima se prosječna brzina od 1 500 m/s. Dubine se računaju prema jednadžbi (Stoker et al., 1997):

$$D = \frac{TWT}{2} \times V, \quad (2.1.)$$

gdje je: D = dubina, TWT = dvostruko vrijeme puta, V = prosječna brzina akustičnog signala (1 500 m/s).

Tablica 2. Primjeri seizmičkih brzina (preuzeto iz Stoker et al., 1997).

<b>VRSTA MATERIJALA</b>	<b>SEIZMIČKA BRZINA</b>
Voda	1 490 m/s
Glacio-marinski mulj	1 500-1 800 m/s
Glacijalna morena	1 600-2 700 m/s
Vapnenac	3 500-6 500 m/s
Granit	4 600-7 000 m/s

Prilikom istraživanja slijeda naslaga u Koločepskom kanalu korišten je geološki dubinomjer ORE Pinger primjenom frekvencije od 3.5 kHz koji se sastoji od: primopredajnika/prijamnika i O.R.E. sonde pretvarača (engl. *transducer*). Podaci se bilježe pomoću sustava digitalne akvizicije Triton SB-Logera (v 7.3, Triton Imaging Inc., Capitola, CA, SAD). Prijamnik prima električni signal kojeg odašilje primopredajnik. Zaprimljeni podatci iz XTF formata se formatiraju u *SEG-Y format* (definiran od strane Američkog geofizičkog društva) u svrhu interpretacije u odabranom programu. Format je georeferenciran, te sadrži podatak o dubini reflektora u odnosu na površinu mora. Za interpretaciju seizmičkih profila visoke rezolucije korišten je *GeoSuite AllWorks* program (verzija 2.6.7, Geo Marine Survey System, Rotterdam, Nizozemska). Preračunavanje dubine iz brzine i TWT izvršeno je u programu *GeoSuite AllWorks* korištenjem opcije *Seismic options* unošenjem parametra za prosječnu brzinu od 1500 m/s.

Dodatna snimanja su napravljena koristeći višesnopni dubinomjer visoke rezolucije (engl. *Multibeam echosounder – MBS*) - Teledyne RE-SON model SeaBat T20-P, pri čemu je istražen dio obale na kojoj su zapažene vrulje, a isto tako i izdignuti blok koji je primijećen prilikom snimanja geološkim dubinomjerom. MBS je uređaj sa površinskim pozicioniranjem na temelju diferencijalnog sustava globalnog pozicioniranja (engl. *differential global positioning system - DGPS*) uz gibanje sonara u stvarnom vremenu (engl. *real time kinematic - RTK*). MBS istraživanje je provedeno u suradnji s Geomar d.o.o., Split.



#### 4.1.2. Jezgre sedimenata

Pomoću plutajuće platforme Hrvatskog geološkog instituta „Q2“ s tornjem, vitlima i klipnim jezgrilom – *Piston Corer* „*Niederreiter*“ *UWITEC* izbušene su 2 jezgre neporemećenih marinskih sedimenata u PVC cijevima dužine do 7 m i promjera 6 cm (Slika 4.4). Jezgre sedimenata su potom spremljene u rashladnu komoru na 4°C gdje su čuvane do otvaranja i pripreme za daljnje analize. Za dodatne analize uzorkovane su i kratke jezgre dužine do 1 m. Jezgre sedimenata su detaljno analizirane u centimetarskoj rezoluciji različitim metodama koje su opisane u nastavku. Popis jezgara s pripadajućim lokacijama nalazi se u Tablici 3.



*Slika 4.4. Uzorkovanje jezgre u Koločepskom kanalu pomoću plutajuće platforme „Q2“ s tornjem, vitlima i klipnim jezgrilom.*

Tablica 3. Jezgre sedimenata izbušene u Koločepskom kanalu (koordinate uzorkovanja su prikazane na slici 5.1).

Oznaka jezgre	Dužina jezgre (cm)	Dubina mora (m)	Koordinate uzorkovanja (HTRS96)
<b>KK-1</b>	470	58	X 42.766828 Y 17.834697
<b>KK-2</b>	277	57	X 42.77702 Y 17.844852
<b>Kratka KK-1A</b>	0-19	58	X 42.766828 Y 17.834697
<b>Kratka KK-1B</b>	0-19	58	X 42.766828 Y 17.834697
<b>Kratka KK-2A</b>	0-21	57	X 42.77702 Y 17.844852
<b>Kratka KK-2B</b>	0-22	57	X 42.77702 Y 17.844852
<b>Kratka KK-2C</b>	0-22	57	X 42.77702 Y 17.844852

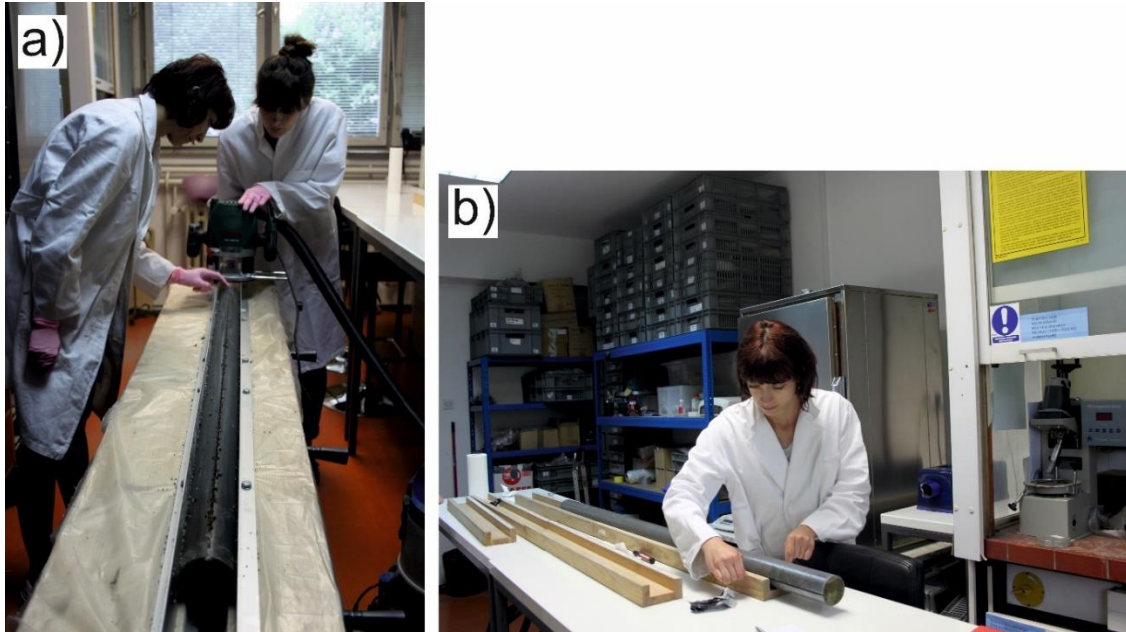
#### 4.2. Laboratorijske analize

Većina laboratorijskih analiza provedena je u laboratoriju Zavoda za mineralne sirovine na Hrvatskom geološkom institutu (HGI), dok su analize koje nisu provedene na HGI posebno naznačene.

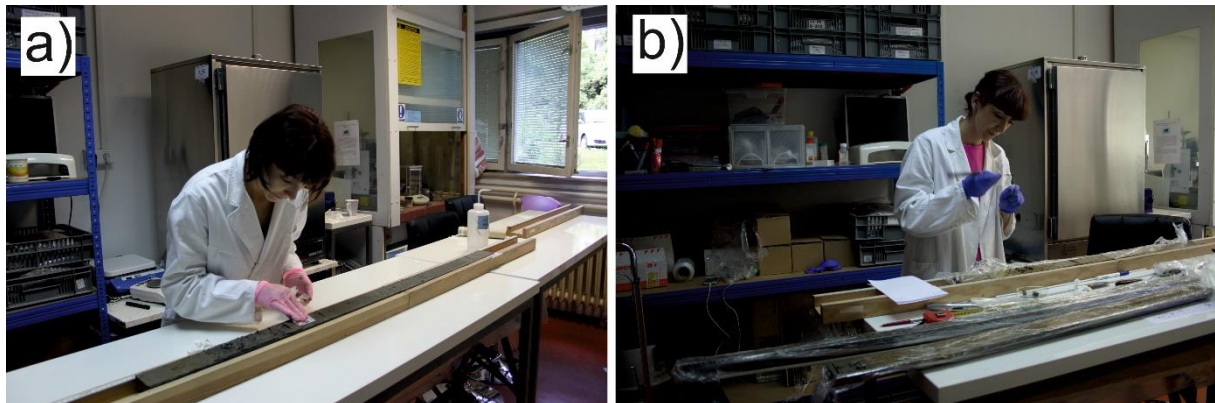
##### 4.2.1. Fotodokumentacija, spektralna analiza boje i mjerenje magnetskog susceptibiliteta

Analiza jezgara sedimenata obuhvaća standardni postupak pripreme jezgara koje su uzorkovane plastičnim cijevima promjera 6 cm. Jezgre su se prvo uzdužno prepile na dva jednaka dijela (Slika 4.4 a, b). Jedna polovica je za arhivu, a druga je radna. Arhivska polovica se čuva u rashladnoj komori na maksimalnoj temperaturi do 4°C. Zamotana je tankom prozirnom plastičnom folijom i vakumirana. Radna polovica je prvo fotodokumentirana i opisana, potom

je prekrivena tankom prozirnom plastičnom folijom nakon čega se je pristupilo daljnjim analizama (Slika 4.5 a, b).



*Slika 4.4. Priprema jezgre sedimenata s prostora Koločepskog kanala za analize: a) piljenje plastične jezgrene cijevi na dva dijela, b) dijeljenje jezgre uz pomoć tankog plastičnog konca da bi se odvojila radna od arhivske polovice.*



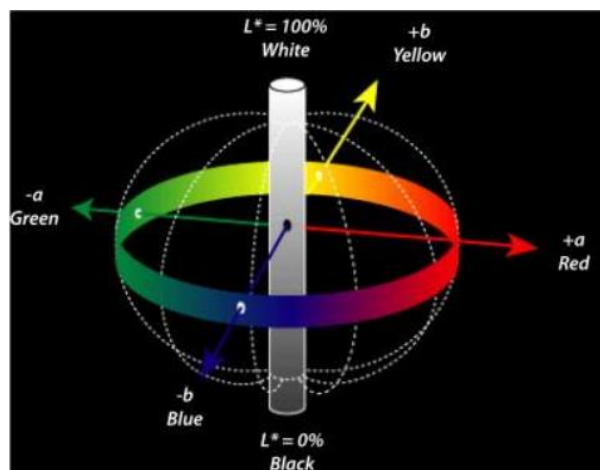
*Slika 4.5. Priprema jezgara sedimenata s prostora Koločepskog kanala za analize: a) ravnanje površine kao priprema za foto dokumentiranje i b) uzimanje uzoraka.*

Boja sedimenta može varirati, a ovisna je o uvjetima sedimentacije, promjenama unutar taložnog okoliša, donosu/odnosu materijala i litološkim karakteristikama, te može dati podatke o uvjetima u okolišu u vrijeme taloženja sedimenta. Mjerenju boje se pristupilo neposredno

nakon rezanja jezgre, jer sediment izložen zraku vrlo brzo mijenja svoju primarnu boju. Spektralna analiza boje mjerena je u intervalu od 1 cm pomoću ručnog spektrofotometra *X-Rite DTP22/Digital Swatchbook* (Slika 4.6). Tradicionalno određivanje boje prema Munsellovom atlasu boja na mokrim uzorcima pri danjem svjetlu je zamijenjeno korištenjem spektrofotometra (Deaton, 1987; Deaton et al., 1996) (Slika 4.6). Rezultat mjerenja spektrofotometra opisan je u prostoru boja CIE  $L^*a^*b^*$ . Model boja definiran je prema Međunarodnoj komisiji za osvjetljenje (*Commission internationale de l'éclairage – CIE*) (Slika 4.7). Parametar  $L^*$  opisuje svjetlinu s pozitivnim vrijednostima u rasponu od 0% (crno) do 100% (bijelo), parametar  $a^*$  opisuje odnos crvene i zelene boje u rasponu od +60 (crveno) do -60 (zeleno), parametar  $b^*$  opisuje odnos žute i plave boje u rasponu od +60 (žuto) do -60 (plavo). Parametar  $L^*$  može ukazivati na udio organskog ugljika i karbonata. Niže vrijednosti  $L^*$  (tamnija boja) mogu biti indikator povećane koncentracije organskog ugljika. Više vrijednosti  $L^*$  (svjetlija boja) mogu ukazivati na veći udio karbonata (Debret et al., 2011). Više vrijednosti parametra  $a^*$  mogu biti indikator prisutnosti oksida željeza, dok se parametar  $b^*$  često koristi kao indikator reduktivnih i anoksičnih uvjeta u okolišu (Debret et al. 2006; Debret et al., 2011). U laboratoriju Zavoda za mineralne sirovine na HGI-u snimljena je boja na jezgrama sedimenata KK-1 i KK-2 upotrebom spektrofotometra.



*Slika 4.6. Ručni spektrofotometar X-Rite DTP22/Digital Swatchbook Hrvatskog geološkog instituta korišten za mjerenje spektralne boje izbušenih jezgri u Koločepskom kanalu.*



Slika 4.7. CIE  $L^*a^*b^*$  trodimenzionalan prostor prikaza boje.  $L^*$  (bijela/crna),  $a^*$  (crvena/zelena) i  $b^*$  (žuta/plava) parametri korišteni za spektralnu analizu boje izbušenih jezgri u Koločepskom kanalu (Debret et al., 2011).

Nakon odredbe spektralne analize boja pristupilo se mjerenju magnetskog susceptibiliteta. Magnetski susceptibilitet (MS) mjereno je pomoću ručnog uređaja *Bartington MS2* s pratećim programom Multisus (Slika 4.8), koristeći ravni površinski senzor koji mjeri volumni magnetski susceptibilitet – MS2E u intervalu od 1 cm. Magnetski susceptibilitet izražava se u *cgs* jedinicama (centimetar, gram, sekunda) ili u SI jedinicama za volumni MS ( $10^{-5}$  SI). Prilikom mjerenja MS-a na jezgrama sedimenata iz Koločepskog kanala korištene su SI jedinice. Poželjno je da su površina jezgre i senzor približno iste temperature radi jednostavnijeg i bržeg mjerenja. Magnetski susceptibilitet je mjera kojom iskazujemo obilježja materijala s obzirom na njegova magnetska svojstva. Magnetičnost ovisi o vrsti minerala koji materijal sadrži. Razlikujemo ferimagnetične minerale (npr. magnetit) - s najvećim magnetskim susceptibilitetom; feromagnetične (npr. hematit, željezo, kobalt, nikal) - nešto niži magnetski susceptibilitet od prethodnog; paramagnetične (npr. minerali glina, pirit, biotit) – slab magnetski susceptibilitet i dijamagnetične minerale (npr. karbonati, kvarc, bakar, silicij i organska tvar) – slab do blago negativan magnetski susceptibilitet.

Magnetski susceptibilitet je izmjeren na jezgrama KK-1 i KK-2 u laboratoriju Zavoda za mineralne sirovine na HGI-u.



*Slika 4.8. Ručni uređaj Bartington MS2 s pratećim programom Multisus Hrvatskog geološkog instituta korišten za mjerenje magnetskog susceptibiliteta izbušenih jezgri u Koločepskom kanalu.*

#### 4.2.2. Određivanje starosti radioaktivnim ugljikom $^{14}\text{C}$ AMS

Metodom radioaktivnog ugljika ( $^{14}\text{C}$ ) uspješno se mogu datirati različiti organski materijali kao što su: drvo, drveni ugljen, treset, bilje, ljuštore ili kosti koji u svom sastavu sadrže ugljik i stari su do 60 000 godina (Walker, 2005).  $^{14}\text{C}$  nastaje u atmosferi međudjelovanjem neutrona iz kozmičkog zračenja i jezgara dušika. Za dobivanje relativnog broja  $^{14}\text{C}$  atoma u uzorku, potrebno je ubrzati čestice pa se za takvu analizu koristi metoda akceleratorne masene spektrometrije (AMS). Za mjerenja ovom metodom potrebna je vrlo mala količina uzorka od 10 do 15 mg.

Uzorci iz jezgara sedimenata s prostora Koločepskog kanala su datirani AMS metodom u laboratoriju *BETA Analytic Radiocarbon Dating*, Miami u Sjedinjenim Američkim Državama. Dobiveni datumi su kalibrirane na temelju MARINE 13 krivulje (Reimer et al., 2013), a za izradu modela dubina-starost (engl. *age-depth modeling*) i određivanje brzine sedimentacije koristio se program CLAM 2.2 (Blaauw, 2010). U jezgri KK-1 analizirana su ukupno dva

različita uzorka ljuštura s dubine 157 cm i u intervalu od 251-253 cm, dok u jezgri KK-2 nije pronađen niti jedan uzorak koji je zadovoljavao kriterije za analizu.

#### 4.2.3. Granulometrijska analiza

Granulometrija je određivanje veličine zrna i njihove raspodjele i zastupljenosti u zrnatim materijalima, te se smatra jednim od najvažnijih fizičkih obilježja sedimenata. Rezultati granulometrijskih analiza nam daju informaciju i o energiji vode u jezerima ili morima (Arnaud, 2005). U ovom istraživanju granulometrijske analize napravljene su na laserskom difraktometru *Shimadzu Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-2300* (Slika 4.9) s rasponom mjerenja od 17 nm - 2500  $\mu\text{m}$ . Prilikom analiza korišten je računalni program *Wing SALD II PC*.



*Slika 4.9. Laserski difraktometar Shimadzu Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-2300 Hrvatskog geološkog instituta korišten za određivanje veličine zrna, njihove raspodjele i zastupljenosti u materijalima jezgre Koločepskog kanala.*

Priprema uzorka je započinje odvagom 0,1 g uzorka u koji se dodalo 0,2 ml vodikovog peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) za uklanjanje organske tvari te ostavilo da odstoji 24 sata prije daljnje analize. Uzorci u ovom istraživanju sadrže 50 % karbonatne komponente. Neposredno prije samog

mjerenja na laserskom difraktometru uzorci su dispergirani dodatkom 2 ml natrijevog heksametafosfata ((NaPO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>) radi sprječavanja agregacije čestica glina te se stavljaju na tresilicu oko 30 minuta.

Postupak mjerenja veličine zrna sastoji se od dodavanja smjese uzorka u posudu s miješalicom koja je ispunjena destiliranom vodom. Uzorak je potom pomoću pumpe i miješalice miješao i cirkulirao kroz ćeliju – *flow cell*. Postavljena je brzina pumpe koja je za ovo mjerenje bila 5. Mjerenja se zasnivaju na principu prolaska laserske zrake koje se raspršuju uslijed prolaska kroz ćeliju s uzorkom. Kada se intenzitet svjetlosti ustabili između 35 i 75% može se pristupiti mjerenju čestica u uzorku. Vrijeme mjerenja je oko 5 sekundi, a mjerenje se izvodi pet puta sa i pet puta bez sonikatora (ultrazvuka) na svakom uzorku nakon čega se pomoću računalnog programa *Wing SALD II* izračuna srednja vrijednost veličine zrna pojedinog uzorka. Daljnja statistička obrada rezultata napravljena je u programskom paketu GRADISTAT (Blott & Pye 2001) gdje se odabiru tri mjerenja sa najmanjom razlikom u standardnoj devijaciji. Ukupno je analizirano 56 uzoraka iz jezgre KK-1 i 28 uzoraka iz jezgre KK-2, što čini ukupno 84 analiza.

#### 4.2.4. Analiza mineraloškog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

Kvalitativna analiza ukupnog mineralnog sastava na neorijentiranim praškastim uzorcima određena je metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD) na rendgenskom difraktometru *PANalytical X'Pert Powder* u programskom paketu *X'Pert Quantify* (Slika 4.10). Na orijentiranim uzorcima su identificirani minerala glina. Minerali glina nastaju za vrijeme pedogenetskih procesa i trošenjem stijena na površini Zemlje, pri čemu je njihov mineralni sastav ovisan o sastavu ishodišnih stijena, klimatskim i geomorfološkim uvjetima. Iz tog razloga se mogu koristiti kao odličan pokazatelj paleoklimatskih promjena te se na temelju njihovog sastava mogu donositi zaključci o njihovom porijeklu, klimi i okolišu. Kaolinit i smektit nastaju kemijskim trošenjem u uvjetima tople i vlažne klime, dok su illit i klorit rezultat fizičkog trošenja u uvjetima gdje vladaju hladni i suhi glacijalni uvjeti visokih geografskih širina (Meunier, 2003; Chameley, 1989).





*Slika 4.10. Rendgenski difraktometar PANalytical X'Pert Powder Hrvatskog geološkog instituta korišten za analizu mineraloškog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu na uzorcima Koločepskog kanala.*

Rendgenski difraktometar *PANalytical X'Pert Powder* opremljen je keramičkom rendgenskom cijevi s Cu anodom ( $\text{CuK}\alpha_1$  zračenje valne duljine  $\lambda=1,5404 \text{ \AA}$ ), vertikalnim goniometrom  $\Theta$ - $\Theta$  geometrije i PIXcel detektorom. Mineralni sastav u uzorcima s prostora Koločepskog kanala određen je pri naponu rendgenske cijevi od 45 kV, jakosti struje od 40mA, a veličina koraka je iznosila  $0.02^\circ 2\Theta$  s vremenom mjerenja po koraku 4 s. Obzirom da svaki mineral ima jedinstvenu difrakcijsku sliku, konverzijom  $2\Theta$  kutova difrakcijskih maksimuma i pripadajućim međumrežnim razmakom moguća je identifikacija pojedinog minerala.

Priprema uzorka za kvalitativnu analizu uključuje sušenje uzorka, potom usitnjavanje na veličinu praha u ahatnom tarioniku i utiskivanje uzoraka na aluminijske nosače pri čemu se dobiva glatka zaravnjena površina s nasumičnom distribucijom uzorka. Priprema uzoraka za analizu minerala glina uključuje izradu orijentiranih uzoraka čime se naglašavaju bazalni maksimumi koji su karakteristični za pojedine minerale glina. Priprema orijentiranih uzoraka uključuje uklanjanje karbonata (kalcita i aragonita). Izdvojeno je 10 g svakog uzorka u koje je dodano 100 ml 1M puferirane otopine NaOAc. Nakon otapanja karbonata, uzorci su isprani destiliranom vodom, te je izdvojena glinovita frakcija pomoću centrifuge. Tako pripremljeni

uzorci su potom stavljeni na stakalca pomoću kapaljke. Zatim se suše na zraku, te su saturirani s etilen glikolom i žareni oko 30 minuta na 400°C i oko 30 minuta na 550°C.

Mineralni sastav uz pomoć rendgenskog difraktometra određen je u uzorcima iz 5 kratkih jezgara sedimenata koje su izbušene u Koločepskom kanalu: KK-1A, KK -1B, KK -2A, KK -2B i KK -2C i na 2 duge jezgre KK-1 i KK-2. Ukupno je analizirano 14 uzoraka iz kratkih i 34 uzorka iz dugih jezgara. Minerali glina detaljnije su određeni na 14 uzoraka iz istih jezgra.

#### 4.2.5. Kemijske analize

##### 4.2.5.1. Analiza geokemijskog sastava sedimenata na $\mu$ XRF skeneru za jezgre

Analiza geokemijskog sastava jezgara sedimenata napravljena je na Institutu za znanost o moru (CNR-ISMAR) u Bologni. Za analizu je korišten skener za jezgre *Avaatech XRF Core Scanner*-a (Slika 4.11). Skener je opremljen rodijskom (Rh) rtg cijevi, a jezgra je analizirana u intervalu od 1 cm. Svaka jezgra snimljena je dva puta pod naponom cijevi od 10 i 30 kV i jakosti struje od 400 mA. Pod naponom od 10 kV analizirani su elementi manjeg atomskog broja: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Rh i Ba. Pod naponom od 30 kV analizirani su elementi s većim atomskim brojem: Ni, Cu, Zn, Ga, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pb i Bi. Prema Last & Smol (2001) kemijski elementi mogu biti dobri indikatori pojedinih procesa u marinskim sedimentima. Pa tako glavni litogeni elementi Si, Al, Ti, K, Na, Mg, Fe, Zr, La su indikatori terigenog donosa materijala iz sliva. Ca, Mg i Sr su indikatori taloženja karbonatnih minerala. Mobilni elementi Mo, Mn, Fe, V i S su indikatori redoks uvjeta. Alkalijski elementi Na, K i Mo su indikatori utjecaja morske vode u sedimentima. Elementi u tragovima As, Ba, Co, Cu, Cr, Ag, V, Hg, Cd, Pb, Zn, Ni, Sb i Sn su metali i teški metali koji su indikatori antropogenog onečišćenja. Nutritivni elementi C, N, Br i P su indikatori produktivnosti i stanja trofije vodenih sredina. Rb ukazuje na povećani doprinos minerala glina u sedimentu. Dok omjeri kao što su npr. Sr/Ca čiji nagli pad omjera upućuje na razvoj slatkovodnog do bočatog okoliša bez izravnog morskog utjecaja. Omjer Zr/Ti ukazuje na prisustvo vulkanske faze, tefre, a Si/Ca je indikator terigenog donosa. Omjer Ca/Fe ukazuje na varijaciju donosa terigenog sedimenta. Analiza jezgara sedimenata  $\mu$ XRF metodom ima sve veću primjenu u istraživanju okoliša, pa se tako elementi i njihovo omjeri koriste kao važni pokazatelji u interpretaciji klimatskih uvjeta, porijekla materijala, redoks uvjeta, organske produktivnosti, trošenja i erozije (Jouve et al., 2013; Croudace & Rothwell, 2015; Filikci et al., 2017). Jezgre sedimenata

su prije analize prekrivene tankom prozirnom folijom kako bi se izbjegla kontaminacija uzoraka. Dobiveni rezultati su semi-kvantitativni, a vrijednosti su prikazane kao omjeri elemenata ili engl. *counts per seconds* (cps) (Croudace et al., 2006). Rezultati su prikazani grafički u programu C2 (Juggins, 2011). Određena je distribucija 27 elemenata u jezgri KK-1. Na jezgri KK-2 nije rađena analiza sedimenata na  $\mu$ XRF.



*Slika 4.11. Avaatech XRF Core Scanner Instituta za znanost o moru (CNR-ISMAR) u Bologni korišten za analizu kemijskog sastava sedimenata Koločepskog kanala.*

#### *4.2.5.2. Analiza organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika*

U paleoklimatskim i marinskim istraživanjima mjerenje ukupnog organskog ugljika vrlo je česta metoda koja služi kao indikator produktivnosti u slivu i moru što se može povezati s temperaturnim promjenama i donosom nutrijenata (Lamb et al., 2006; Das et. al., 2013). Omjer C/N je izvrstan alat za razlikovanje kopnenog od morskog porijekla organske tvari (Lamb et. al., 2006). Dušik, kao i ugljik, je porijeklom iz kopnenih izvora ili vodenih sustava. Visok omjer C/N ukazuje da dominira organska tvar koja je sadržana u terestičkim biljkama te je donešena u taložni sustav erozijom, dok niski omjer C/N ukazuje da dominira organska tvar porijeklom iz fitoplanktona, tj. da prevladava dubljevodni okoliš s visokom primarnom produkcijom (Meyers & Teranes, 2001).

Izravno mjerenje ukupnog ugljika (TC) i dušika (N) na uzorcima iz jezgara u Koločepskom kanalu napravljeno je na CN analizatoru *Thermo Fischer Scientific, Flash 2000 NC Analyzer* i pratećim programom *Eager Xperience* (Slika 4.12). Jezgre su uzorkovane u intervalima od 10 cm duž obje jezgre. Uzorci su prvo zamrznuti u dubokom zamrzivaču, te potom sušeni u liofilizatoru *SP Scientific VirTis BenchTop Pro*. Nakon sušenja, uzorke je potrebno dobro usitniti i očistiti od većih fragmenata. Izdvojeno je 1-2 g suhog uzorka iz svakog intervala, koji su prije vaganja dodatno usitnjeni u ahatnom tarioniku. Uzorak se stavlja u kositrene kapsule i oblikuje u male kuglice koje se stavljaju na nosač CN analizatora. CN analizator radi na principu spaljivanja uzorka na visokim temperaturama od 900°C na prvom reaktoru u čistom kisiku (99,996%) pri čemu sav ugljik u uzorku oksidira u CO<sub>2</sub> i oslobađa. Pri tome dolazi do oksidacije dušika u uzorku i nastaju dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>) i molekularni (N<sub>2</sub>). Plin nosioc je helij (He) koji vodi nastale produkte do drugog reaktora, gdje bakar (Cu) reducira nastale dušikove okside do molekularnog dušika pri 680°C. Za određivanje ukupnog organskog ugljika (TOC) korištena je direktna metoda gdje su uzorci tretirani s klorovodičnom kiselinom (1 g uzorka + 8 ml 4,2M HCL) (Tung & Tanner, 2003) u periodu od 24 sata čime su otopljeni karbonatni minerali (kalcit, aragonit i dolomit). Potom su centrifugirani 2 puta s dodatkom destilirane vode. Nakon sušenja ponovno je izvagano 1-2 g uzorka, koji su usitnjeni i stavljeni u kositrene kapsule koje se postavljaju na nosač CN analizatora. Organski ugljik se dobiva umnoškom otopljenog ugljika i netopivog ostatka, dok ukupni anorganski ugljik (engl. *Total Inorganic Carbon* - TIC) čini razliku ukupnog ugljika i organskog ugljika. Omjer C/N predstavlja omjer između organskog ugljika (TOC) i ukupnog dušika (N). Ovom metodom analizirano je 56 uzoraka iz jezgre KK-1 i 28 uzoraka iz jezgre KK-2, što čini ukupno 84 uzorka.



*Slika 4.12. CN analizator za tla i sedimente Thermo Fischer Scientific, Flash 2000 NC Analyzer Hrvatskog geološkog instituta korišten za analizu organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika na uzorcima jezgara Koločepskog kanala.*

#### 4.2.6. Paleontološke analize

Paleontološka analiza je napravljena dodatno s ciljem pouzdanije interpretacije paleookoliša u kojemu su taložene uzorkovane naslage i odredbe što točnijeg prijelaza kopno-more. Foraminifere su jedne od najvažnijih organizama za odredbu paleookoliša. Njihove kućice ostaju dobro sačuvane u sedimentu što omogućuje interpretaciju okoliša (Scott et al., 2001). Isto tako i ostrakodi koji su iznimno osjetljivi na okolišne uvjete te se svega nekoliko vrsta može naći u istim okolišima (Boomer & Eisenhauer, 2002). Za analizu foraminifera korišten je FOBIMO (FOraminiferal BIO-MOnitoring) standardizacijski protokol (Schönfeld et al., 2021). Iz jezgre KK-1 uzeto je 8 uzoraka od 5 cm<sup>3</sup> pomoću šprice bez dna. Uzorci su pripremljeni metodom mokrog sijanja tako da su ostavljeni namočeni u destiliranoj vodi te potom prosijavani uz pomoć mlaza destilirane vode kroz sito s otvorom mreže od 0,063 mm. Nakon sijanja uzorci su dekantirani kroz filter papir i potom sušeni u sušioniku na 40°. Uzorci su pregledani binokularnom lupom *Euromex*, te su fotografirane pripadajućom kamerom pomoću programskog paketa *ImageFocus4*. Manji broj foraminifera snimljen je primjenom

skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM) *Jeol JSM-35 CF* na naponu od 20 kv. Za identifikaciju rodova i vrsta foraminifera koristile su se dvije klasifikacije Loeblich & Tappan (1987) i Cimerman & Langer (1991).

### 4.3. Statistička analiza geokemijskih podataka

Geokemijski podaci klasičan su primjer podataka o sastavu uzorka sedimenta (Aitchison, 1986) gdje informacije su dobivene iz omjera između komponenti, a ne u njihovim apsolutnim vrijednostima. Ova činjenica zahtijeva pažljivu statističku obradu, budući da su nedostaci ove metode, uključujući podatke o sastavu, multivarijantne prirode, ali kao što je navedeno u Chayes (1960) problem može biti u konvencionalnim pristupima. Rješenje za to je transformacija logaritamskog omjera podataka prikazanih u Aitchison (1986), gdje autor uvodi transformaciju logaritamskog omjera (alr) i transformaciju centriranog logaritamskog omjera (clr), gdje je clr definiran kao:

$$clr(x) = \left[ \ln \frac{x_1}{g_m(x)}, \ln \frac{x_2}{g_m(x)}, \dots, \ln \frac{x_D}{g_m(x)} \right], \quad (4.4.1.)$$

gdje je  $g_m^{(x)}$  geometrijska sredina komponentata u  $x$ . Clr je izometrija koja je često prikladna za računalne probleme (Pawłowsky-Glahn et al., 2015). Kompozicijski dijagram koji je uveo Aitchison (1986) temelji se na clr transformaciji. Clr-transformirane varijable ne bi se trebale pogrešno zamijeniti sa osnovnim varijablama budući da su sve one povezane preko  $g_m^{(x)}$ , stoga se interpretacija kompozicijskog dijagrama razlikuje od one klasične analize glavnih komponenti (engl. *principal component analyses* - PCA). Općenito, mnogo se više pažnje posvećuje vezama između zraka nego samih zraka (PCA opterećenja), iako zrake posjeduju neku interpretabilnost. Središte dijagrama predstavlja srednji skup podataka. Duljina zrake je mjera varijabilnosti clr komponentata. Duljina veze je mjera varijabilnosti log-omjera dva uključena dijela. Kutovi između veza daju informacije o korelaciji dvaju jednostavnih logaritamskih omjera (Pawłowsky-Glahn et al., 2015). Analizom kompozicijskih biplot odnosa između elemenata mogu se dobiti grupe elemenata (Razum et al., 2020a), međutim, važno je analizirati svaku litološku jedinicu zasebno. Ovo je važno budući da će različiti geokemijski uvjeti u različitim skupinama rezultirati varijacijom podataka između skupina, dok će u svakoj zasebnoj skupini varijacije biti posljedica geokemijskih uvjeta, a ne razlika između skupina. Međutim, ako želimo usporediti skupine kako bismo vidjeli, na primjer, gdje je detritus najizraženiji, tada mora biti uključen cijeli skup podataka.

Geokemijska interpretacija je temeljena na kompozitnom (sastavnom) pristupu koristeći središnju transformaciju logaritamskog omjera (engl. *center log-ratio* – clr) geokemijskih podataka. Na taj je način u potpunosti uvažena multivarijantna analiza geokemijskih podataka, što je omogućilo precizniju interpretaciju. Interpretacija clr dijagrama dobro je objašnjena u Pawlowsky-Glahn et al. (2015).

#### 4.4. Geografski informacijski sustav (GIS)

Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav koji stvara, upravlja, analizira i kartira sve vrste podataka. GIS povezuje podatke s kartom, integrirajući podatke o lokaciji (gdje se ti podaci nalaze u prostoru) sa svim vrstama opisnih informacija (kakve su podaci na kojem području tamo). GIS pruža temelj za kartiranje i analizu koji se koristi u znanosti, ali i gotovo svakoj današnjoj industriji (izvor: [www.esri.com](http://www.esri.com)).

Za potrebe izrade ovog rada korišten je program *ESRI ArcGIS®*, *ArcMap™ 10.2 for Desktop* (*Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI) 2018*). Program je korišten za izradu karata izvedenih iz interpretacije geofizičkih profila visoke rezolucije. Na temelju interpretiranih dubina odabranih horizonata, uz korištenje alata *Spatial Analyst*, funkcije *Topo to raster*, interpolacijom podataka izrađene su strukturne karte po dubinama odabranih horizonata i karte debljine sedimenata. Za detaljniju analizu podataka dobivenih snimanjem *Multibeam*-om (MBS), uz korištenje alata *3D Analyst toolbar*, funkcije *Interpolate Line*, dobiveni su poprečni profili izdignutog bloka. Istom funkcijom su dobiveni profili koji prikazuju barijere i najdublje dijelove kanala po batimetriji odabranih horizonata.

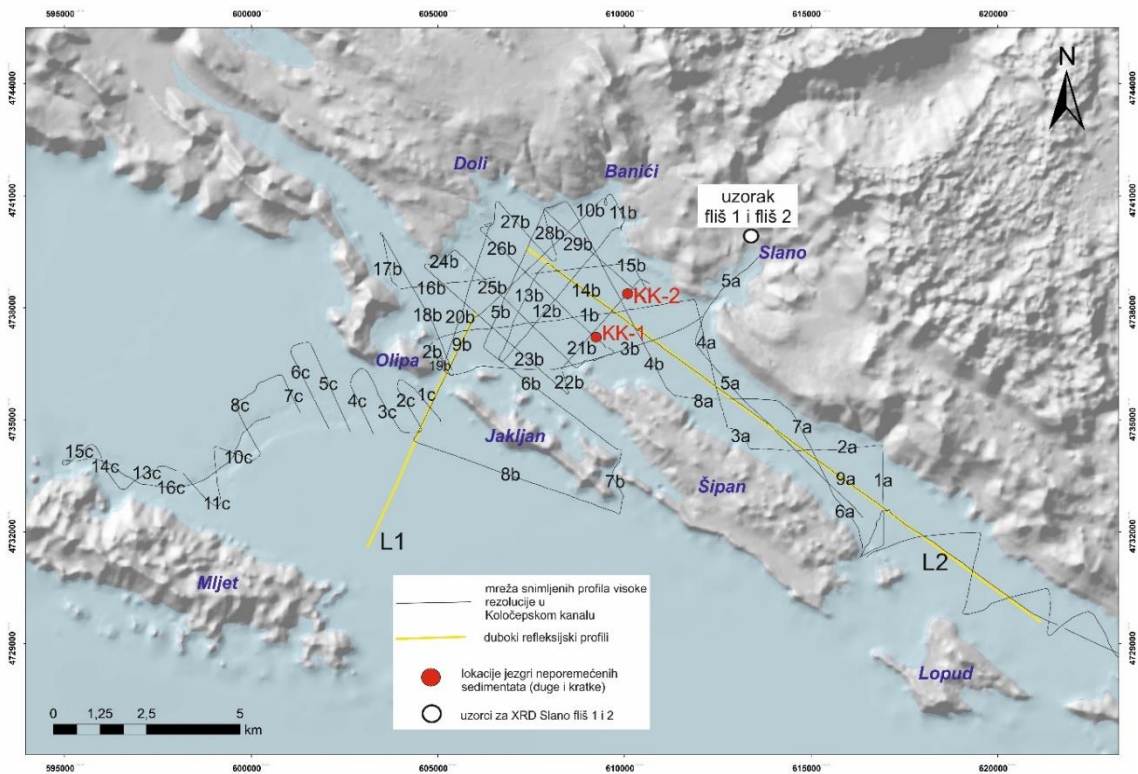
Kao podloga pri obradi podataka korišten je digitalni model reljefa – DMR (engl. *Digital Elevation Model* – DEM) izrađen prema topografskoj karti mjerila 1:25.000 (Državna geodetska uprava, DGU) s veličinom ćelije 25x25 m. Digitalni model reljefa DMR predstavlja skup položajno (i visinski) određenih točaka i geometrijskih elemenata (prijelomnica, linija oblika i površina isključenja) koje su definirane koordinatnim sustavom i geografskom projekcijom potrebnih za prikaz Zemljine površine (izvor: [www.dgu.gov.hr](http://www.dgu.gov.hr)).

Za prikaz današnje batimetrije podmorskog dijela područja istraživanja korišteni su podaci batimetrijske karte Hidrografskog instituta (*Hidrografska karta otoka Olipa i Slano, List 71*) koji su digitalizirani te su na temelju dobivenih podataka izrađene batimetrijske karte.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Rezultati geofizičkih akustičnih istraživanja

Od ukupno snimljenih 54 profila visoke rezolucije, interpretirana su odabrana 52 profila ukupne dužine od 703,91 km (Slika 5.1). Dva profila nisu prikazana, jer nisu zadovoljavajuće kvalitete (profili 8a i 11b). Za bolje razumijevanje strukturno-geološke građe i taložnog slijeda naslaga u Koločepskom kanalu, osim navedenih profila analizirana su i dva refleksijska seizmička profila L1 i L2 (Slika 5.1). U narednom dijelu ovog poglavlja prikazano je i opisano 30 interpretiranih i reprezentativnih profila visoke rezolucije, dok su preostala 22 profila prikazana u Prilogu 2-4, 6-16 i 18-25.



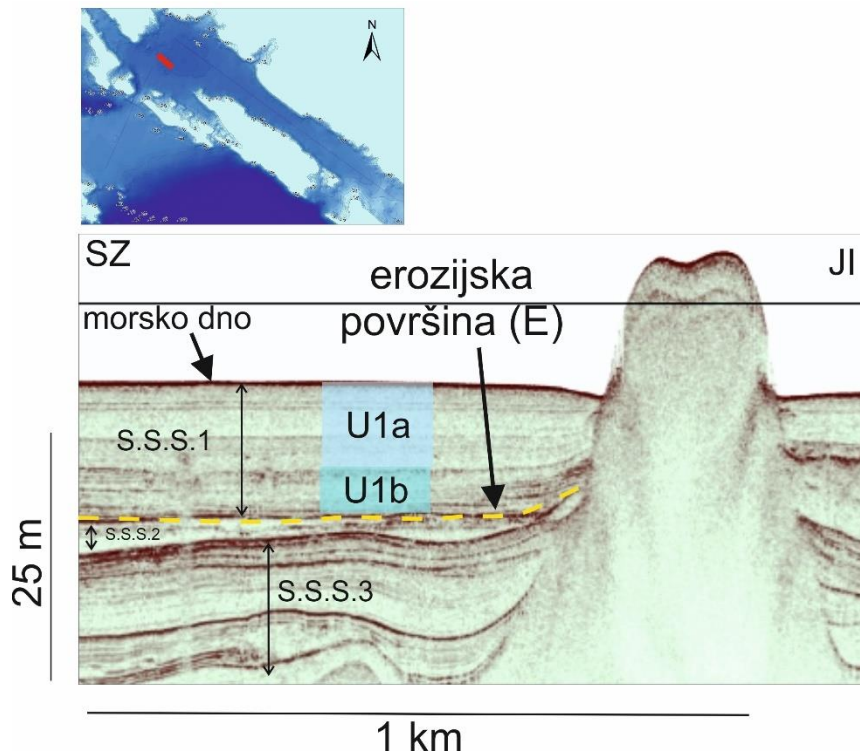
Slika 5.1. Prikaz mreže profila visoke rezolucije snimljenih u Koločepskom kanalu. Tragovi profila visoke rezolucije su prostorno podijeljeni u tri dijela označena slovima: a) - južni dio, b) - središnji dio i c) - vanjski dio. Tragovi analiziranih refleksijskih seizmičkih profila L1 i L2 su označeni žutim linijama. Lokacije bušotina iz kojih su dobivene neporemećene jezgre sedimentata KK-1 i KK-2 označene su točkom crvene boje. Kratke jezgre KK-1A i KK-1B uzorkovane su na istoj lokaciji kao i KK-1. Kratke jezgre KK-2A, KK-2B i KK-2C uzorkovane su na istoj lokaciji kao i KK-2. Točne koordinate bušenja su prikazane u Tablici 3.



Interpretacija snimljenih profila omogućila je identifikaciju dobro očuvanog slijeda naslaga u Koločepskom kanalu do dubine od oko 100 m ispod razine morskog dna. Profili pokazuju izmjenu slabih (svjetlijih), polu-prozirnih seizmičkih refleksa s umjereno malim amplitudama i jakih (tamnih) refleksa sa velikim amplitudama koji su u pretežito paralelnom odnosu. Granice između jedinica su postavljene na temelju izmjene slabih i jakih akustičnih refleksa, koji su moguć odraz različitih taložnih okoliša, a time moguće i uvjeta koji su vladali u Koločepskom kanalu za vrijeme taloženja sedimenta. Izdvojene su tri seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.1, S.S.S.2 i S.S.S.3 (od najmlađe do najstarije). Sekvencije su podijeljene na jedinice (U1a, U1b, U2a, U2b, U3a-e) koje se jasno mogu pratiti na svim profilima. Na gotovo svim profilima je uočljiva pojava višestrukog signala koji se pojavljuje na dubini dvostruko većoj od dubine morskog dna, ali nije utjecao na rezultate istraživanja.

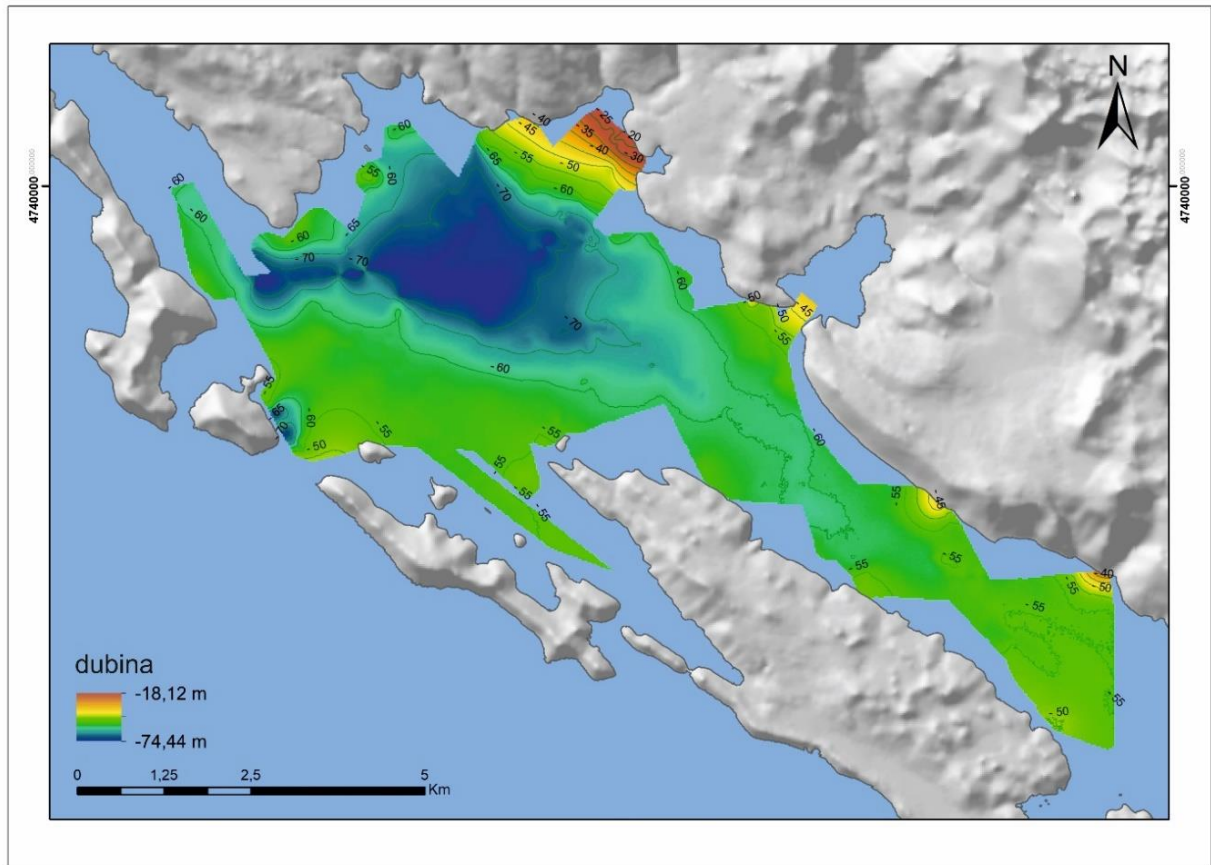
#### 5.1.1. Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.1

Najmlađa seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.1 sastoji se od dvije paralelne i na analiziranim profilima neporemećene jedinice U1a i U1b (Slika 5.2). Kontinuirani refleksi malih amplituda razdvajaju ove jedinice. Prema akustičkim značajkama jedinica U1a je akustično transparentna s nekoliko slabijih kontinuiranih refleksa. Jedinicu U1b obilježava grupa kontinuiranih refleksa male amplitude, tek mjestimično izraženiji refleksi veće amplitude. Unutar ovih jedinica moguće je raspoznati i manje podjedinice s izmjenom refleksa velikih i malih amplituda koje vjerojatno odražavaju naslage koje su nastale zbog promjene u taložnom okolišu, ali one u ovom radu nisu detaljnije analizirane. Donju granicu sekvencije S.S.S.1 čini erozijska granica (E) koju predstavlja refleks velike amplitude koji se može pratiti na svim analiziranim profilima u Koločepskom kanalu.

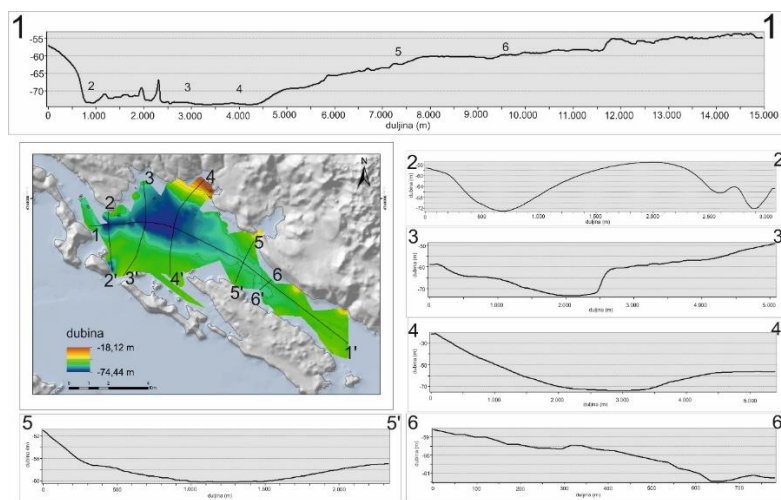


Slika 5.2. Interpretacija dijela profila 25b na kojem je interpretirana i označena erozijska diskordancija E koja predstavlja podinsku plohu najmlađe seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.1.

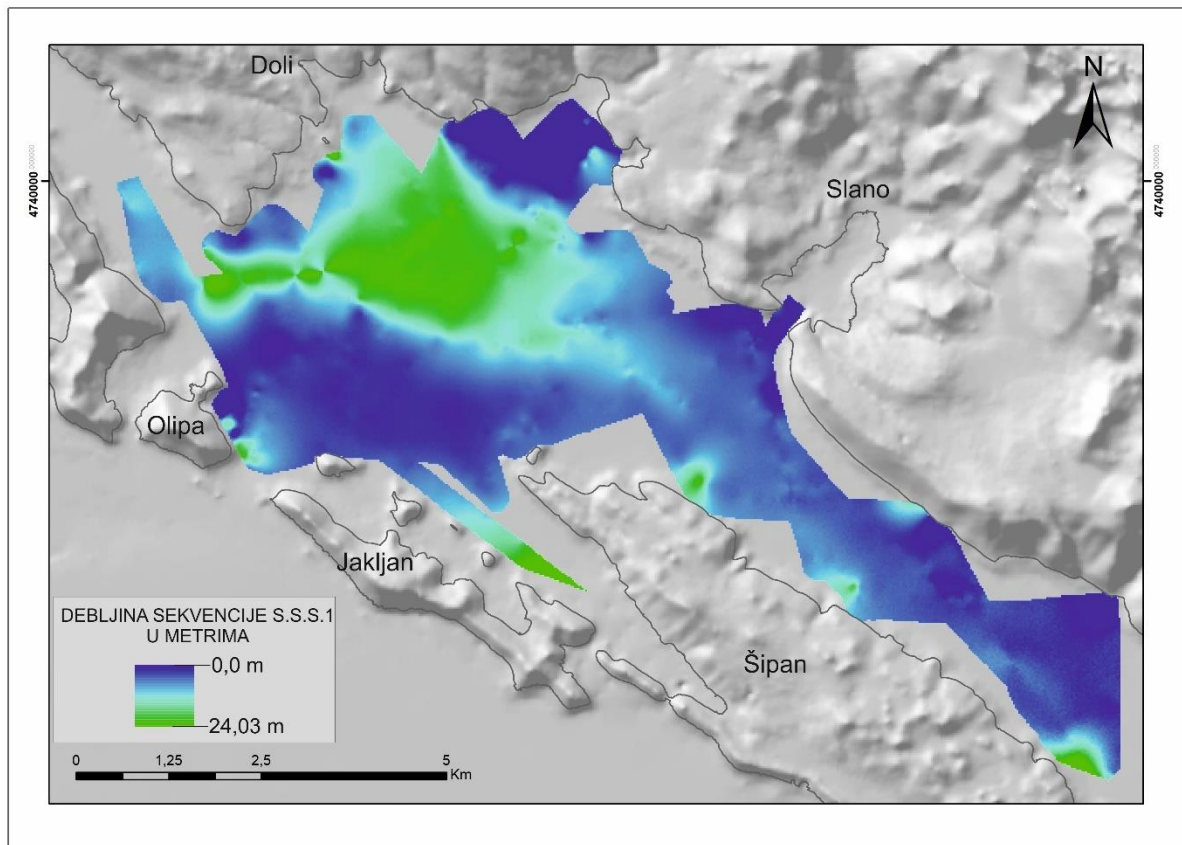
Na slici 5.3.a je prikazana strukturna karta po plohi erozijske diskordancije E. Na temelju ove strukturne karte zapaža se da je najveća dubina do koje doseže erozijska diskordancija E u Koločepskom kanalu u njegovom samom središtu gdje prelazi -74m. Na slici 5.3.b je prikazan uzdužni i poprečni profili reljefa po površini erozije. Na profilima se jasno ocrta morfologija dna. Može se primijetiti jasno ocrtavanje dubljeg dijela kanala kao korito sa oštrijim vanjskim rubovima. Najveća debljina naslaga sekvencije S.S.S.1 iznosi 24,03 m u centralnom dijelu Koločepskog kanala (Slika 5.4).



Slika 5.3.a Strukturna karta po plohi erozijske diskordancije E u podlozi stratigrafske sekvencije S.S.S.I načinjena na temelju interpretacije seizmičkih profila visoke rezolucije u Koločepskom kanalu.



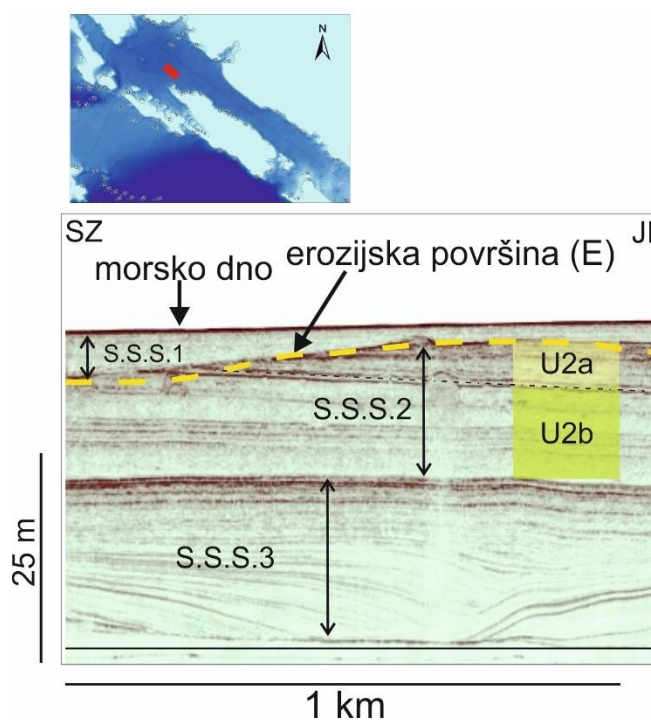
Slika 5.3.b. Strukturna karta s profilima koji prikazuju reljef površine po plohi erozijske diskordancije E u podlozi stratigrafske sekvencije S.S.S.I za vrijeme niske razine mora kada je u Koločepskom kanalu prevladavalo kopno. Brojevi na profilu 1-1' označavaju mjesta sjecišta s poprečnim profilima 2-2', 3-3', 4-4', 5-5' i 6-6'.



*Slika 5.4. Karta debljine sekvencije S.S.S.1 u Koločepskom kanalu. Debljinu čini razlika apsolutnih vrijednosti dubina površine morskog dna koja čini krovinu sekvencije S.S.S.1 i erozijske diskordancije E koja čini podinu sekvencije S.S.S.1.*

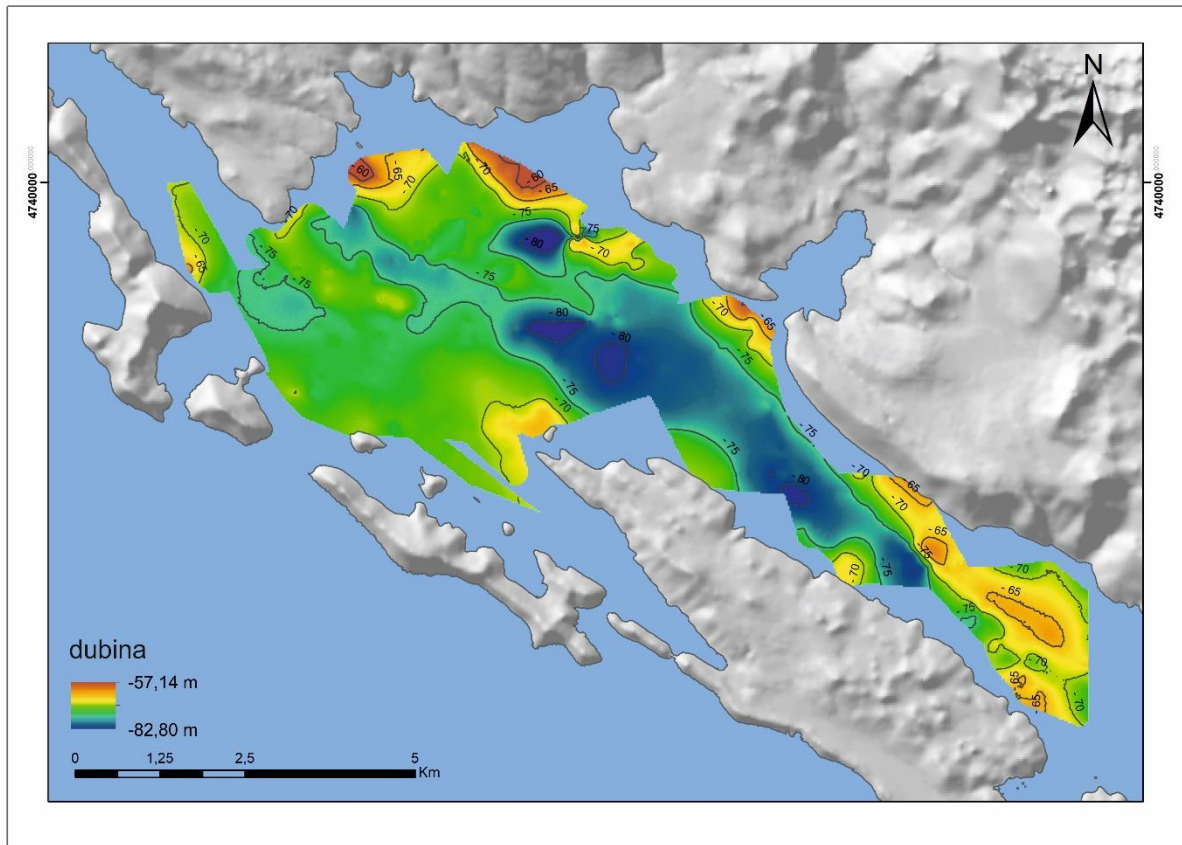
#### 5.1.2. Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.2

Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.2 omeđena je u krovini erozijskom diskordancijom E, a u podini krovinskim mlađim naslagama sekvencije S.S.S.3 (Slika 5.5). Sekvenciju čine dvije paralelne i neporemećene jedinice U2a i U2b. Jedinica U2a izdvojena je kao prepoznatljiv akustični seizmofacijes u kojem se izmjenjuju konkordantni refleksi srednje do velike amplitude. Za razliku od nje, jedinica U2b izdvojena je kao akustični seizmofacijes kojeg čine konkordantni refleksi malih amplituda, a koji je bilo moguće prepoznati i kartirati samo po rubovima Koločepskog kanala. Dakle, jedinice U2a i U2b su konkordantne u cijelom Koločepskom kanalu, ali su po svojim akustičnim karakteristikama različite, pa stoga postoji mogućnost da nisu u potpunosti izgrađene od istovrsnih naslaga. U središnjem dijelu kanala S.S.S.2 je izrazito erodirana, dok je u južnom dijelu erozija djelomična.

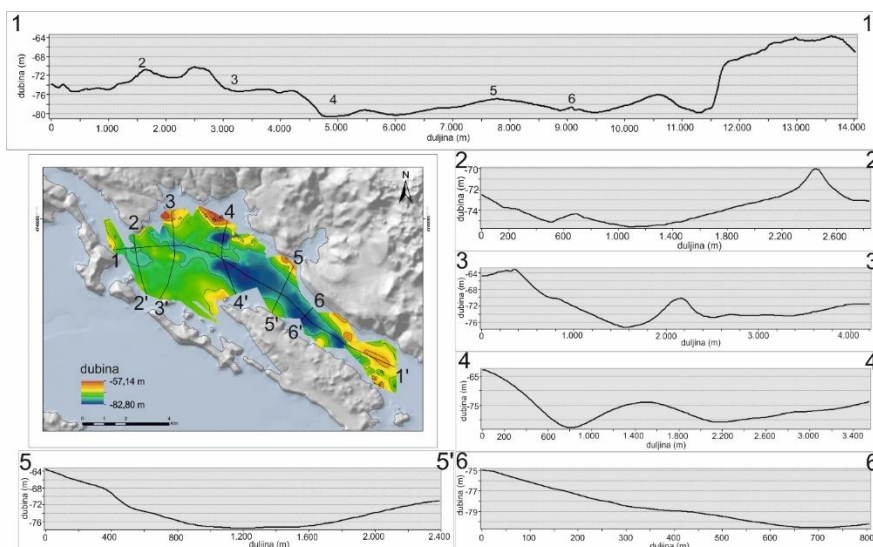


*Slika 5.5. Interpretacija dijela profila 26b na kojem je interpretirana i označena erozijska diskordancija E koja predstavlja krovinsku plohu seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.2 dok podinu čini sekvencija S.S.S.3 U toj sekvenciji izdvojene su dvije paralelne i neporemećene jedinice U2a i U2b s izmjenom refleksa srednjih do velikih amplituda.*

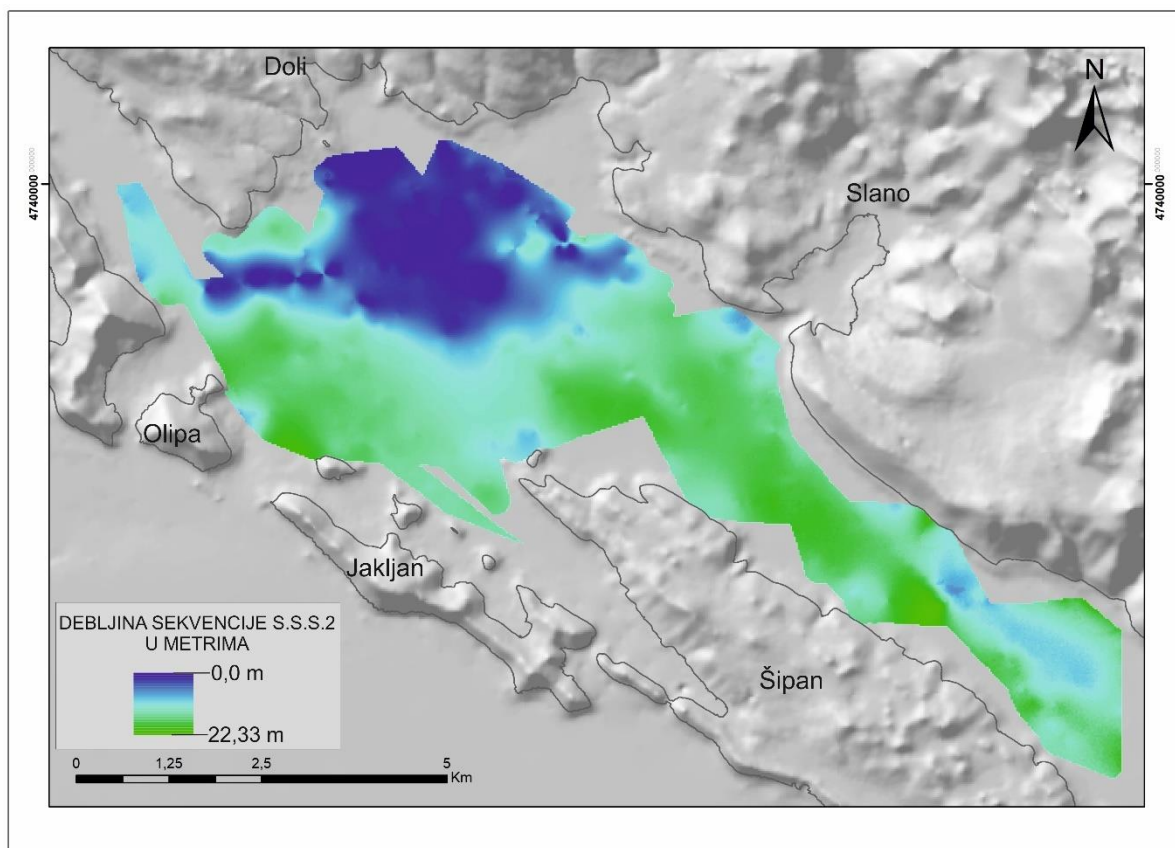
Na slici 5.6.a je prikazana strukturalna karta po podini sekvencije S.S.S.2. Kanal se lako može podijeliti na dva dijela od kojih je južni dio dublji, a sjeverozapadni plići. Sekvencija se prostire na dubini od -57,14 m do najdublje -82,80 m (Slika 5.6). Na slici 5.6.b je prikazan uzdužni i poprečni profili reljefa po podini sekvencije S.S.S.2 koju predstavlja jedinica U2b. Na profilima se jasno očitava morfologija dna koja se razlikuje od morfologije prikazane po granici erozije (slika 5.3.b). Najdublji dio se nalazi na južnom dijelu sa blažim rubnim dijelovima. Najveća debljina sekvencije S.S.S.2 iznosi 22,33 m na istočnoj strani otoka Olike te na sredini južnog dijela Koločepskog kanala (Slika 5.7).



Slika 5.6.a. Strukturna karta po podlozi stratigrafske sekvencije S.S.S.2 koju predstavlja jedinica U2b, načinjena na temelju interpretacije seizmičkih profila visoke rezolucije u Koločepskom kanalu.



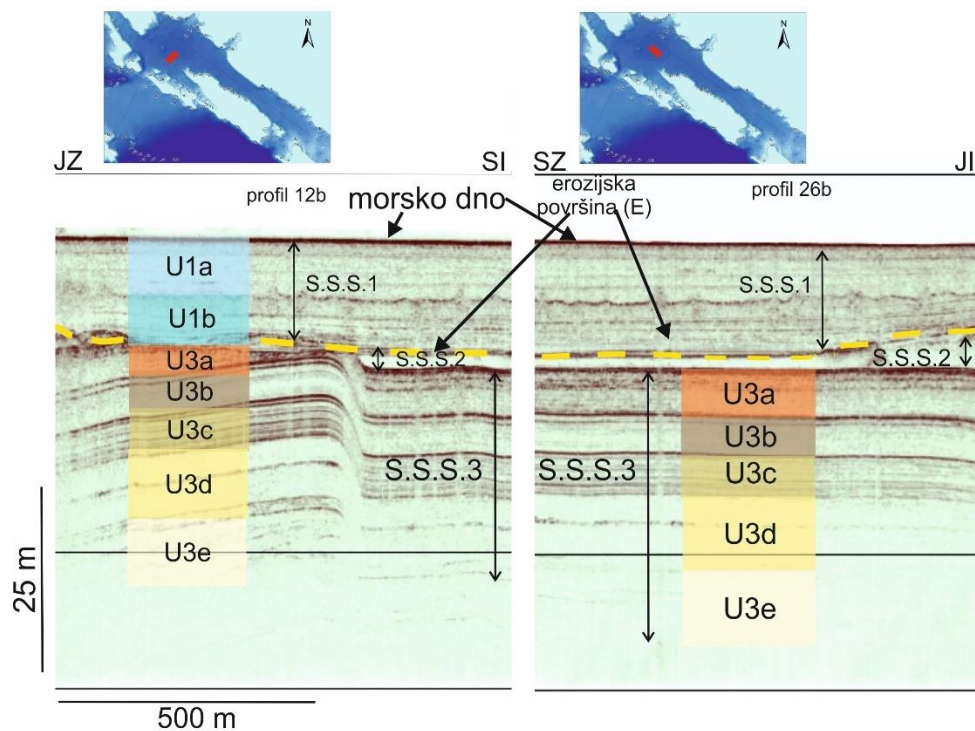
Slika 5.6.b. Strukturna karta s profilima koji prikazuju reljef površine po podlozi stratigrafske sekvencije S.S.S.2 koju predstavlja jedinica U2b. Brojevi na profilu 1-1' označavaju mjesta sjecišta s poprečnim profilima 2-2', 3-3', 4-4', 5-5' i 6-6'.



*Slika 5.7. Karta debljine sekvencije S.S.S.2 u Koločepskom kanalu. Debljinu čini razlika apsolutnih vrijednosti dubina erozijske diskordancije E koja čini krovinu sekvencije S.S.S.2 i podinske plohe S.S.S.2.*

### 5.1.3. Seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.3

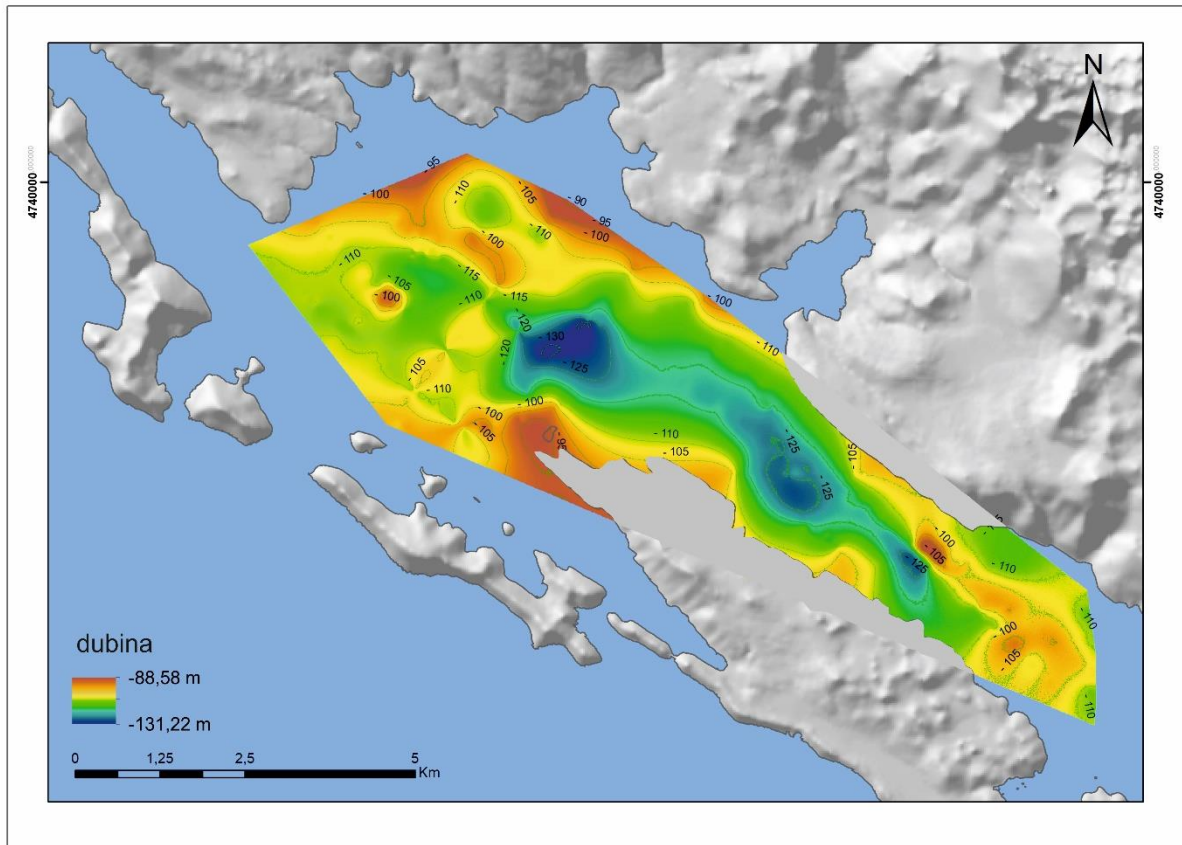
Najstarija seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.3 sastoji se od pet subparalelnih, lokalno boranih i erodiranih jedinica označenih kao U3a, U3b, U3c, U3d i U3e (Slika 5.8). Prema njihovim akustičnim karakteristikama, pravilno se izmjenjuju jedinice refleksa slabih i jakih amplituda što ukazuje na naizmjenične promjene uvjeta taloženja. Jedinice se mogu dobro pratiti po svim akustičnim profilima osim najstarije jedinice U3e koja ujedno predstavlja i donju granicu razlučivosti provedenog snimanja geološkim dubinomjerom. Na taj način, niti položaj podinske granice sekvencije S.S.S.3 niti njena ukupna dubina nisu određene ovim istraživanjima osim lokalno gdje je vidljivo da akustička podloga ove sekvencije izdanjuje na morsko dno. U središnjem dijelu kanala jedinice U3a i U3b su značajno erodirane (taj erozijski događaj označava erozijska diskordancija E).



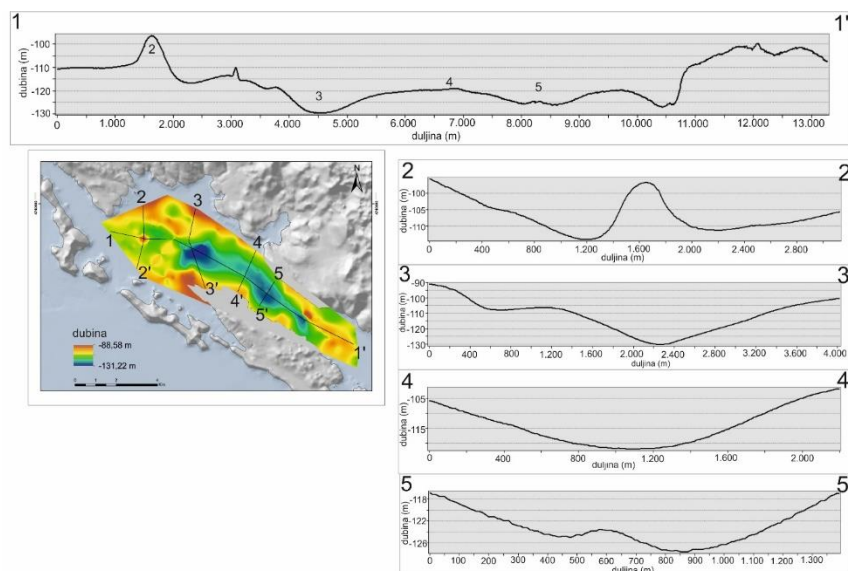
Slika 5.8. Interpretacija dijela profila 12b i 26b na kojima su interpretirane jedinice seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.3 čiju krovinu lokalno predstavlja erozijska diskordancija E i podina sekvencije S.S.S.2. Pet subparalelnih, lokalno boranih i erodiranih jedinica s izmjenom refleksa malih i velikih amplituda poredane su od najstarije U3e do najmlađe U3a.

Na slici 5.9.a je prikazana strukturna karta po podini jedinice U3b koja je najdublja jedinica sekvencije S.S.S.3 koja se mogla jasno izdvojiti i kartirati na svim profilima. Jedinica se prostire na dubini od -88,58 m do -131,22 m. Na slici 5.9.b je prikazan uzdužni i poprečni profili reljefa po podini sekvencije S.S.S.2 koju predstavlja jedinica U2b. Na profilima se jasno ocrta morfologija dna koja se značajno razlikuje od morfologija sekvencije S.S.S.1 i S.S.S.2. Profili koji ocrtavaju korito kanala imaju vrlo blagi nagib rubnih dijelova.





Slika 5.9.a. Strukturna karta stratigrafske sekvencije S.S.S.3 po podlozi jedinice U3b interpolirane na temelju seizmičkih profila visoke rezolucije u Koločepskom kanalu.



Slika 5.9.b. Strukturna karta s profilima koji prikazuju reljef površine podlozi jedinice U3b, stratigrafske sekvencije S.S.S.3. Brojevi na profilu 1-1' označavaju mjesta sjecišta s poprečnim profilima 2-2', 3-3', 4-4' i 5-5'.

Radi preciznije analize i interpretacije snimljenih profila, područje istraživanja u Koločepskom kanalu podijeljeno je u dva dijela: južni dio kanala u kojem su snimljeni profili 1a – 9a i središnji dio kanala u kojem su snimljeni profili 1b – 29b. Osim ovih dijelova zasebno je analizirano i područje Mljetskog kanala (između otoka Olipe i Mljeta) u kojem su snimljeni profili 1c – 16c. Za sva tri dijela istraživanog područja u narednom tekstu opisani su reprezentativni profili, a preostali profili prikazani su u Prilogu 1 - 25.

#### 5.1.4. Interpretacija profila u južnom dijelu Koločepskog kanala

Na seizmičkim profilima visoke rezolucije u južnom dijelu Koločepskog kanala (Slika 5.10) dobro su uočljive sve tri prethodno opisane seizmostratigrafske sekvencije. Sekvencija S.S.S.1 je u ovom dijelu većinom erodirana ili se pojavljuje mjestimično u debljini naslaga do 4,5 m. Sekvencija S.S.S.2 ima prostornu debljinu koja je podjednaka na svim profilima u ovom dijelu kanala te se kreće od 10 m do 20 m debljine. Debljinu S.S.S.3 nije moguće odrediti kao što je već prethodno rečeno zbog donje granice razlučivosti geološkog dubinomjera.

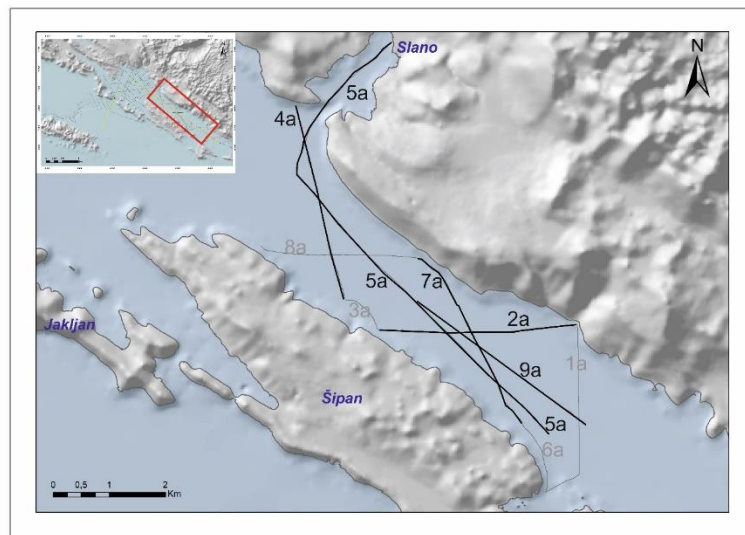
Na profilu 9a (Slika 5.11) akustična podloga izdiže cijeli slijed mlađih, krovinskih naslaga na način da jedinica U2a izdanjuje na morsko dno. Recentna tektonska aktivnost značajno utječe na mlađe kvartarne naslage izdižući blok naslaga koji se očitava na profilu strme padine na dnu mora po kojoj se dno mora s dubine od -54,5 m na JI dijelu profila spušta na dubinu od -55,9 m u SZ dijelu profila, dakle uz dubinsku razliku od 1,4 m. Naslage oko izdignutog bloka pokazuju varijabilnu prostornu debljinu, pa tako jedinica U3b na SZ strani izdignutog bloka ima debljinu naslaga od 11 m, dok joj se prostorna debljina stanjuje na vrhu uzdignuća na debljinu od 5 m, pri čemu s JI strane ponovno povećava na 9,3 m debljine.

Na profilu 2a (Slika 5.12) sekvencija S.S.S.1 se ne može jasno podijeliti na jedinice, jer su refleksi kroz cijelu sekvenciju jednakih slabih amplituda. Naslage jedinice U2a su izdignute na morsko dno, a strukturno čine tjeme antiklinale koje je dijelom erodirano. Na zapadnom dijelu profila također se uočava izrazito udubljenje u akustičkoj podlozi koje pretpostavlja vrtaču naknadno ispunjenu naslagama jedinica sekvencije S.S.S.2.

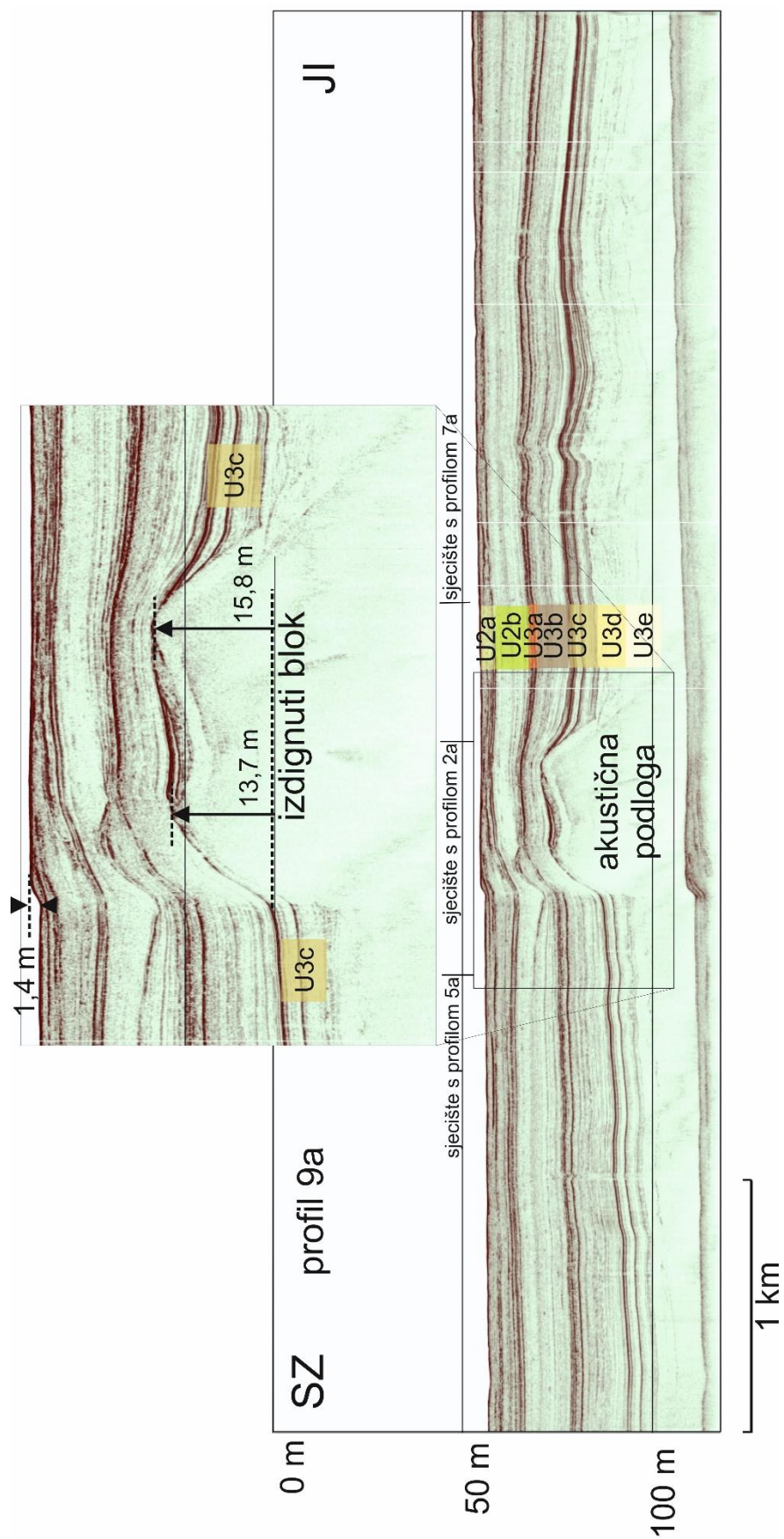
Profil 4a (Slika 5.13) pokazuje slijed naslaga svih izdvojenih jedinica U1a-U3d osim jedinice U3e, koja na ovom profilu nije vidljiva zbog ograničenog dubinskog doseg a provedenog snimanja geološkim dubinomjerom. Erozijska površina se jasno očitava duž cijelog profila. Naslage su blago borane.

Na profilu 5a (Slika 5.14) uočava se višestruki signal koji nema utjecaja na interpretaciju. Naslage su istaložene u kontinuitetu osim U1b koja se ne može razaznati na profilu. Na JI strani profila je vidljiva akustična podloga čijim su izdizanjem mlađe, krovinske naslage borane. U tom dijelu kanala najmlađe naslage koje su deformirane boranjem su nasalge jedinice U2a. Na SI strani profila akustična podloga izdanjuje na površinu morskog dna čineći podmorski otok.

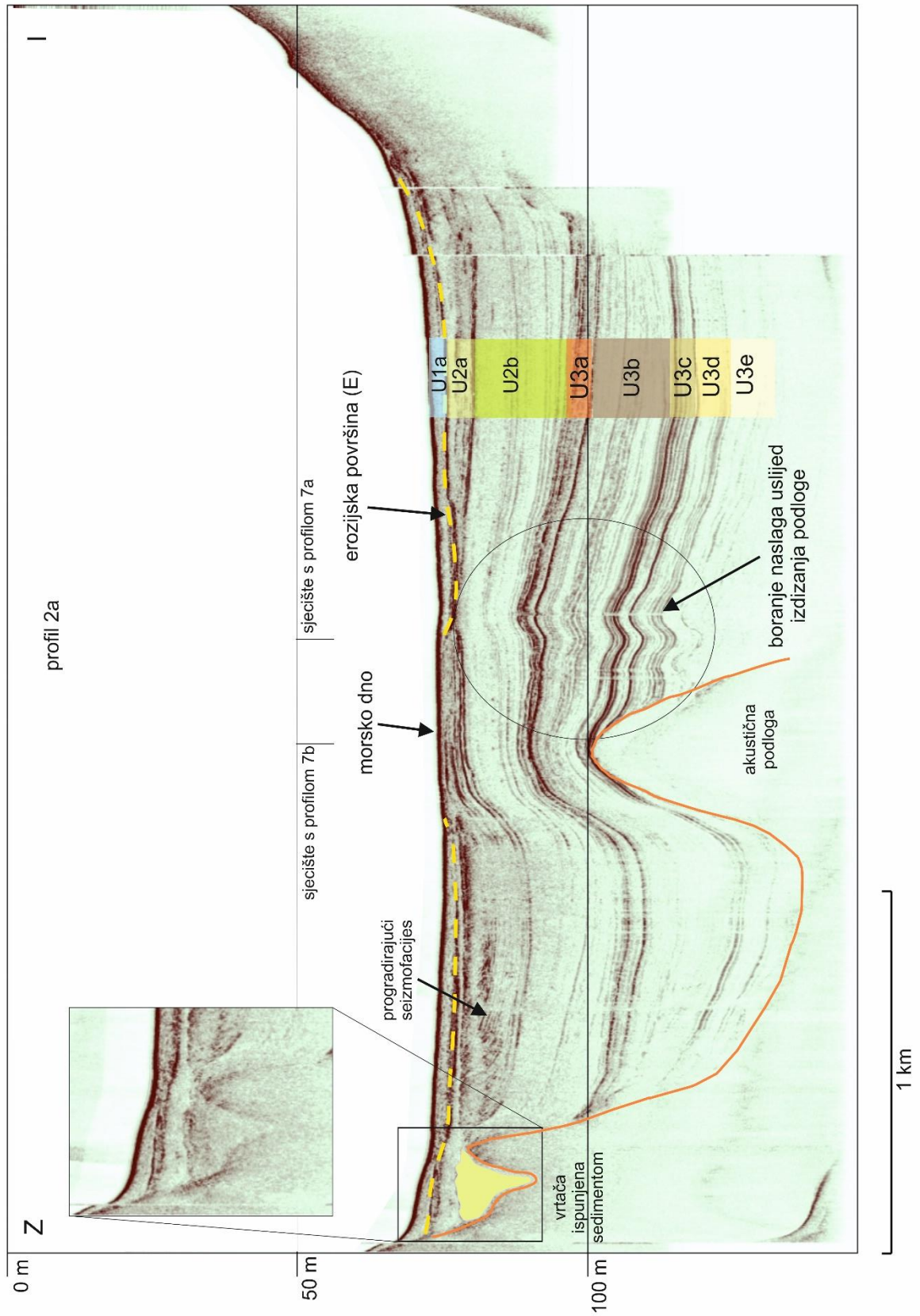
Na profilu 7a (Slika 5.15) jasno se može pratiti slijed naslaga sekvencija S.S.S.2 i S.S.S.3, dok se sekvencija S.S.S.1 ne može jasno pratiti na cijelom profilu zbog teško raspoznavajućih amplituda. Jedinica U2a je izdignuta na morsko dno, no zbog amplituda izrazito slabih refleksa podine S.S.S.3 ne može se razaznati mehanizam izdizanja. Naslage su borane, te su vidljivi tragovi paleo-pokmarka u čijoj su podini vidljivi izostanci amplituda u obliku cijevi koje predstavljaju seizmičke dimnjake.



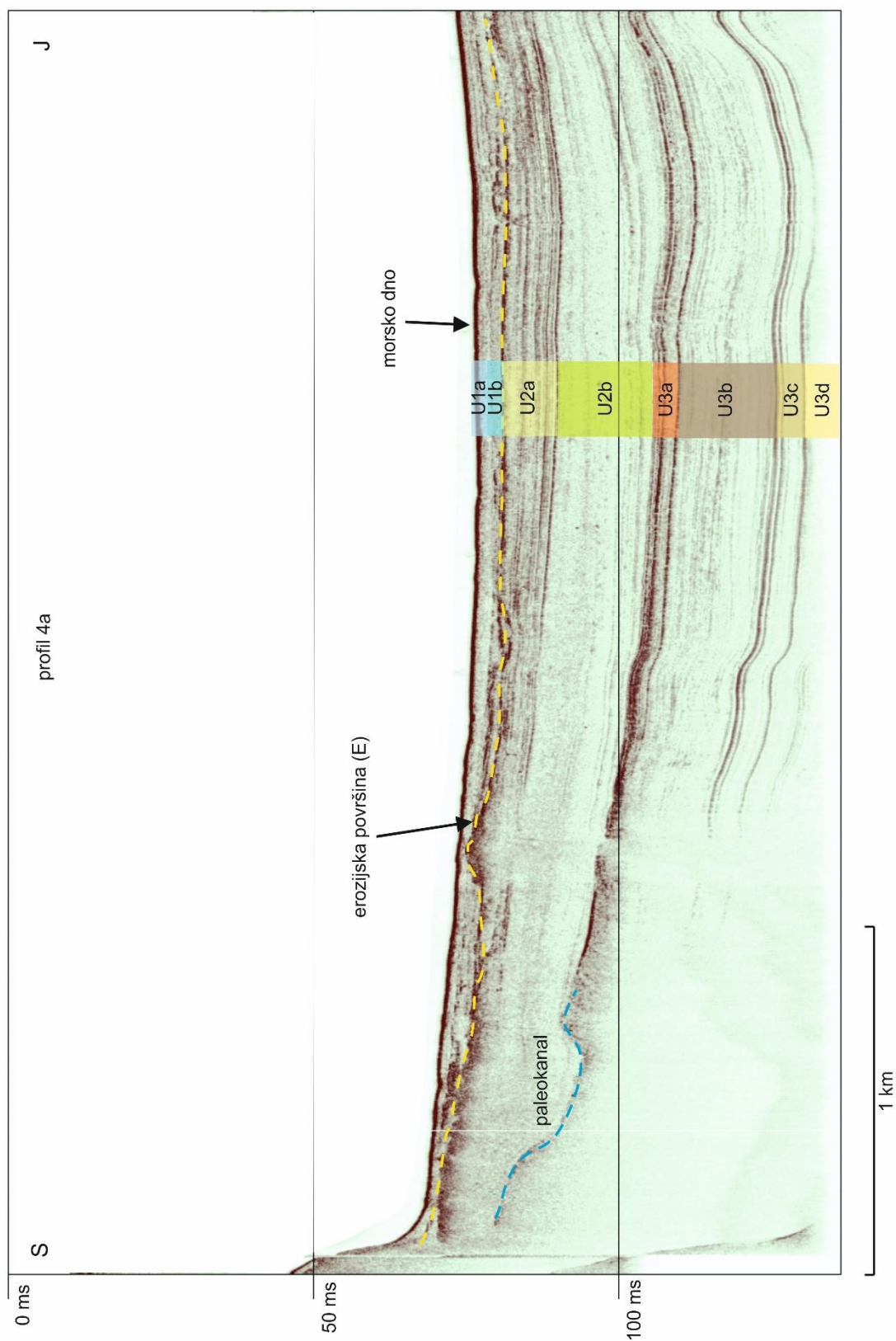
*Slika 5.10. Tragovi profila visoke rezolucije u južnom dijelu Koločepskog kanala istaknuti su crnim linijama te prikazani u narednom tekstu. Sivim linijama su označeni profili koji su prikazani u Prilogu 2-4.*



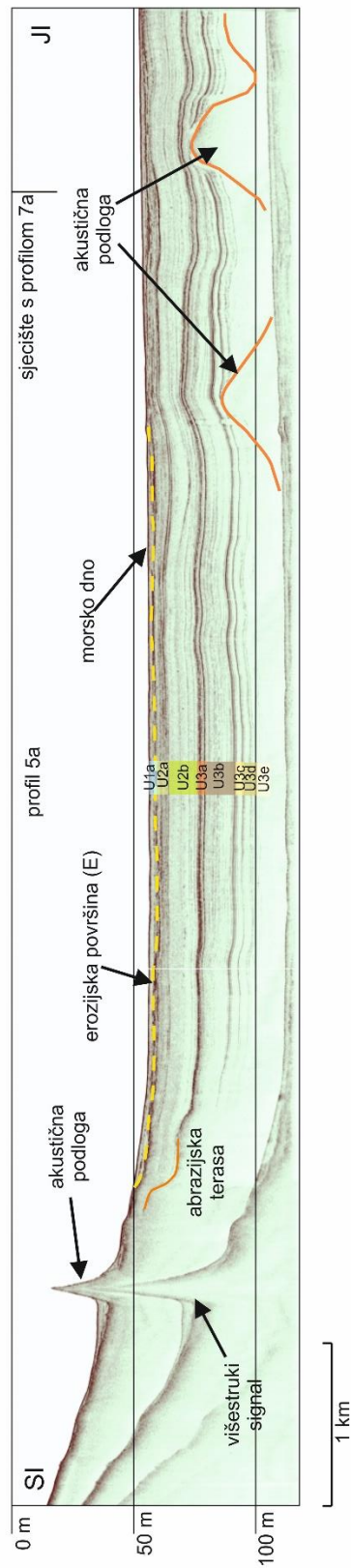
Slika 5.11. Seizmički profil 9a visoke rezolucije.



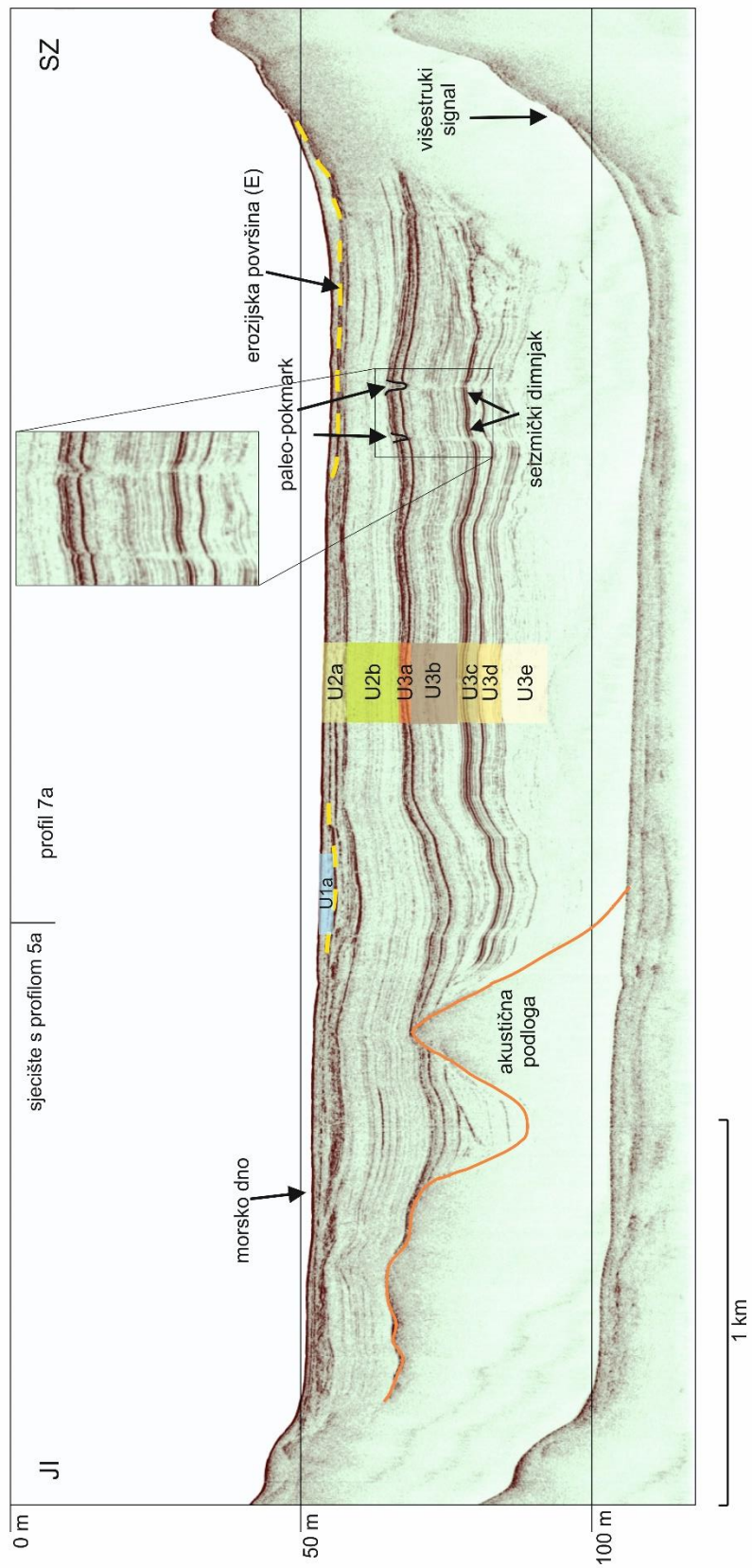
Slika 5.12. Seizmički profil 2a visoke rezolucije.



Slika 5.13. Seizmički profil 4a visoke rezolucije.



Slika 5.14. Seizmički profil 5a visoke rezolucije.

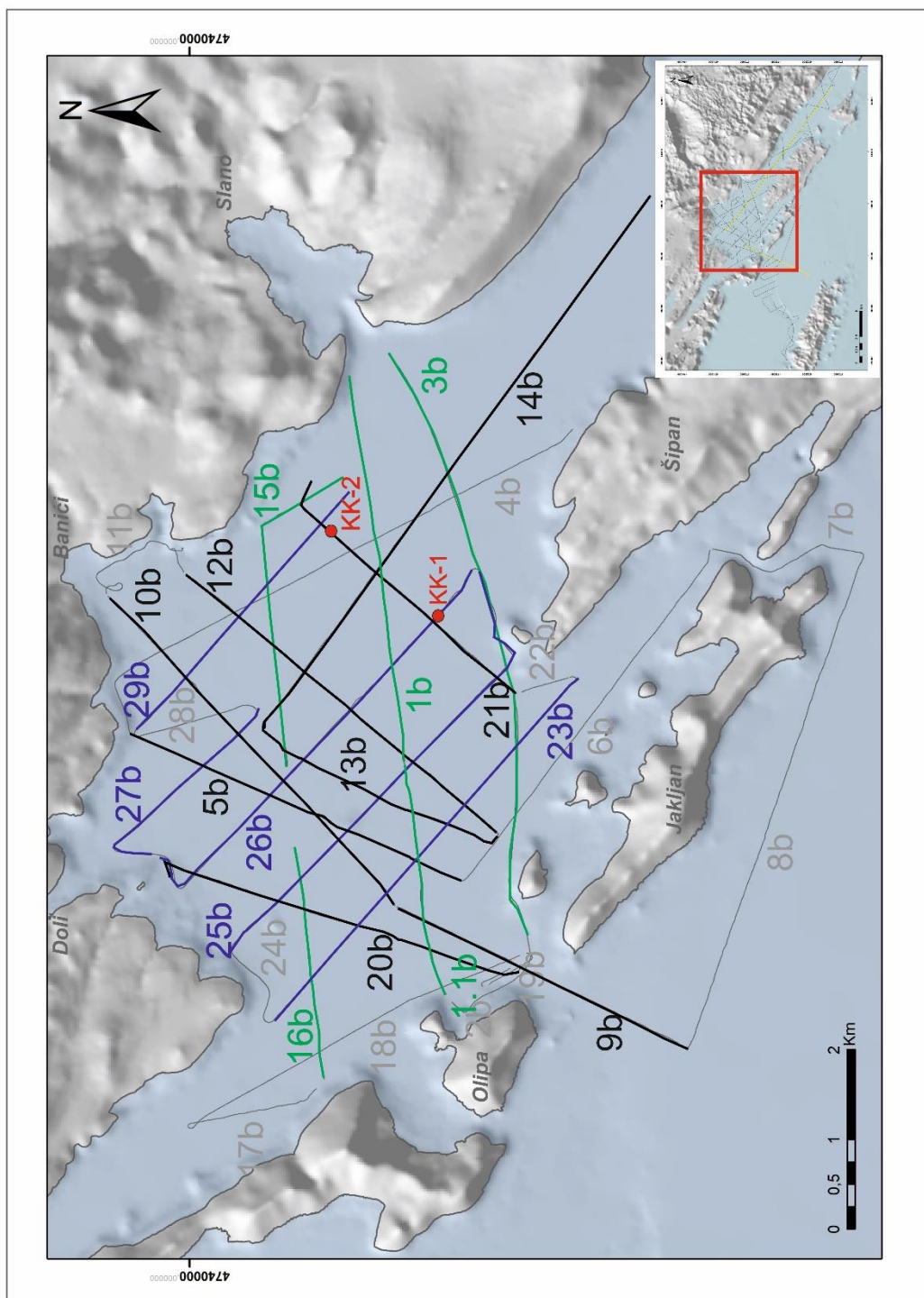


Slika 5.15. Seizmički profil 7a visoke rezolucije.

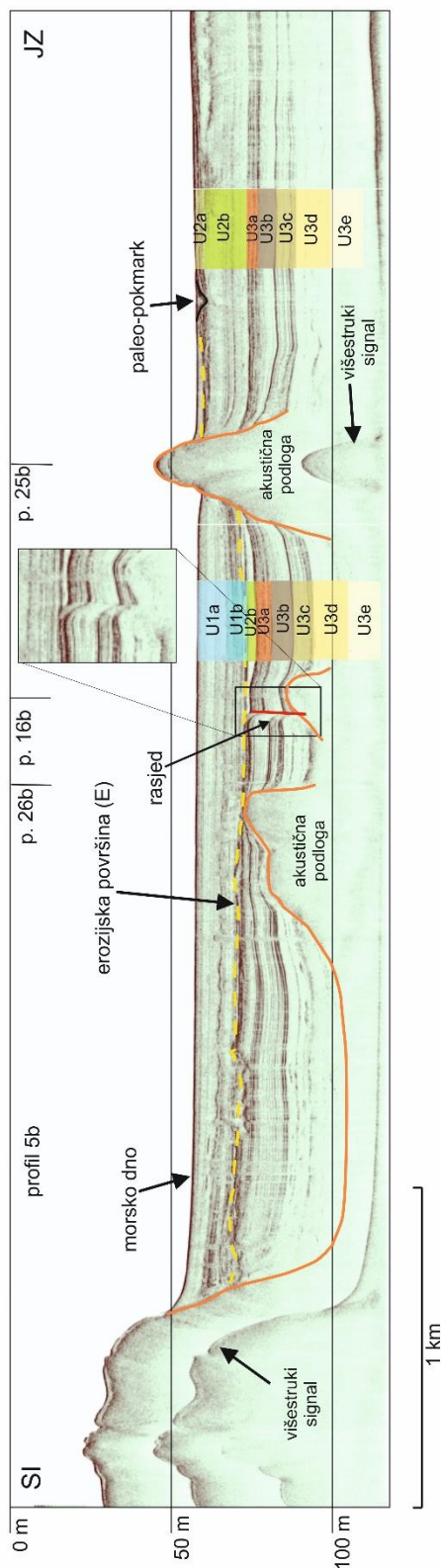


### 5.1.5. Interpretacija profila u središnjem dijelu Koločepskog kanala

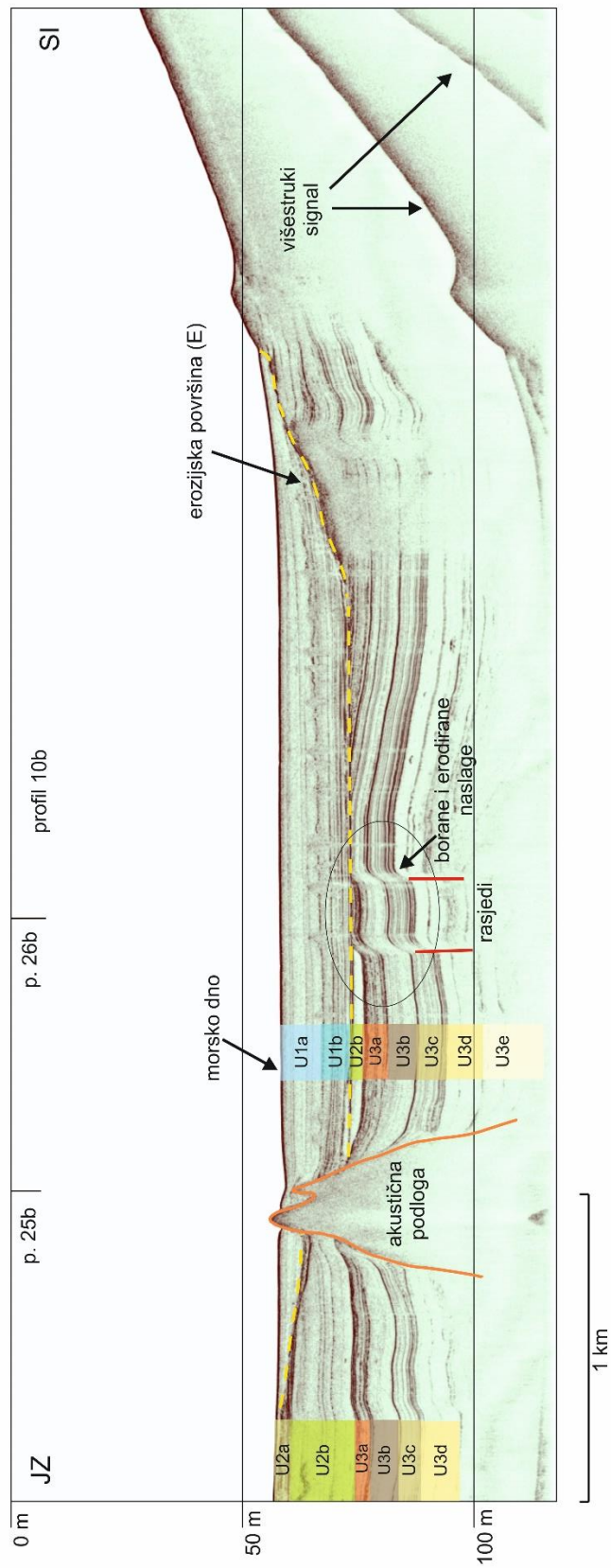
Na slici 5.16 su prikazan tragovi profila visoke rezolucije snimljeni u središnjem dijelu Koločepskog kanala. Na seizmičkim profilima visoke rezolucije u središnjem dijelu jasno su vidljive sve seizmostratigrafske sekvencije. Podinu izgrađuje akustična nepropusna podloga koja vjerojatno odgovara okršenim karbonatnim stijenama koje mjestimično izdanjuju na morsko dno čineći mala podmorska uzvišenja vidljiva na profilima 5b, 10b, 25b i 3b (Slika 5.17, 5.18, 5.19 i 5.20). Erozijska površina E jasno odvaja naslage jedinica U1b i U2a. Uočavaju se brojni paleo-pokmarkci koji su vidljivi u naslagama S.S.S.2 na profilima: 5b, 25b, 3b, 11b, 16b, 20b i 23b (Slika 5.17, 5.19, 5.20, 5.21 5.22, 5.23 i 5.24). Debljina naslaga S.S.S.1 u središnjem dijelu kanala je najveća te iznosi 24 m (Slika 5.4), što se jako dobro uočava i na svim profilima, dok je suprotno tome debljina naslaga S.S.S.2 na istim mjestima najmanja (Slika 5.7) te je lokalno i potpuno izostavljena radi erozije. Isto tako su na profilima 1b, 21b i 26b (Slika 5.25, 5.26 i 5.27) vidljive abrazijske terase usječene u karbonatnu podlogu. Tektonska aktivnost je vidljiva u jedinicama U3a, U3b i U3c sekvence S.S.S.3 i lokalno u jedinici U2b u obliku boranja, dok su refleksi koji odgovaraju mlađim naslagama i pripadaju jedinicama U1a, U1b i U2a horizontalni i neporemećeni. Unutar naslaga S.S.S.3. uočljivi su normalni rasjedi (Slika 5.17, 5.18, 5.23, 5.27, 5.28 i 5.29), čija je aktivnost prestala za vrijeme taloženja jedinice U1b. Izuzetak je profil 20b (Slika 5.23), gdje je aktivnost trajala do taloženja jedinice U1a. Rasjed se može pratiti na susjednim profilima te daje smjer pružanja SZ-JI. U pravcu pružanja JI na ostalim profilima nema tragova rasjedanja, ali naslage su na tim dijelovima borane.. Erozijska je utjecala na debljinu naslaga sekvencije S.S.S.3 erodirajući borane jedinice U3a, U3b i U3c (Slika 5.18, 5.22, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32 i 5.33). Na temelju snimljenog profila 26b (Slika 5.27) uzorkovana je jezgra KK-1 (Slika 5.1 i Tablica 3), dok je na temelju profila 21b (Slika 5.26) uzorkovana jezgra KK-2 (Slika 5.1 i Tablica 3). Na profilu 1.1b (Slika 5.21) koji je okomit na istočnu obalu otoka Olipe jasno je vidljiv paleokanal na dubini od -65 na kojem su istaložene recentne naslage. Promatrajući profil 29b (Slika 5.32) uočava se okršenost sekvence S.S.S.3 po kojoj prelazi erozijska površina E. Na profilima 13b (Slika 5.29), 16b (Slika 5.22) i 23b (Slika 5.24) vidljive su pojave amplitudne anomalije koje se javljaju samo lokalno u mlađim naslagama ili iznad dna mora uz popratnu pojavu seizmičkih dimnjaka (Slika 5.22 i 5.24). Na četiri profila se uočavaju utonule naslage koje se mogu prostorno pratiti (Slika 5.19, 5.25, 5.27 i 5.30).



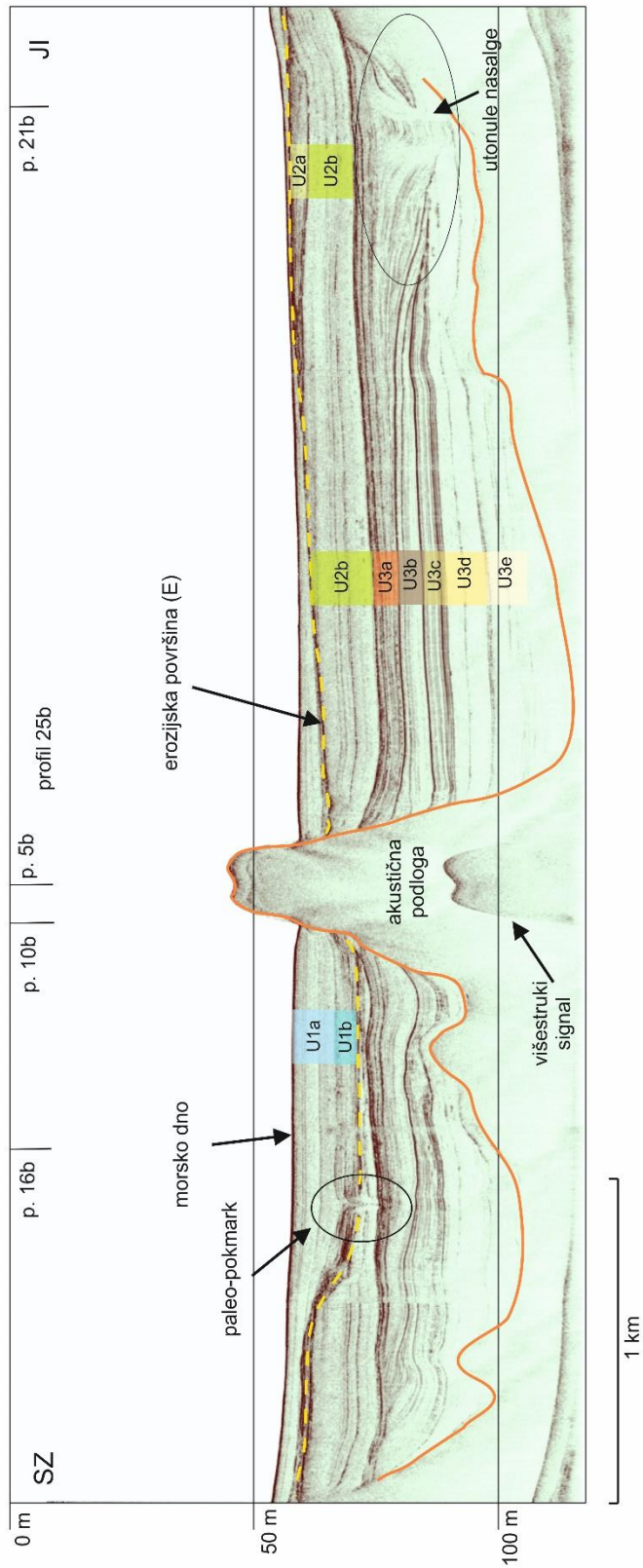
Slika 5.16. Tragovi profila visoke rezolucije u srednjem dijelu Koločepskog kanala istaknuti su crnim linijama te prikazani u narednom tekstu. Sivim linijama su označeni profili koji su prikazani u Prilogu 6-16.



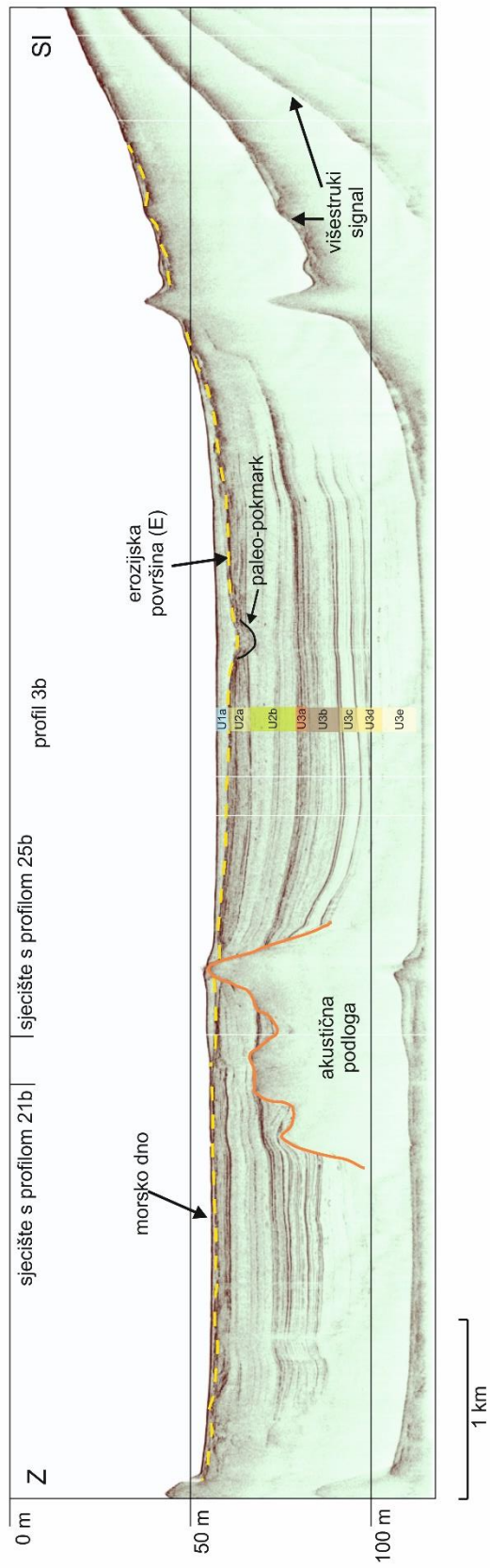
Slika 5.17. Seizmički profil 5b visoke rezolucije.



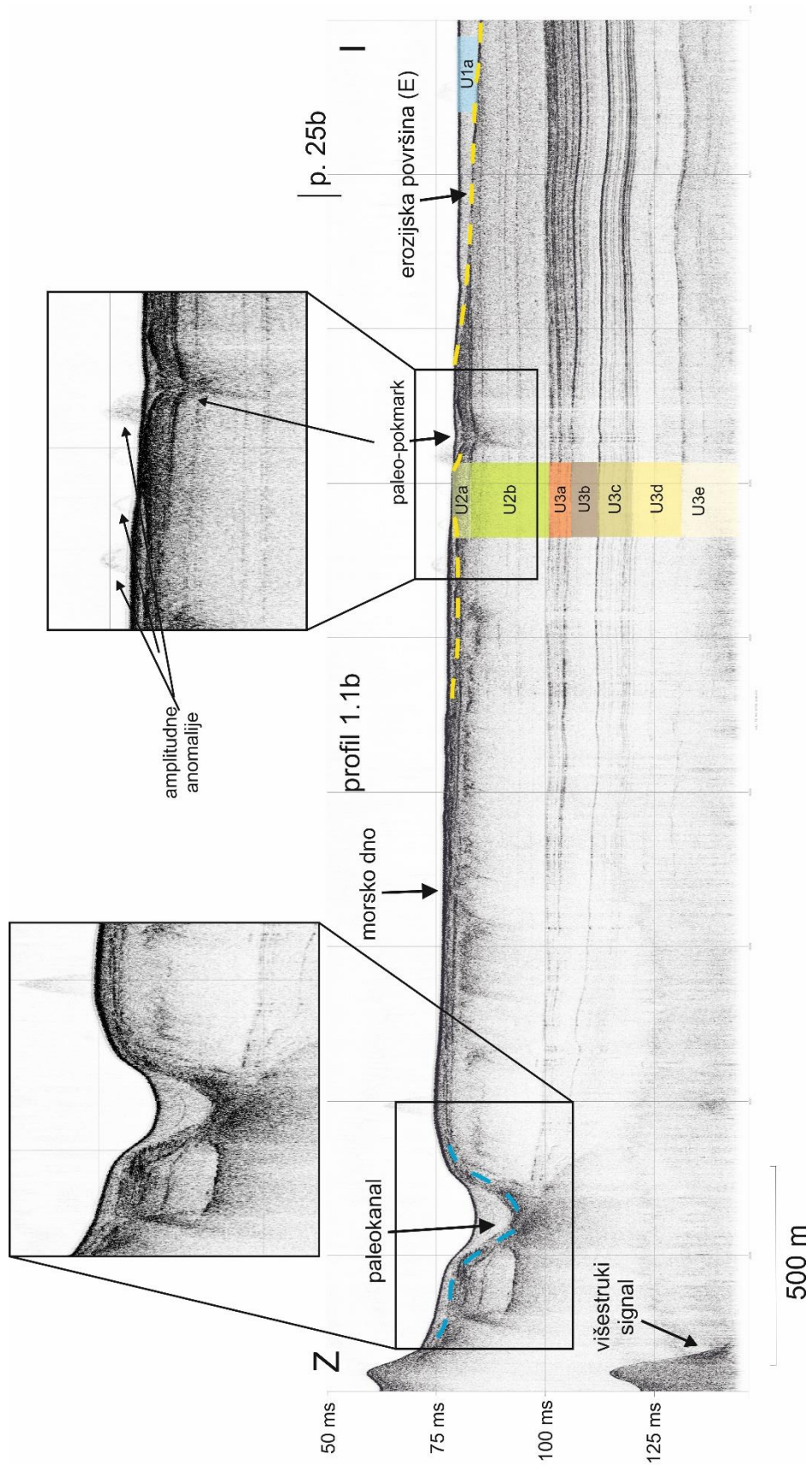
Slika 5.18. Seizmički profil 10b visoke rezolucije.



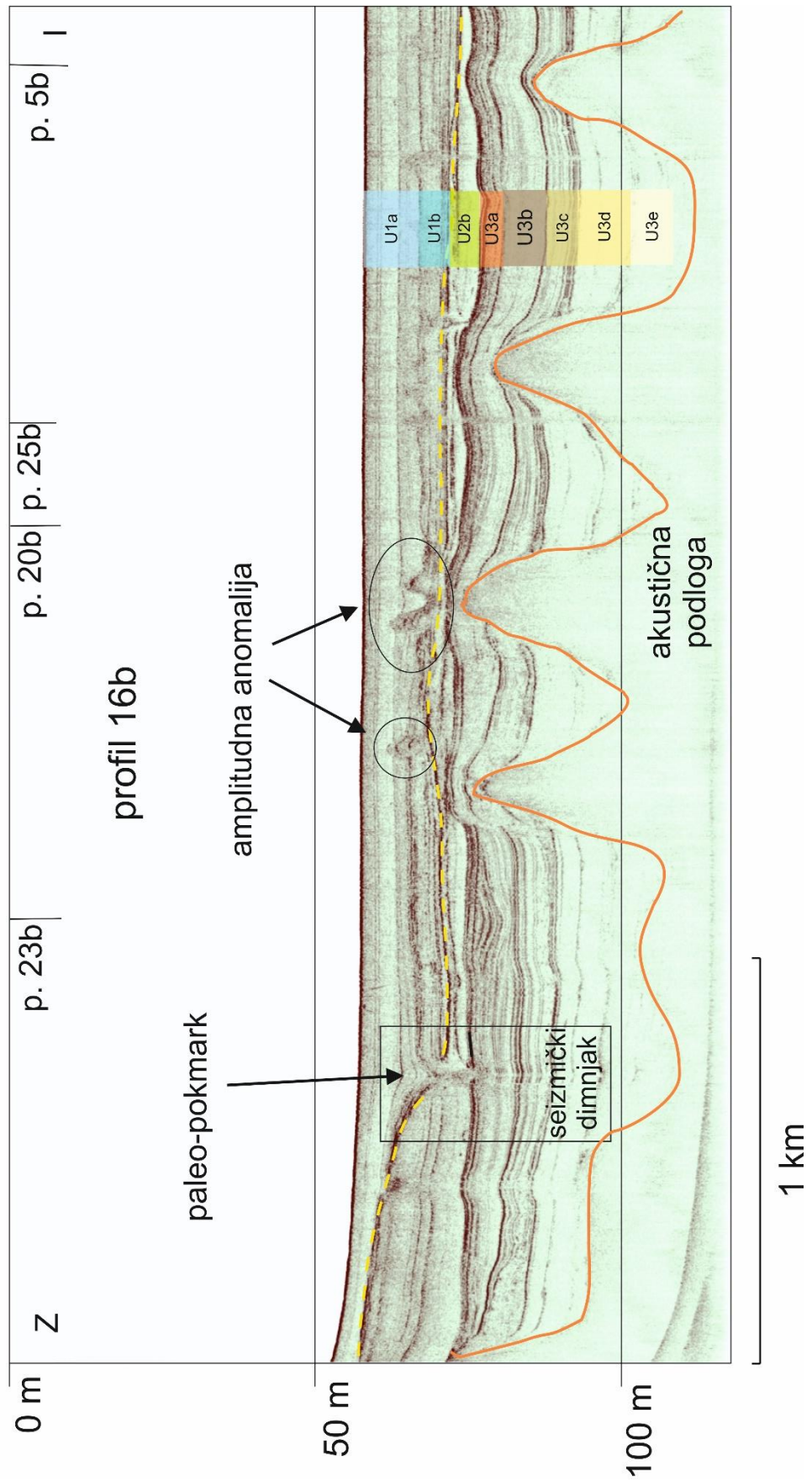
Slika 5.19. Seizmički profil 25b visoke rezolucije.



Slika 5.20. Seizmički profil 3b visoke rezolucije.

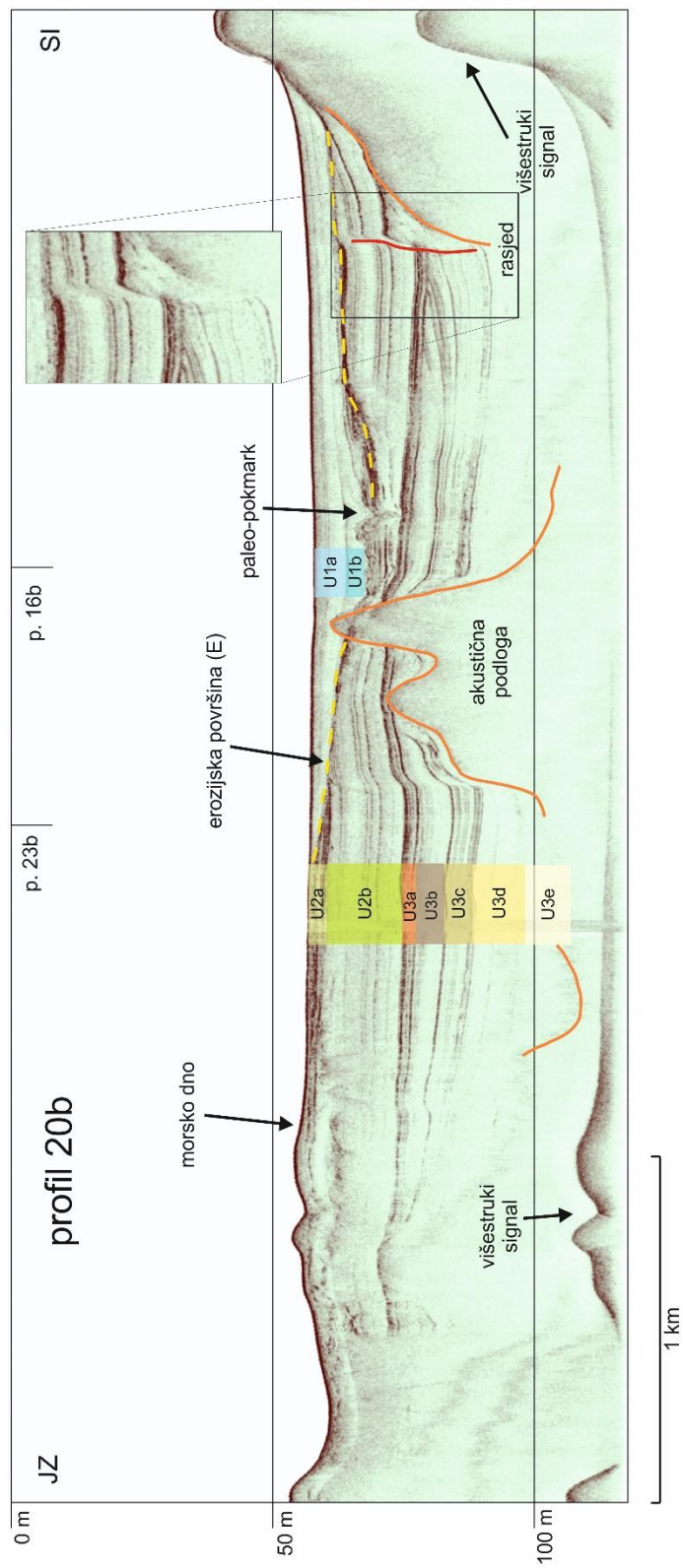


Slika 5.21. Seizmički profil 1.1b visoke rezolucije.

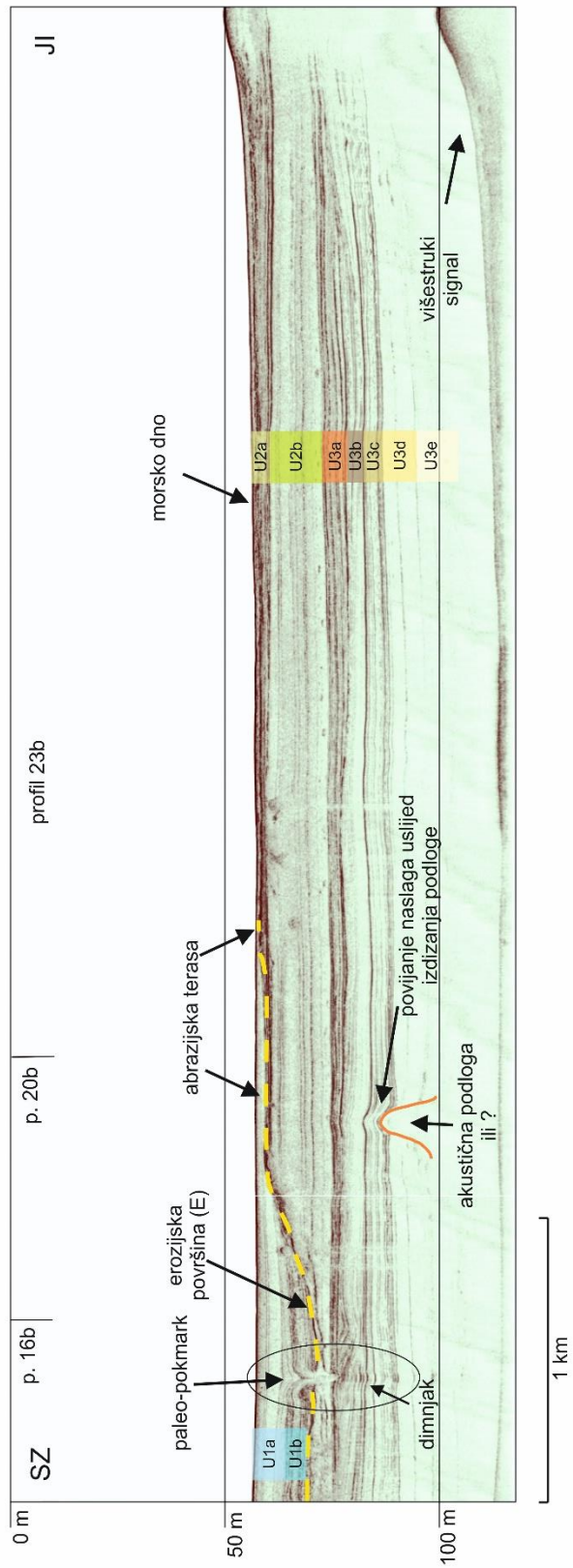


Slika 5.22. Seizmički profil 16b visoke rezolucije.

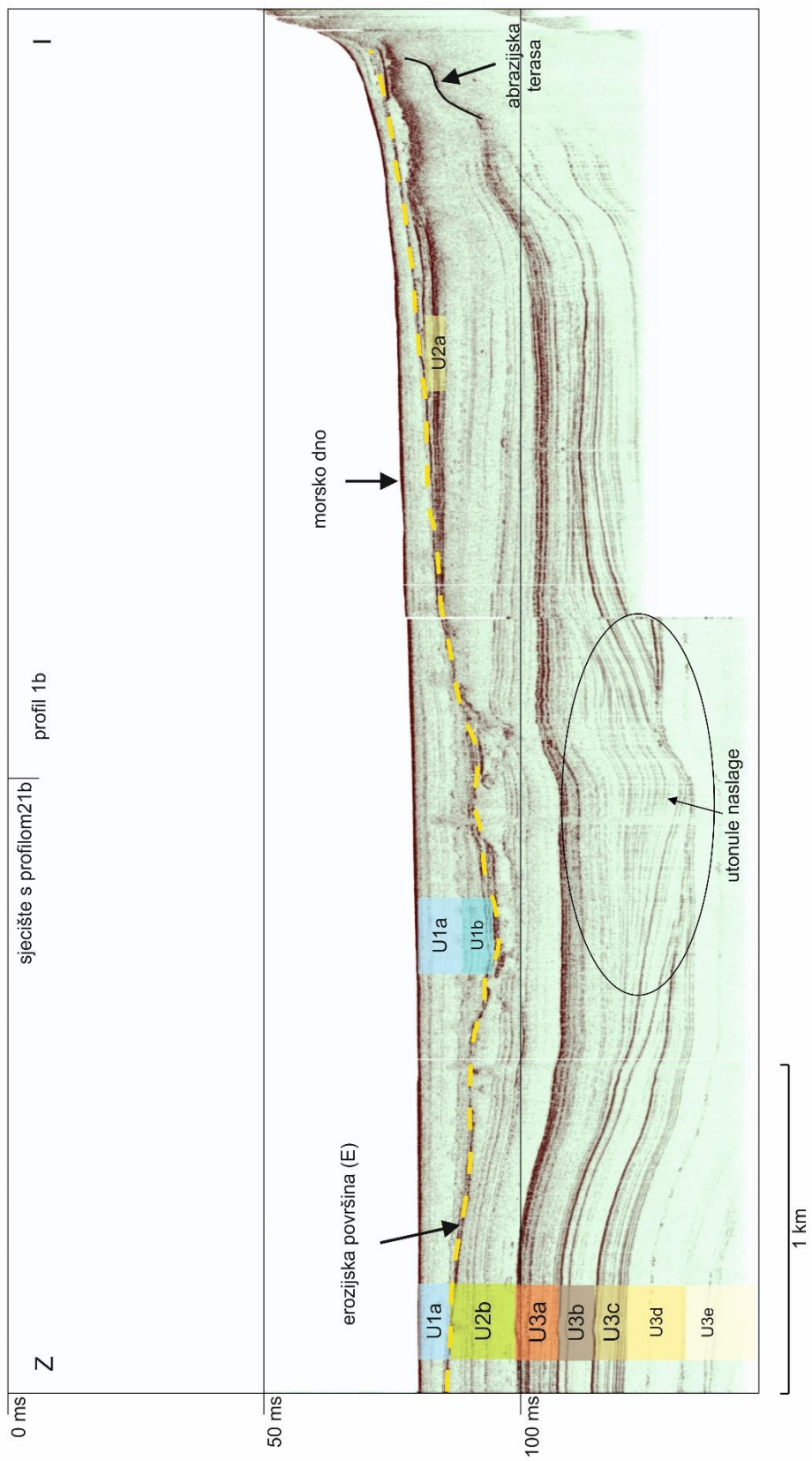




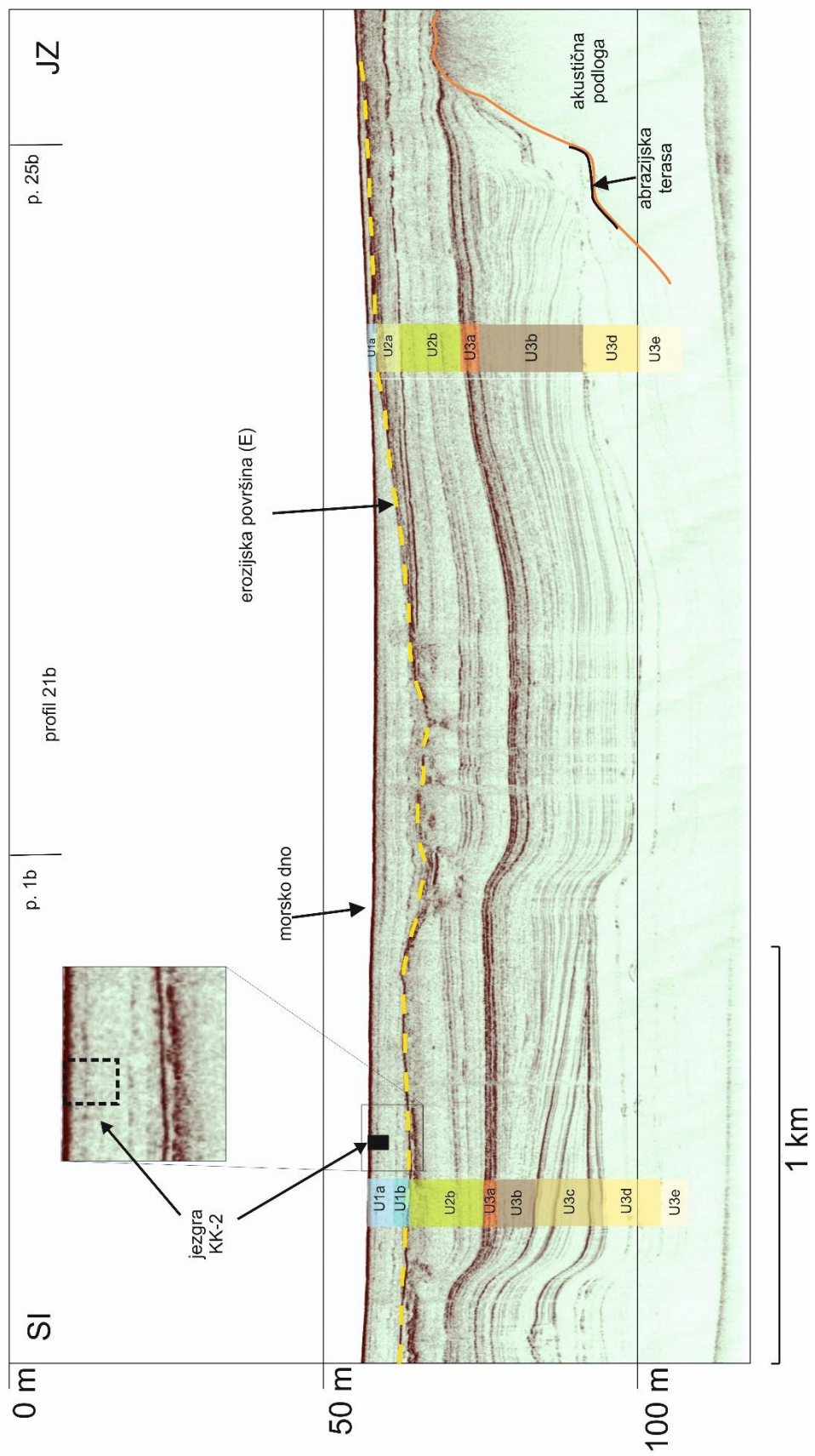
Slika 5.23. Seizmički profil 20b visoke rezolucije.



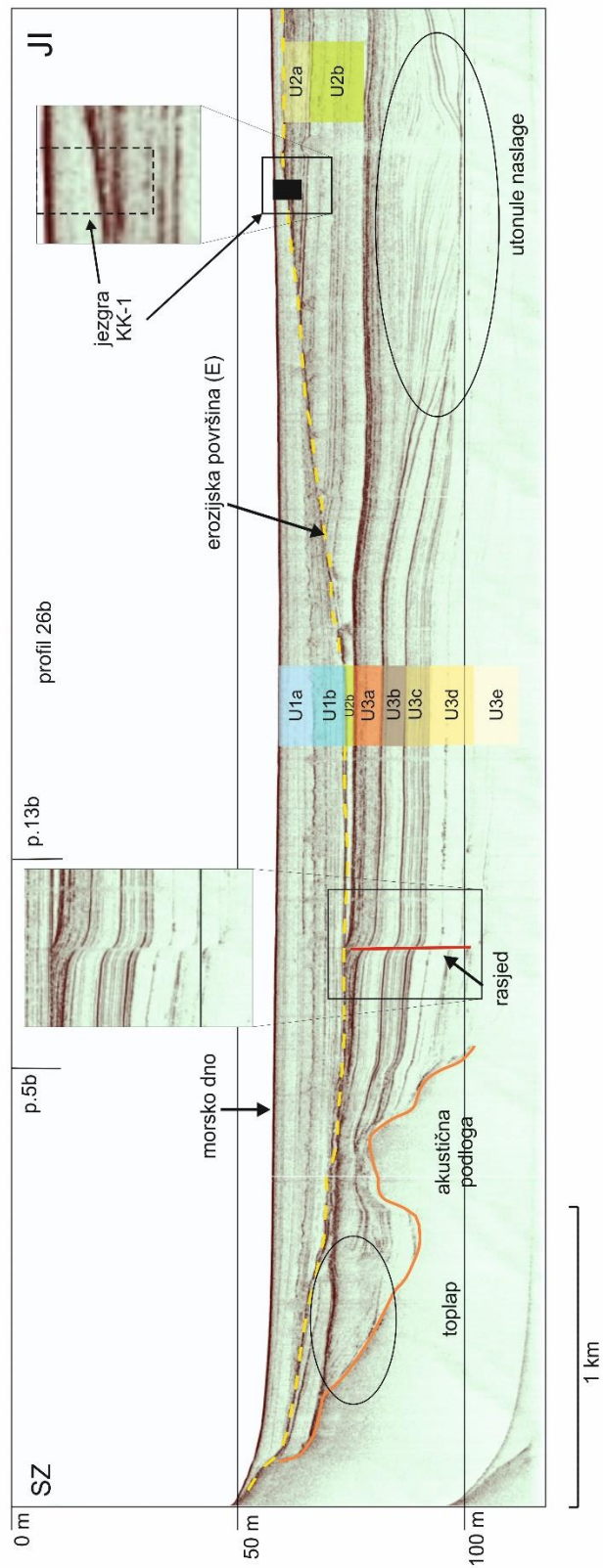
Slika 5.24. Seizmički profil 23b visoke rezolucije.



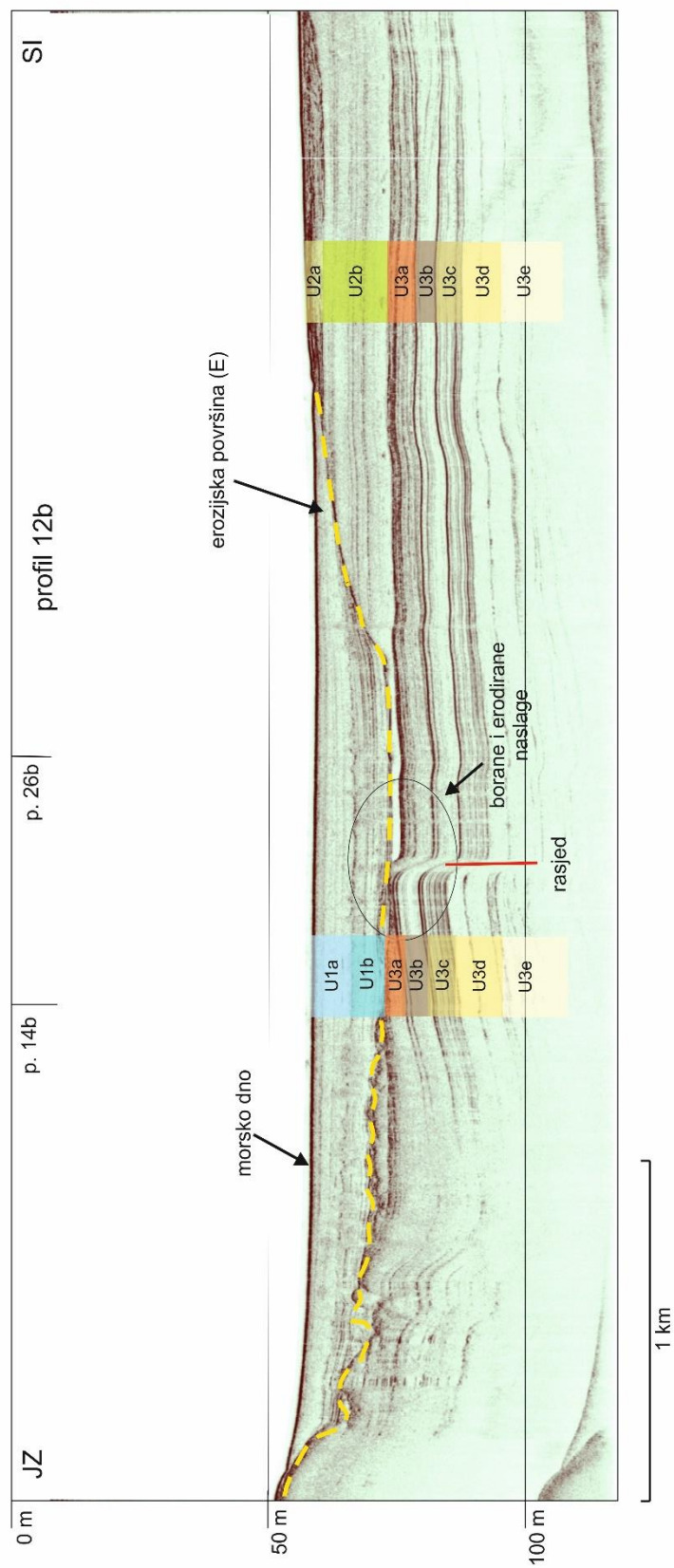
Slika 5.25. Seizmički profil 1b visoke rezolucije.



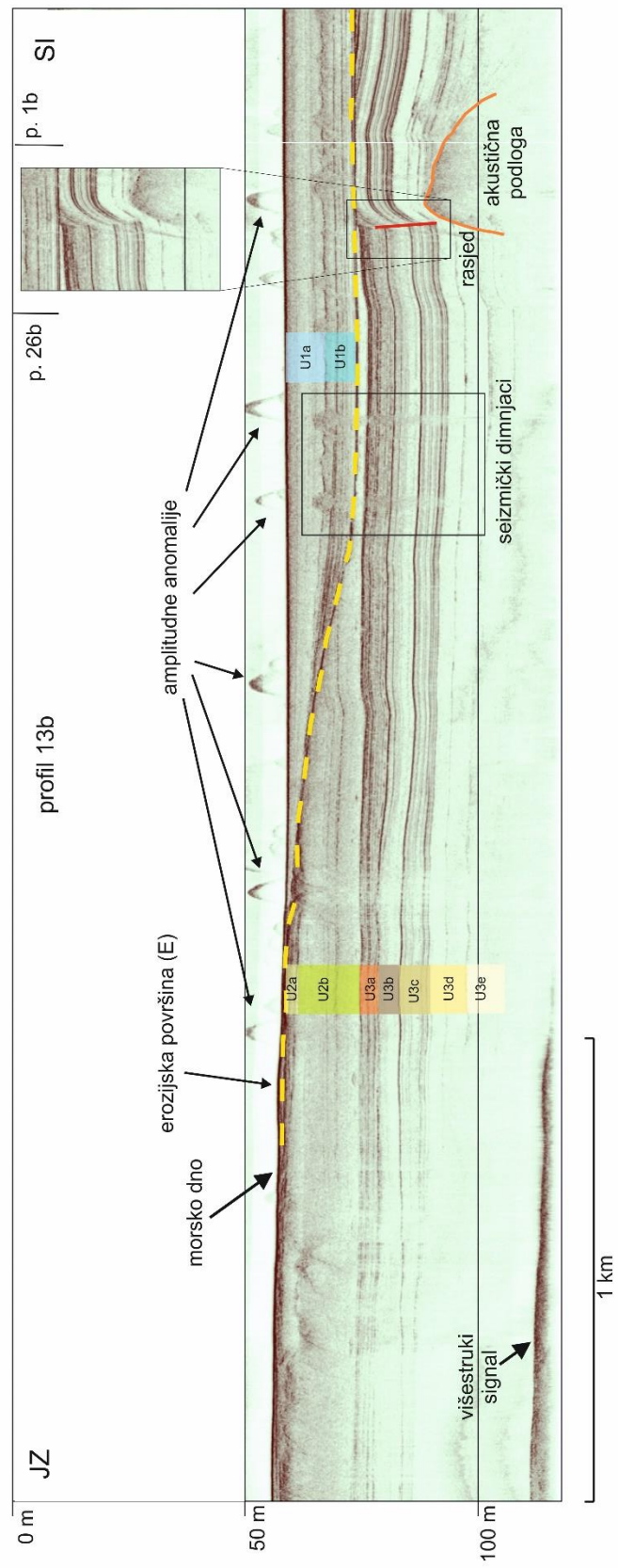
Slika 5.26. Seizmički profil 21b visoke rezolucije.



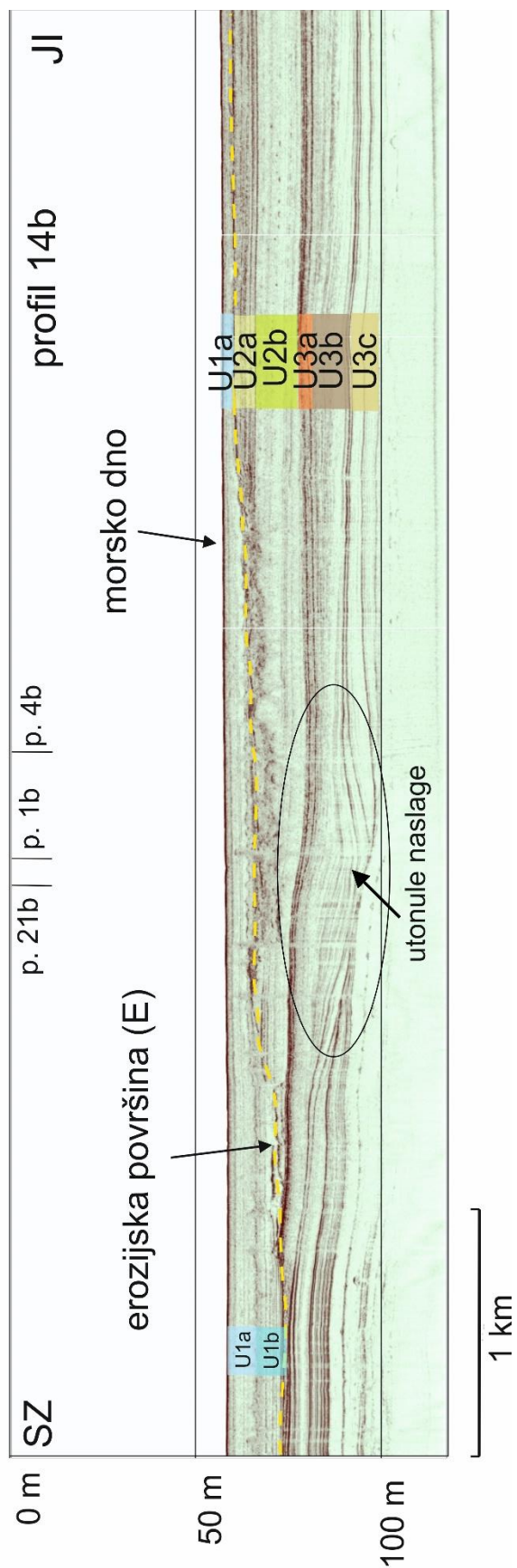
Slika 5.27. Seizmički profil 26b visoke rezolucije.



Slika 5.28. Seizmički profil 12b visoke rezolucije.

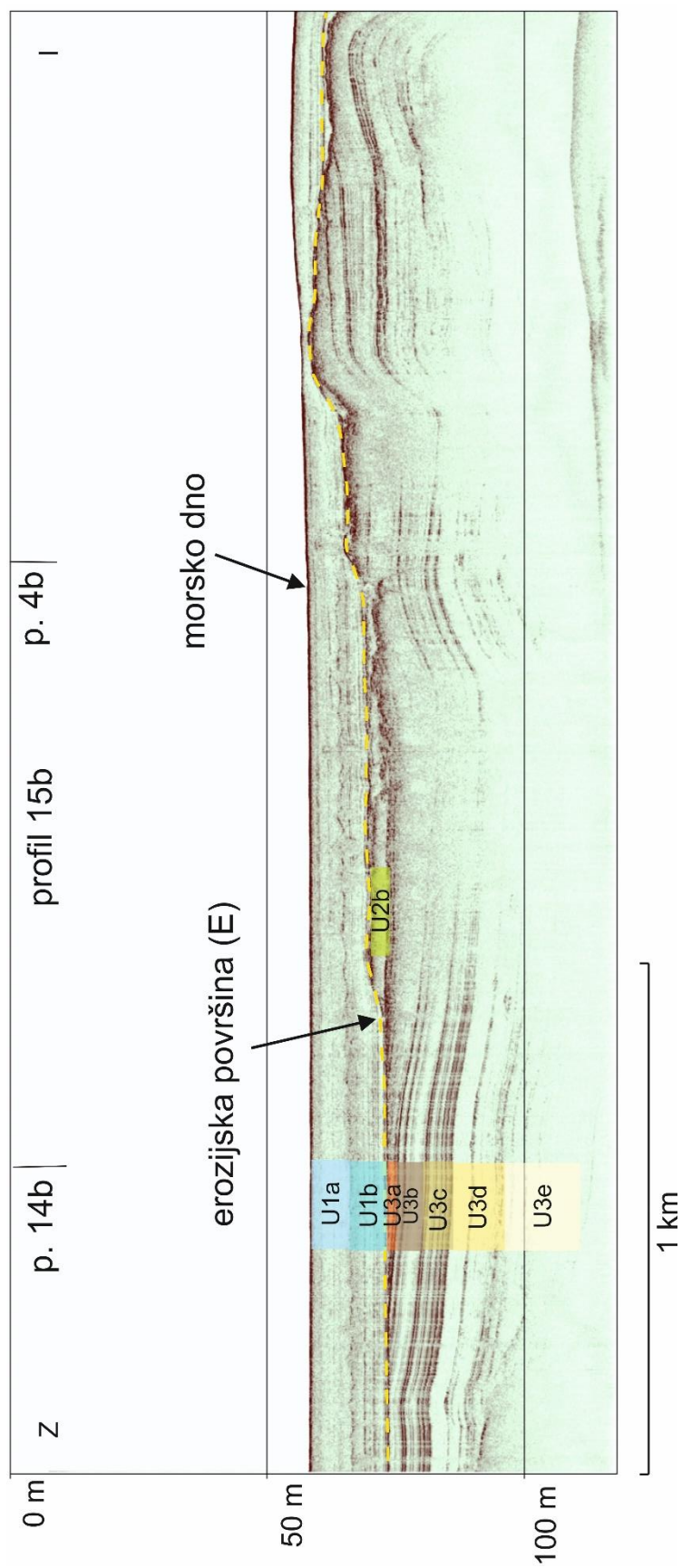


Slika 5.29. Seizmički profil 13b visoke rezolucije.

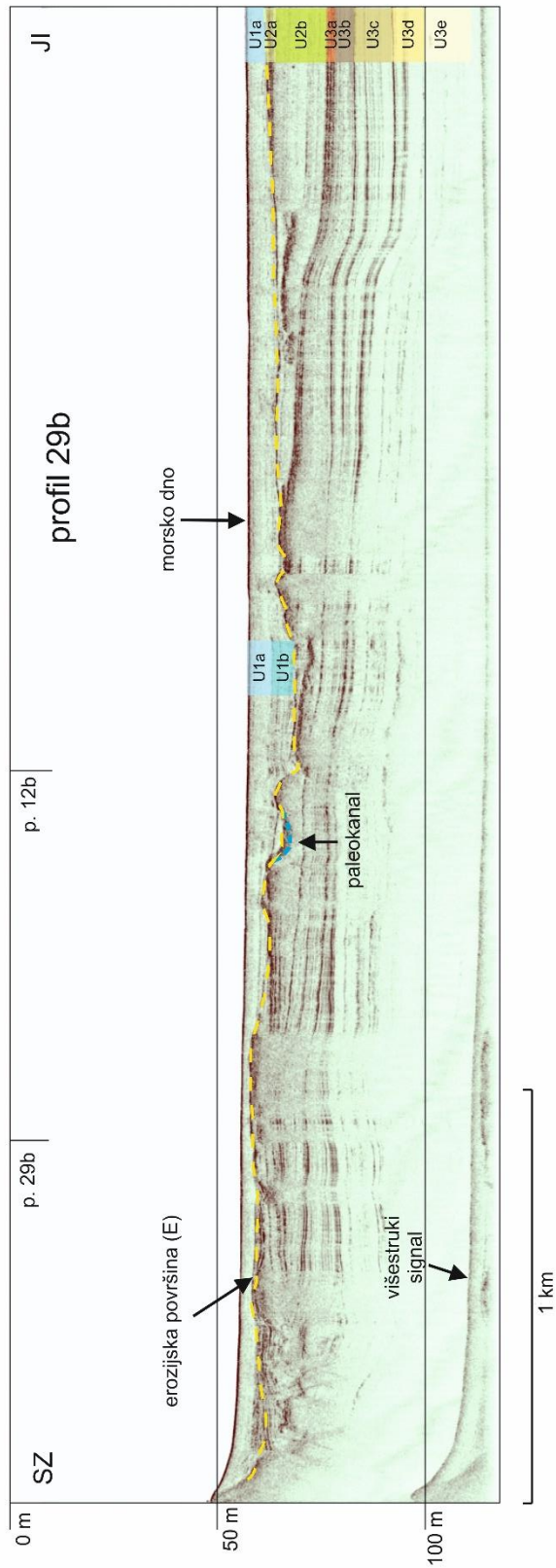


Slika 5.30. Seizmički profil 14b visoke rezolucije.

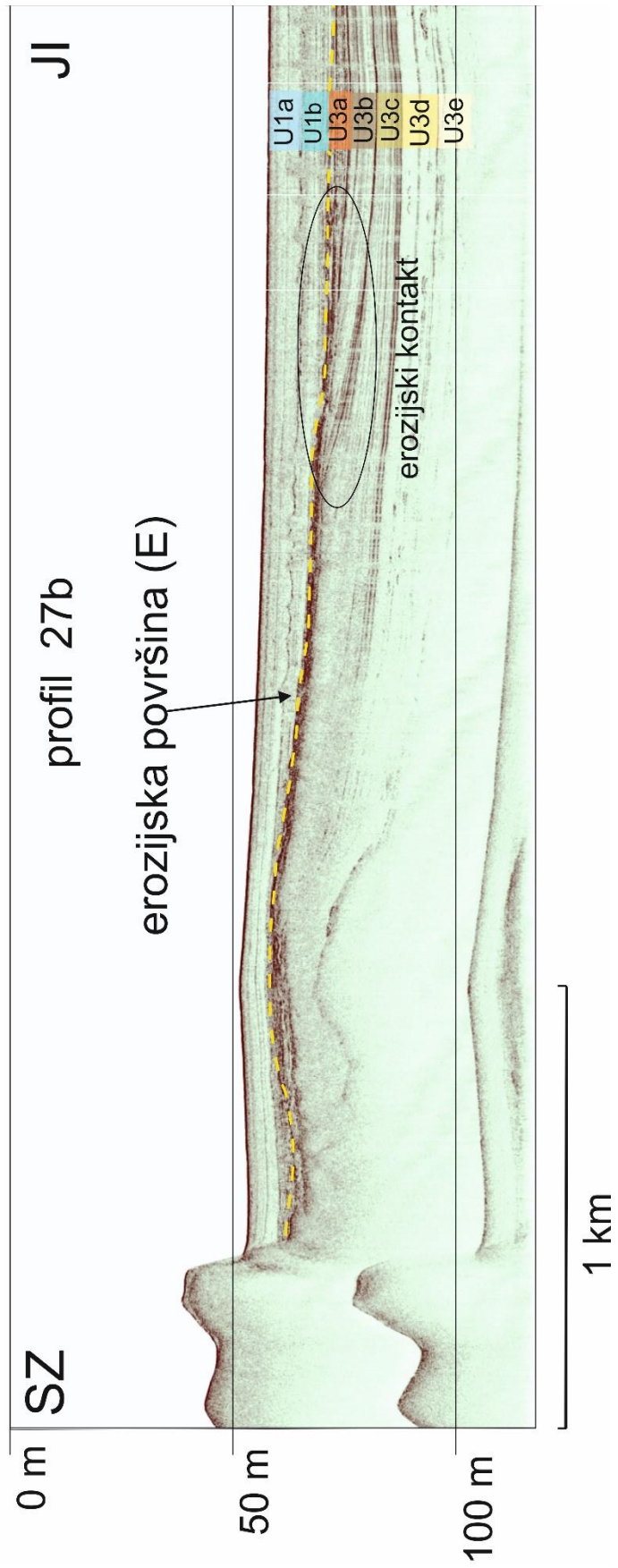




Slika 5.31. Seizmički profil 15b visoke rezolucije.



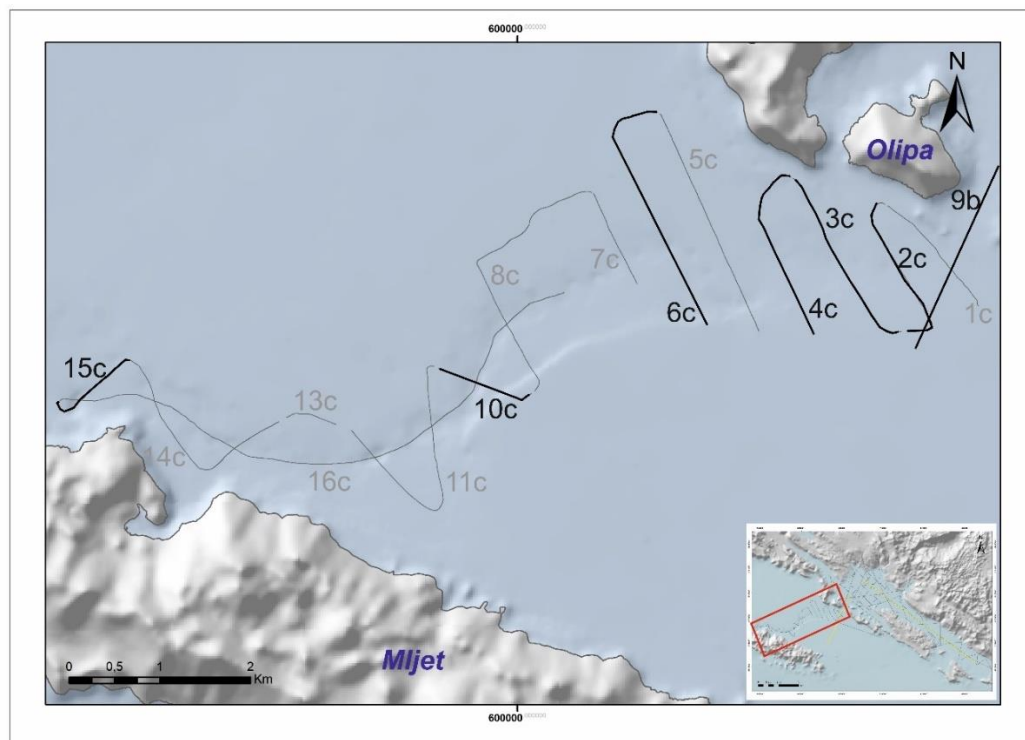
Slika 5.32. Seizmički profil 29b visoke rezolucije.



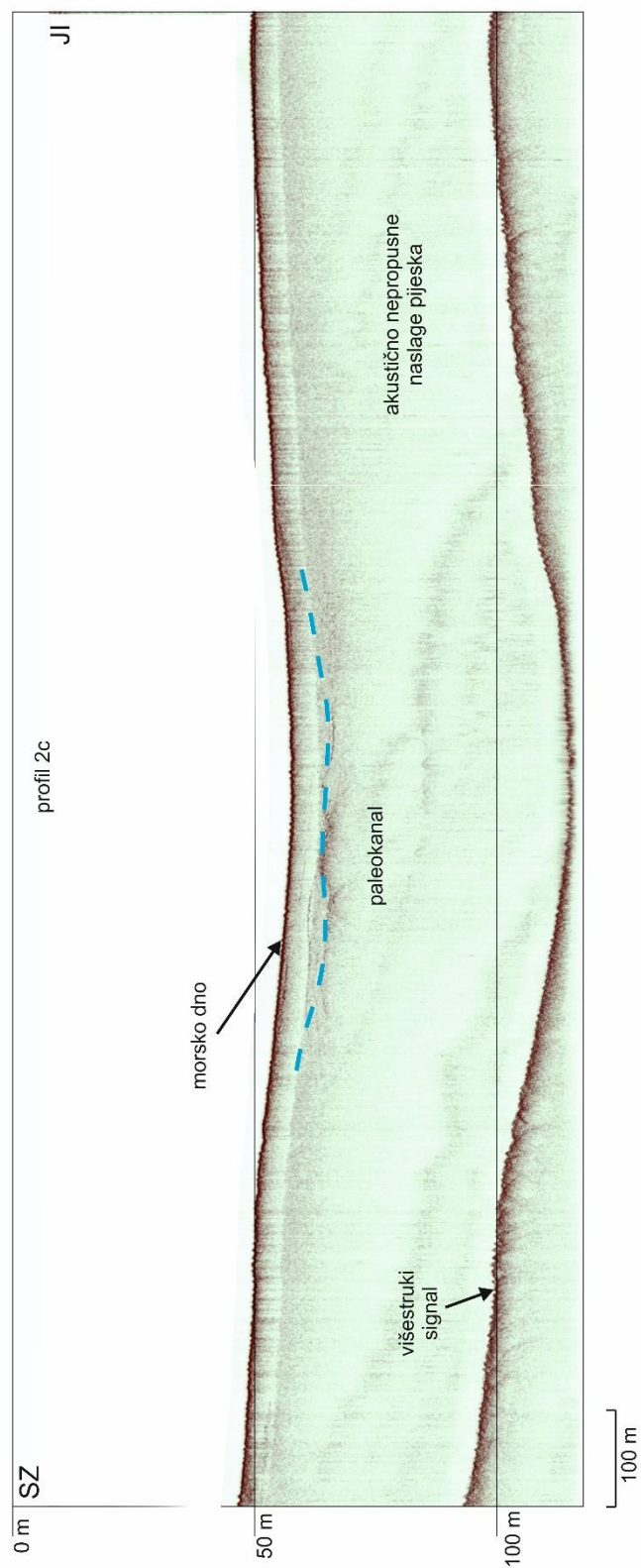
Slika 5.33. Seizmički profil 27b visoke rezolucije.

### 5.1.6. Interpretacija profila u Mljetskom kanalu

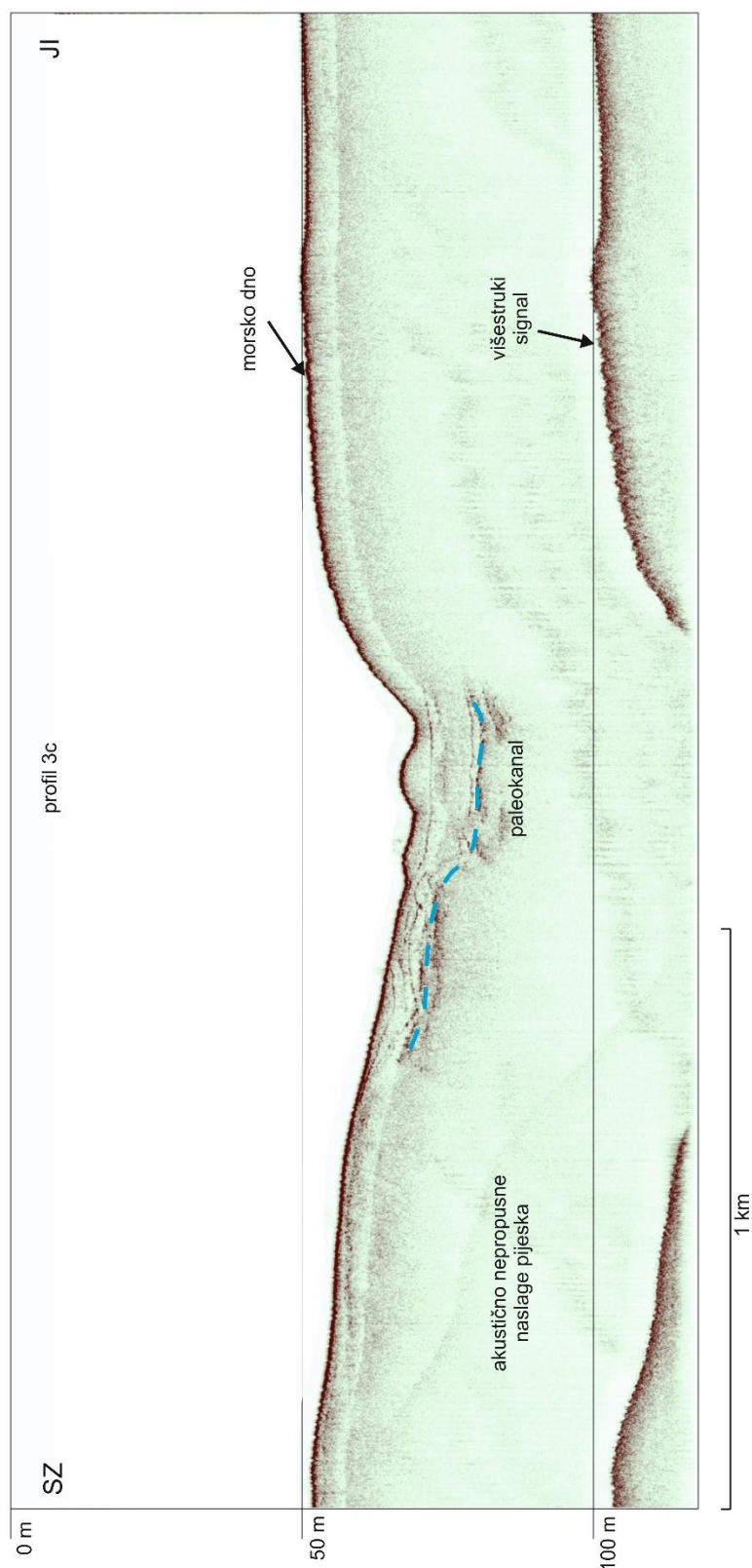
Seizmički profili visoke rezolucije u Mljetskom kanalu (izvan Koločepskog kanala) (Slika 5.34) ukazuju na postojanje paleokanala koji je dobro uočljiv po gotovo svim profilima u ovom dijelu te se odražava u obliku slova U, što se uočava i na batimetrijskim podacima kanala (Slika 5.35 do 5.40). Zbog površinskih naslaga sedimenta nije moguće razaznati sekvencije ispod dna mora, jer naslage pijeska ne dopuštaju prodor akustičnog signala dublje u sediment. Isto tako nije moguće odrediti samu debljinu naslaga pijeska. Na svakom profilu je jasno uočljiv višestruki signal (Slika 5.35-5.41). Idući od otoka Olipe prema otoku Mljetu prateći kanal, primjećuje se kako se blagi oblik od slova U postepeno mijenja u strmiji oblik slova U na rubovima kanala. Profil 9b (Slika 5.41) proteže se u smjeru SI-JZ te se nalazi po dužini prolaza Veliki Vratnik. Vidljivo je uzvišenje koje predstavlja prag na -50 m. Naslage sedimenta onemogućuju prodiranje signala u dublje naslage te se one samo nadziru na JI strani profila prema unutrašnjosti Koločepskog kanala gdje se pijesak nije istaložio zbog postojeće barijere između otoka Olipa i Jakljana.



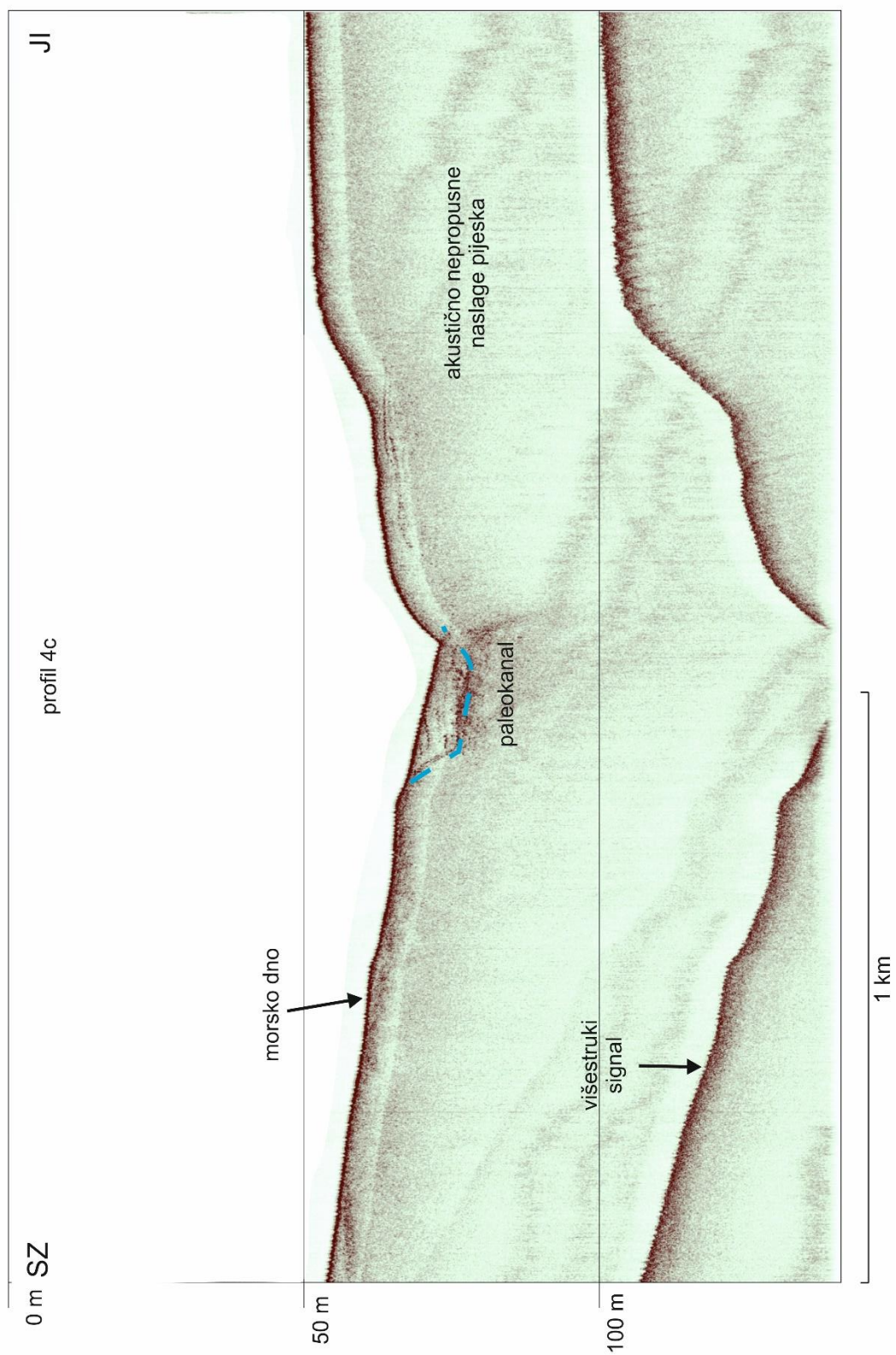
*Slika 5.34. Tragovi profila visoke rezolucije izvan Koločepskog kanala istaknuti su crnim linijama te prikazani u narednom tekstu. Sivim linijama su označeni profili koji su prikazani u Prilogu 18-25.*



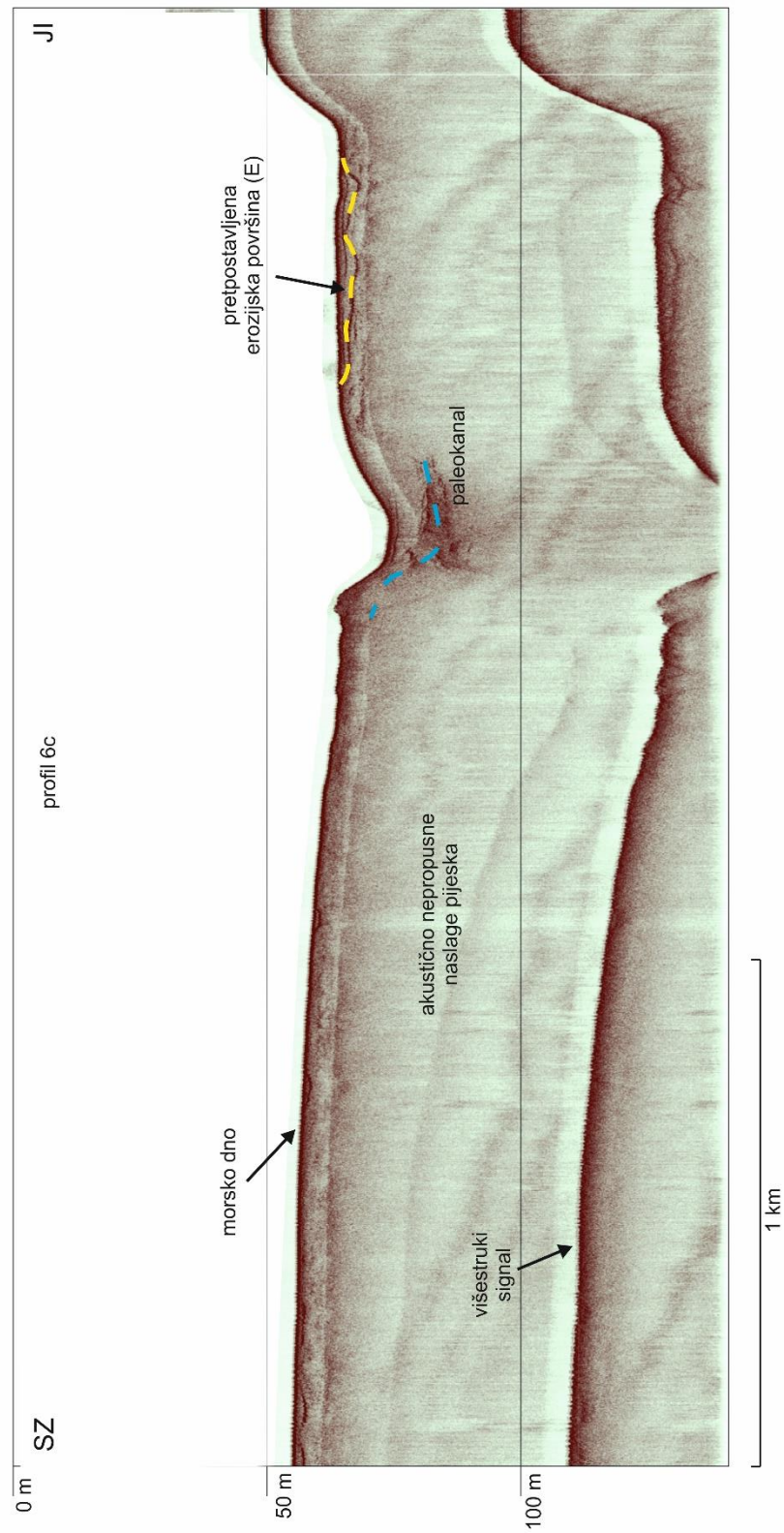
Slika 5.35. Seizmički profil 2c visoke rezolucije.



Slika 5.36. Seizmički profil 3c visoke rezolucije.

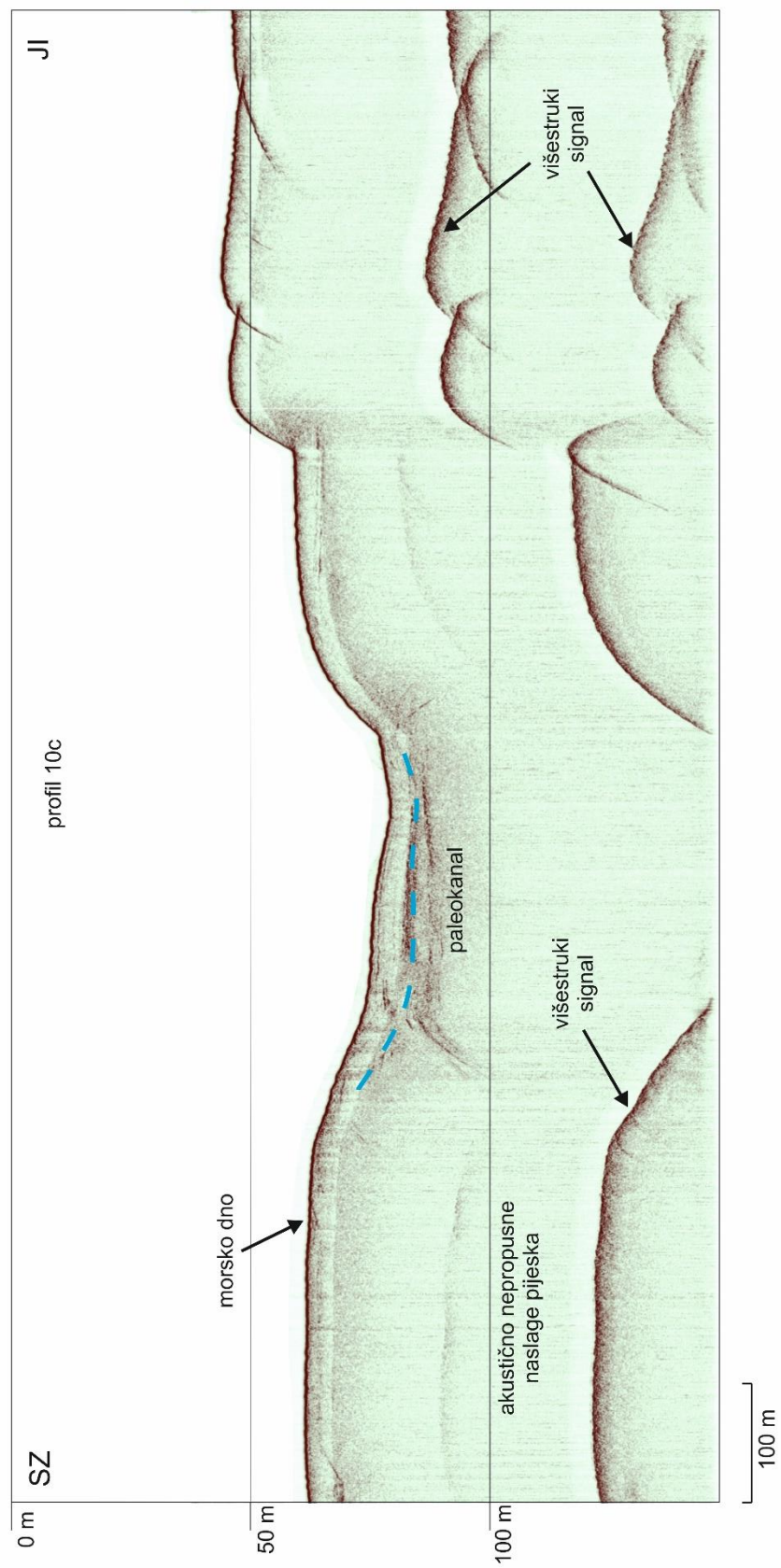


Slika 5.37. Seizmički profil 4c visoke rezolucije.

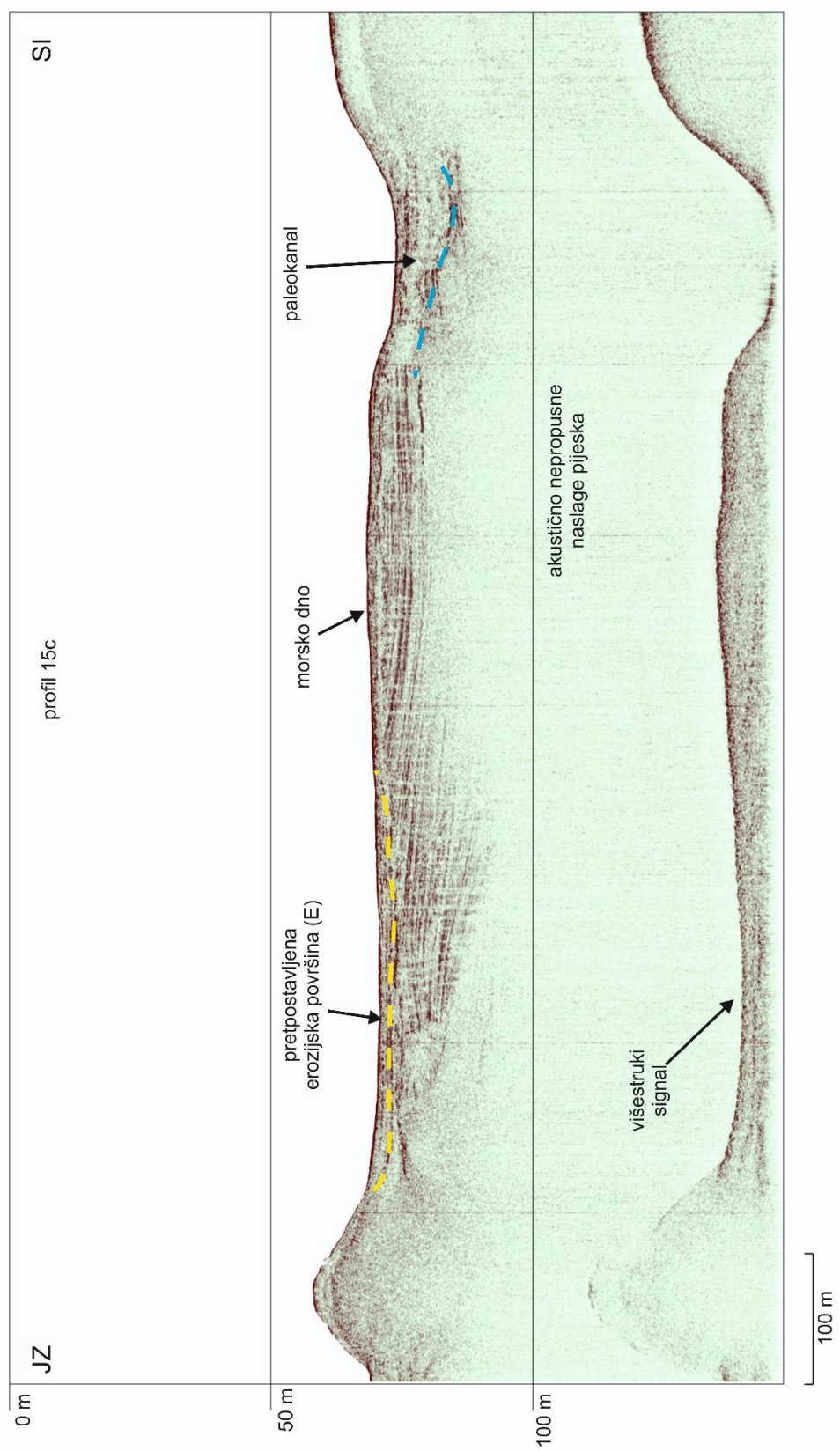


Slika 5.38. Seizmički profil 6c visoke rezolucije.

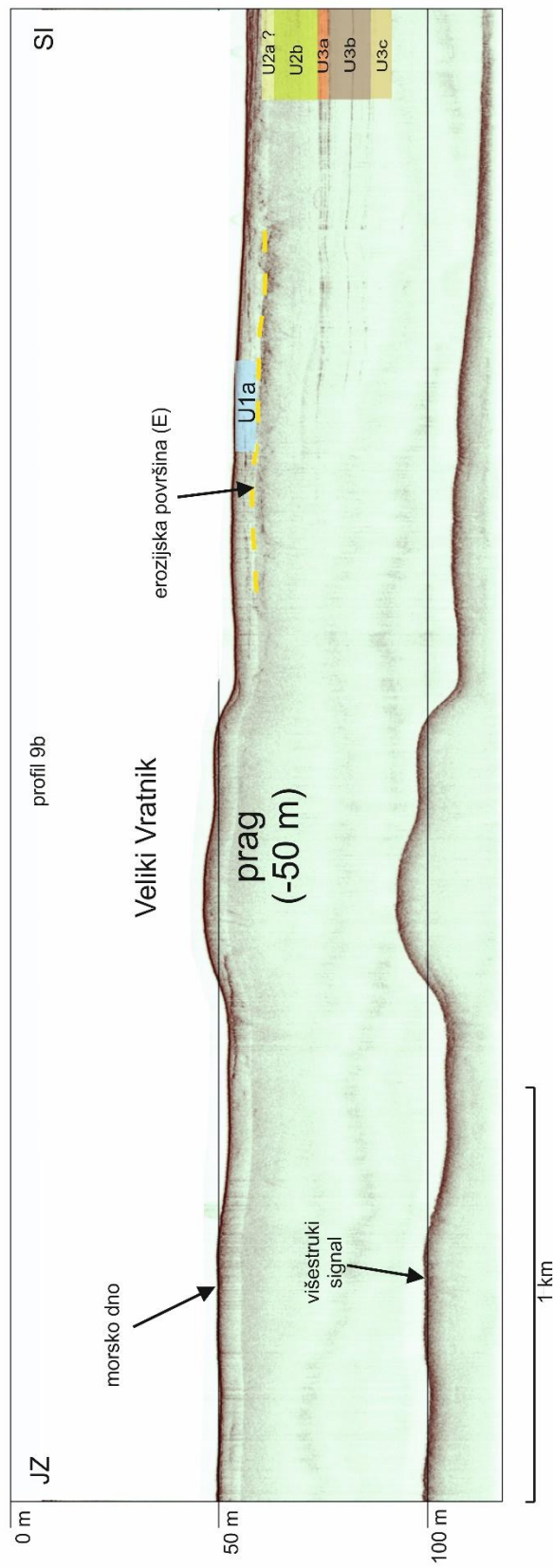




Slika 5.39. Seizmički profil 10c visoke rezolucije.



Slika 5.40. Seizmički profil 15c visoke rezolucije.



Slika 5.41. Seizmički profil 9b visoke rezolucije.

## 5.2. Rezultati analize jezgre sedimenata KK-1 i KK-2

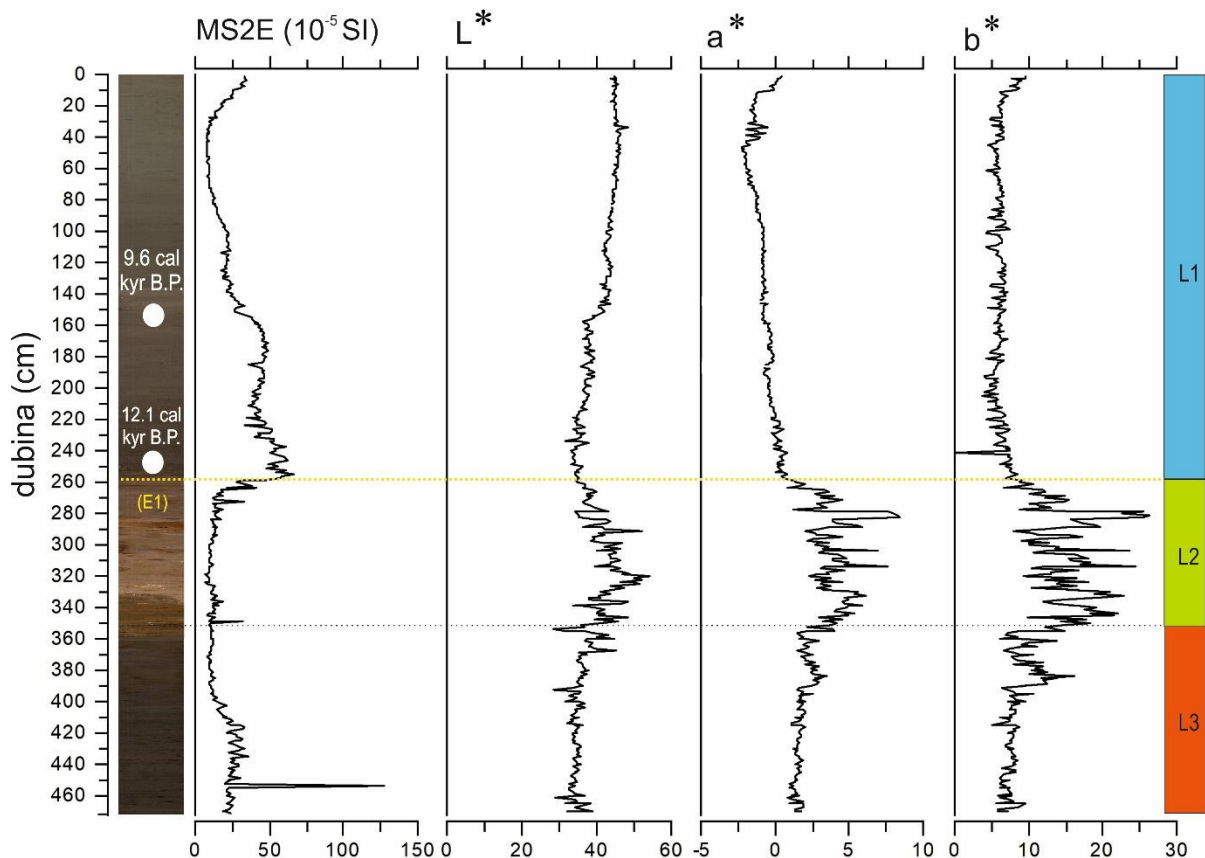
### 5.2.1. Makroskopski opis jezgre, boja, magnetski susceptibilitet i datiranje

#### 5.2.1.1. Jezgra KK-1

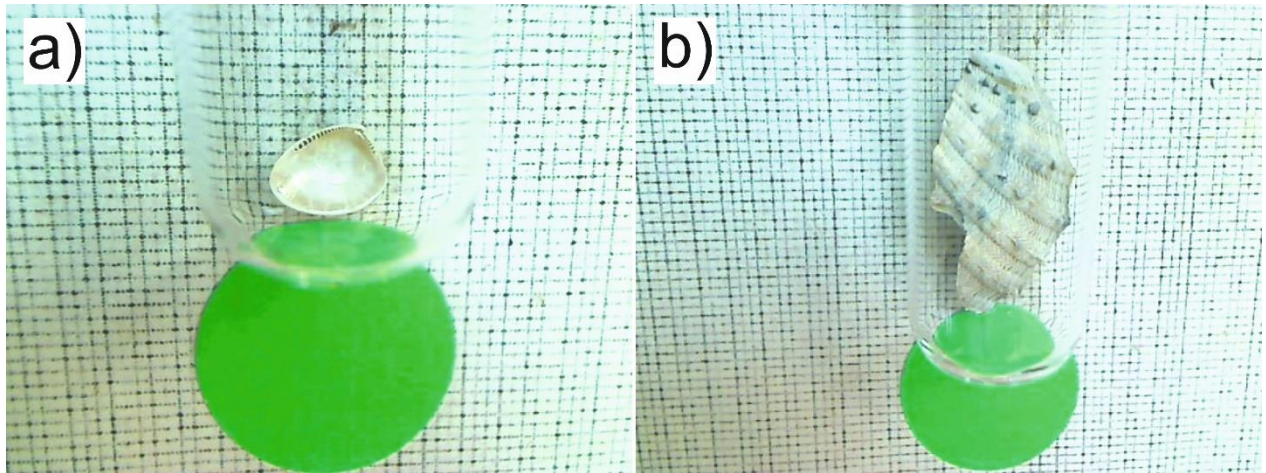
Jezgra KK-1 dužine je 470 cm. Izbušena je na tragu geofizičkog akustičnog profila 26b na dubini mora od -59,85 m (koordinate jezgre su prikazane u Tablici 3) (Slika 5.1 i 5.27). Jezgra je podijeljena na tri jedinice koje se razlikuju prema litologiji (L1, L2 i L3) (Slika 5.42). Gornja jedinica (L1) je tamno sive boje, homogena, s mjestimično sitnim fosilnim ostacima ljuštura školjkaša i puževa. Sediment je mekan i vlažan. Srednji dio (L2) je svjetlo smeđe do narančaste boje sa izmjenom svjetlijih i tamnijih proslojaka, bez značajnih fosilnih ostataka osim na 320 cm, gdje je vidljiv proslojak sitnih razlomljenih ostataka ljuštura koje nije moguće identificirati. Sediment je tvrdi i suši naspram gornje jedinice. Donji dio (L3) jezgre je tamno sive do tamno smeđe boje, homogenog izgleda te nešto mekši i vlažniji od srednje jedinice. Prijelazi između litostratigrafskih granica su jasni. Vrijednosti parametra L su u rasponu od 28,32 do 53,96. Parametar L u gornjoj jedinici je viših vrijednosti dok se u srednjoj jedinici još malo povećavaju te potom do kraja jezgre u donjoj jedinici padaju. Vrijednosti parametra  $a^*$  su u rasponu od -25 do 8,38. Parametar  $a^*$  je u gornjem dijelu jezgre izrazito nizak sa negativnim predznakom dok se u srednjem dijelu naglo povećava i potom u donjem dijelu ponovno smanjuje ali zadržava vrijednosti iznad nule. Vrijednosti parametra  $b^*$  su u rasponu od 0,05 do 26,39. Parametar  $b^*$  prati vrijednosti parametra  $a^*$ , pa su tako vrijednosti u gornjem dijelu konstantno niske dok se u srednjem naglo povećavaju, te potom u donjem dijelu smanjuju na vrijednosti nešto više od gornjeg dijela (Slika 5.42). Cjeloviti prikaz vrijednosti mjerenja je prikazan u Prilogu 26.

Magnetski susceptibilitet (MS) je analiziran u centimetarskoj rezoluciji i u rasponu je od  $7-65,8 \times 10^{-5}$  SI (Slika 5.42) s prosjekom od  $23,85 \times 10^{-5}$  SI. U gornjem dijelu jezgre (0-255 cm) MS najviše varira i to između 7,8 i  $65,8 \times 10^{-5}$  SI, s tim da je na početnim centimetrima jezgre MS niži te se idući prema dubljem dijelu blago povećava, te na dubini od 255 cm dostiže  $65,8 \times 10^{-5}$  SI. Nagli pad MS-a je na prijelazu iz gornje u srednju jedinicu gdje naglo pada na  $17 \times 10^{-5}$  SI te se niski MS zadržava sve do sredine donje jedinice na 410 cm kada blago raste na  $24,10 \times 10^{-5}$  SI sve do 440 cm kada ponovno blago pada do kraja jezgre i do  $19,40 \times 10^{-5}$  SI (Slika 5.42). Cjeloviti prikaz mjerenja MS je prikazan u Prilogu 26.

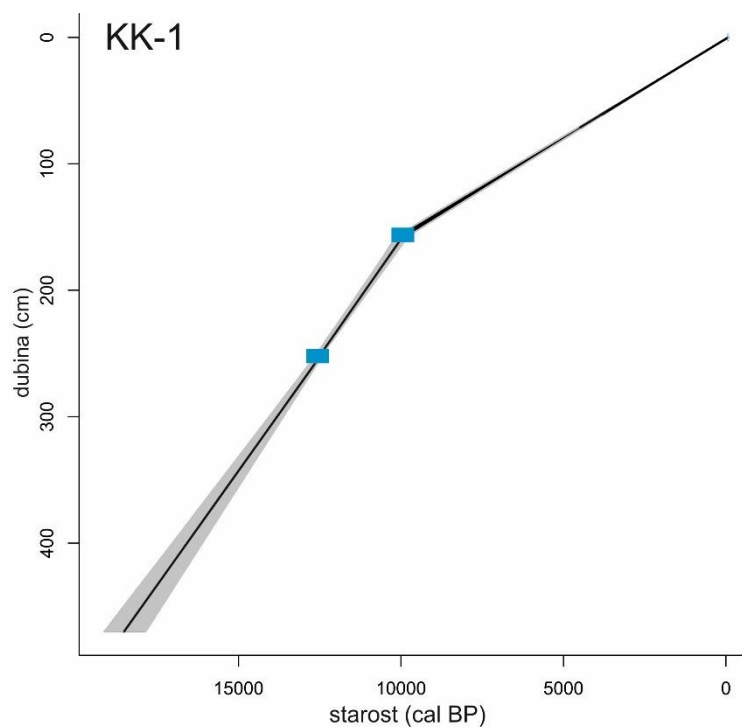
Na 157. cm i u intervalu od 251-253 cm pronađene su fosilne ljuštore zadovoljavajuće veličine za metodu datiranja radioaktivnog ugljika (AMS  $^{14}\text{C}$ ) (Slika 5.43). Datiranje je napravljeno samo na dva uzorka zbog nedostatka zadovoljavajućeg fosilnog sadržaja u cijeloj jezgri. Najdublji analizirani uzorak ljuštore nalazi se na dubini od 251,5-253,5 cm, konvencionalne starosti  $10780 \pm 30$  godina BP, što kalibrirano na temelju krivulje MARINE 13 (Reimer et al., 2013) iznosi  $12\,170$  Cal BP. Drugi uzorak ljuštore školjkaša je s dubine od 157-158 cm, konvencionalne starosti  $9050 \pm 30$  godina BP, što kalibrirano na temelju krivulje MARINE 13 (Reimer et al., 2013) iznosi  $9\,669$  Cal BP (Slika 5.42). Zbog nedostatka materijala zadovoljavajućeg za datiranje u cijeloj jezgri onemogućeno je dobivanje pouzdanog i točnog modela dubina/starost i izračun brzine sedimentacije. Stoga prikazani model dubina/starost treba uzeti s rezervom (Slika 5.44). Brzina sedimentacije u gornjem intervalu od 0-158 cm iznosi  $0,015$  cm/god. Potom slijedi interval od 159-470 cm s nešto većom brzinom od  $0,036$  cm/god.



Slika 5.42. Jezgra KK-1. Prikaz magnetskog susceptibiliteta MS,  $L^*$   $a^*$   $b^*$  parametara i rezultati datiranja sa podjelom jezgre na litološke jedinice (L 1-3) prema dobivenim vrijednostima parametra u jezgri.



Slika 5.43. Analizirani uzorci ljuštura pomoću izotopa  $^{14}\text{C}$  AMS. Uzorak a) pronađen na 157 cm i uzorak b) pronađen u intervalu 251-253 cm.

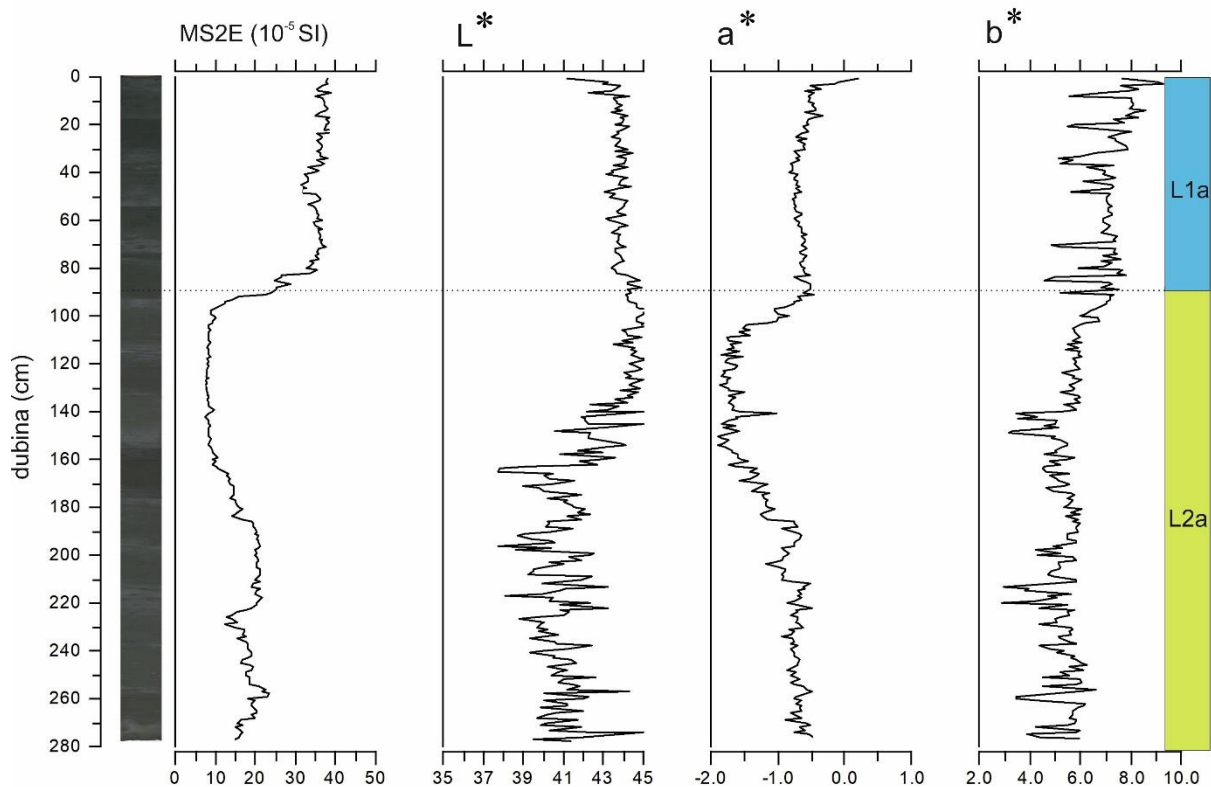


Slika 5.44. Model dubina/starost jezgre KK-1 izrađen linearnom interpolacijom. Rezultati datiranja metodom radioaktivnog ugljika (AMS  $^{14}\text{C}$ ) linearno su interpolirani s primjenom korekcije na rezervoar efekt. Plave oznake označavaju dobiveno datiranje, a sivi dio označava područje raspona vjerojatnosti rezultata.

### 5.2.1.2. Jezgra KK-2

Jezgra sedimenata KK-2 dužine je 277 cm. Izbušena je na tragu geofizičkog akustičnog profila 21b na dubini mora od -58,96 m (koordinate jezgre su prikazane u Tablici 3) (Slika 5.1 i 5.26). Prema dobivenim rezultatima analiza jezgra je podijeljena na dvije litološke jedinice (L1a i L2a) (Slika 5.45). Cijela jezgra je jednake boje, a sediment je mekan i vlažan. U jezgri su pronađene samo dvije očuvane fosilne ljuštore školjkaša i puža i to na 0-4 cm i 170 cm jezgre, ali nedovoljne za analizu datiranja. U ostatku jezgre nije pronađen značajan fosilni sadržaj. Vrijednosti parametra L su u rasponu od 37,77 do 45,88. Prateći parametar L vrijednosti su od početka izrazito visoke do 130 cm, kada blago padaju i ostaju takve do dna jezgre. Vrijednosti parametra  $a^*$  su u rasponu od -1,91 do 0,54. Vrijednosti su kroz cijelu jezgru izrazito niske, te imaju negativan predznak. Na sredini jezgre, od 100-188 cm, vrijednosti su niže, dok se u donjem dijelu opet blago povećavaju. Vrijednosti parametra  $b^*$  su u rasponu od 2,94 do 9,29. Parametar  $b^*$  je na samom početku jezgre s nešto većim vrijednostima dok se kroz jezgru skroz do kraja vrijednosti blago snižavaju (Slika 5.45). Cjeloviti prikaz vrijednosti mjerenja je prikazan u Prilogu 26.

Magnetski susceptibilitet (MS) je analiziran u centimetarskoj rezoluciji i u rasponu je od  $7,4-38,8 \times 10^{-5}$  SI s prosjekom od  $21,05 \times 10^{-5}$  SI. U gornjem dijelu jezgre (0-90 cm) MS je najviši s maksimumom od  $38,8 \times 10^{-5}$  SI. Na 90 cm MS naglo pada na minimum od  $7,4 \times 10^{-5}$  SI i tako se zadržava sve do donjeg dijela jezgre, kada od 185 cm počinje blago rasti do najvišeg MS od  $23,5 \times 10^{-5}$  SI (Slika 5.45). Cjeloviti prikaz rezultata MS-a je prikazan u Prilogu 26.



Slika 5.45. Jezgra KK-2. Prikaz magnetskog susceptibiliteta  $MS2E$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  parametara sa podjelom jezgre na litološke jedinice prema dobivenim vrijednostima parametra u jezgri.

## 5.2.2. Granulometrijska analiza – odredba veličine čestica metodom laserske difrakcije

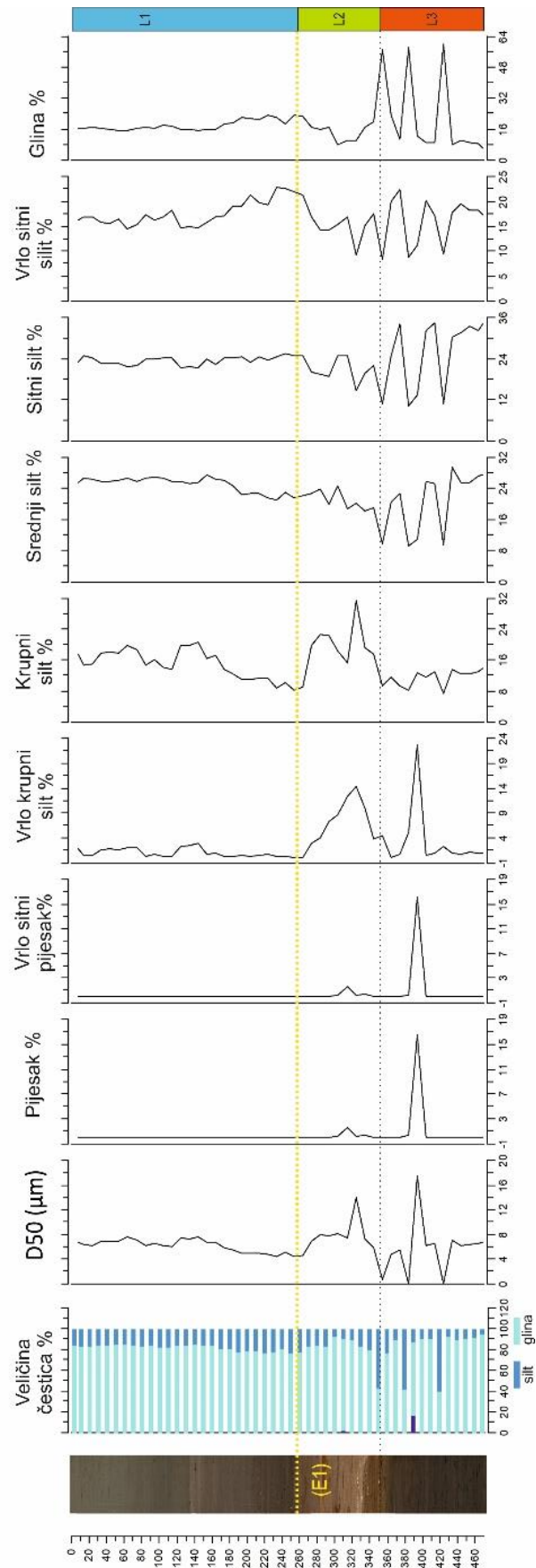
### 5.2.2.1. Jezgra KK-1

U jezgri KK-1 analiziran je 51 uzorak. Na slici 5.46 je grafički prikaz udjela različitih frakcija u analiziranim uzorcima. U Prilogu 27 i 27a su tablično prikazani rezultati provedenih analiza. Raspodjela čestica unutar intervala je većim dijelom unimodalna (*unimodal*) u intervalu 0-260 cm, te je potom u intervalu 270-475 cm većim dijelom bimodalna (*bimodal*), 8 analiziranih uzoraka su trimodalna (*trimodal*), a 7 polimodalna (*polymodal*). Uzorci su loše sortirani (*poorly sorted*), dok su pred kraj jezgre na 350, 380, 390 i 420 cm uzorci jako loše sortirani (*very poorly sorted*). Krivulja je većinom pozitivno nakošena (*fine skewed*) u intervalu od 0-290 cm, te potom prelazi u simetričnu (*symmetrical*) s tri intervala gdje je vrlo oštro nakošena (*very coarse skewed*). Zaoštrenost krivulje je većim dijelom normalna tj. srednje zaoštrena (*mesokurtic*), dok je drugi ostatak jezgre negativna tj. zaravnjena (*platykurtic*). Tri



uzorka na dubini od 350 cm, 380 cm i 420 cm su vrlo negativna, tj. vrlo zaravnjena (*very platykurtic*).

Prevladava frakcija silta s prosjekom od 81,71 % (ukupni udio silta). Udio čestica veličine gline iznosi u prosjeku 17,91 %, a pijeska 0,38 %. Na dubini od 350 cm prevladava glina sa 57,0 % isto kao i na 280 cm sa 58,4 % i 420 cm sa 60,2 %. Pijesak se javlja samo u intervalu od 300-350 cm sa udjelom od 0,1-1,6 %, te na dubini od 390 cm gdje mu je najviši udio od 16,5 %. Na istoj dubini udio gline je 12,6 % dok je udio silta 70,9 %.

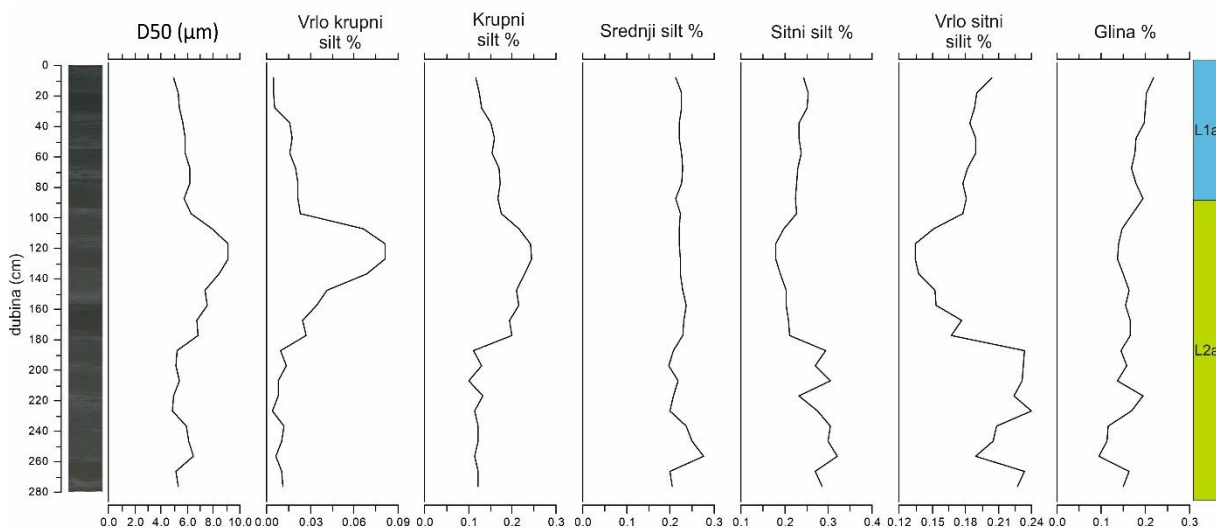


Slika 5.46. Rezultati varijacije u raspodjeli veličine čestica po dubini jezgre KK-1.

### 5.2.2.2. Jezgra KK-2

U jezgri KK-2 analizirano je 28 uzoraka. Na slici 5.47 je grafički prikaz udjela različitih frakcija u analiziranim uzorcima. U Prilogu 28 i 28a su tablično prikazani rezultati provedenih analiza. Raspodjela čestica unutar intervala je većim dijelom unimodalna (*unimodal*) u intervalu 0-130 cm, te je potom u intervalu 140-260 cm većim dijelom bimodalna (*bimodal*). Tri su uzorka polimodalna (*polymodal*), te je samo jedan uzorak trimodalan (*trimodal*) na dubini od 240 cm. Uzorci su loše sortirani (*poorly sorted*) kroz cijelu jezgru. Krivulja je pozitivno nakošena (*fine skewed*) u intervalu od 0-170 cm, te potom prelazi u simetričnu (*symmetrical*) do kraja jezgre. Zaoštrenost krivulje je najvećim dijelom negativna tj. zaravnjena (*platykurtic*) te je kao takva u intervalu od 0-170 cm, te prelazi u normalnu tj. srednje zaoštrenu (*mesokurtic*) u intervalu od 180-270 cm tj. do kraja jezgre.

Prevladava frakcija silta s prosjekom od 83,7 % (ukupni udio silta). Udio čestica veličine gline iznosi u prosjeku 16,3 %. Čestica veličine pijeska nema. Na samom početku jezgre je nešto veći udio gline dok se idući prema kraju udio postepeno smanjuje. Udio silta je na početku jezgre manji te idući prema dnu se povećava, najveći udio silta se nalazi na dubini od 250 cm s udjelom od 90,5 %.



Slika 5.47. Rezultati varijacije u raspodjeli veličine čestica po dubini jezgre KK-2.

### 5.2.3. Analize organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika

#### 5.2.3.1. Jezgra KK-1

U jezgri su određeni udjeli ukupnog dušika (N), ukupnog organskog ugljika (TOC), ukupnog anorganskog ugljika (TIC) i netopivog ostatka. Izračunat je udio kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) i C/N omjer. Analiza je napravljena na ukupno 51 uzorku kroz cijelu jezgru. Na Slici 5.48 su prikazani udjeli ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, omjera C/N, netopivog ostatka i postotka karbonata u sedimentu, dok su u Prilogu 29 prikazani cijeli numerički rezultati analize na svakom uzorku.

Udio N u jezgri je u rasponu od 0,02-0,14%, sa srednjom vrijednošću od 0,07 %. U gornjem intervalu od 0 do 260 cm jezgre vrijednosti prate približno jednake dok na 260 cm naglo padaju i dosežu svoj minimum od 0,02 %, te potom od 340 cm pa prema kraju vrijednosti se naglo povećavaju do maksimuma od 0,14 % na samom kraju jezgre.

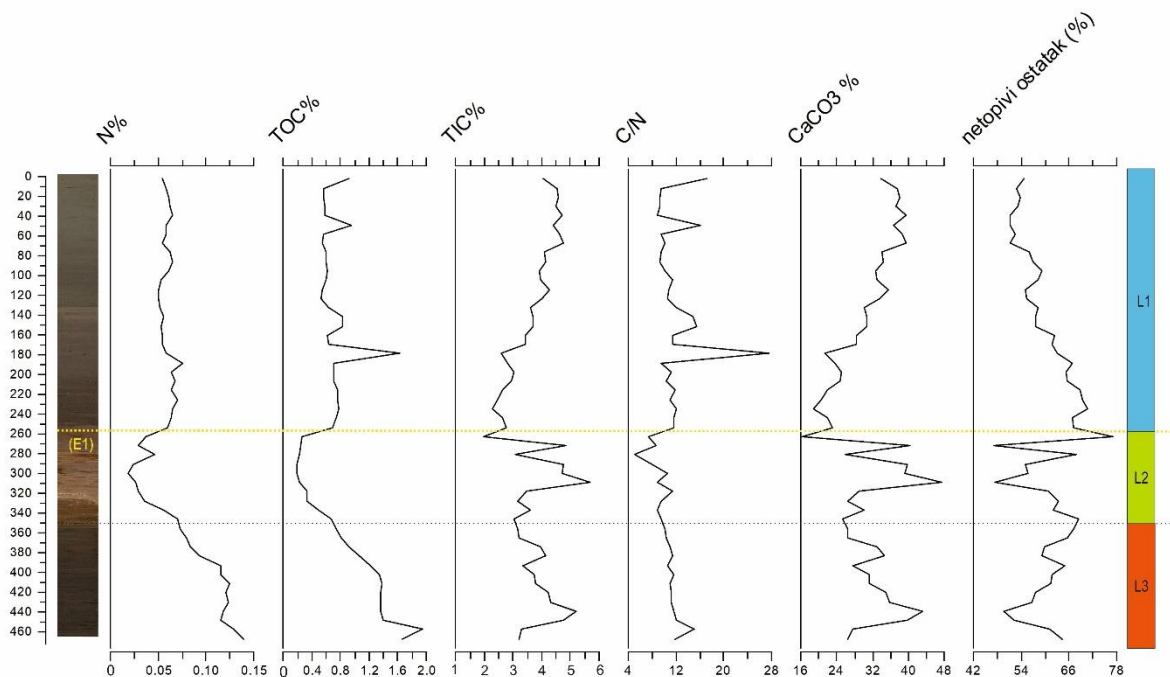
Krivulja TOC-a prati krivulju N s vrijednostima u rasponu od 0,20-1,94 % i srednjom vrijednošću od 0,74 %. Udio TIC-a je u rasponu od 1,97-5,71 % i srednjom vrijednošću od 3,89 %.

Vrijednosti TIC-a su na početku jezgre nešto veće te se blago smanjuju do 260 cm kada naglo rastu do svog maksimuma od 5,71 % te se potom na 340 cm ponovo postepeno smanjuju približnim vrijednostima koje su na gornjem dijelu jezgre.

Omjer C/N je u rasponu od 4,99-27,56 % i srednjom vrijednošću od 11,20 %. Vrijednosti kroz cijelu jezgru su približno konstantne sa iznimkom pika na dubini od 180 cm gdje doseže maksimum od 27,56 %. Krivulja omjera C/N-a prati krivulju TOC-a.

Vrijednosti udjela netopivog ostatka su u rasponu od 47,212-77,01 % i srednjom vrijednošću od 59,78 %. U gornjem dijelu su vrijednosti niže te se blago povećavaju do 260 cm gdje dosežu maksimum od 77,01 %, te naglo padaju do 320 cm kada do kraja jezgre zadržavaju gotovo pa srednju vrijednost.

Udio izračunatog kalcijevog karbonata je u rasponu od 16,42-47,53 % sa srednjom vrijednošću od 31,23 %. Krivulja  $\text{CaCO}_3$  dobro korelira s krivuljom TIC-a, te pokazuje suprotne vrijednosti u korelaciji s krivuljom netopivog ostatka.



Slika 5.48. Prikaz vrijednosti ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, omjera C/N, postotka karbonata i netopivog ostatka u sedimentu u jezgri KK-1.

### 5.2.3.2. Jezgra KK-2

U jezgri su određeni udjeli ukupnog dušika (N), ukupnog organskog ugljika (TOC), ukupnog anorganskog ugljika (TIC) i netopivog ostatka. Izračunat je udio kalcijevog karbonata ( $\text{CaCO}_3$ ) i C/N omjer. Analiza je napravljena na ukupno 28 uzoraka kroz cijelu jezgru. Na Slici 5.49 je prikazana vrijednosti ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, omjera C/N, netopivog ostatka i postotka karbonata u sedimentu, dok su u Prilogu 29 prikazani cijeli numerički rezultati analize na svakom uzorku.

Udio N u jezgri je u rasponu od 0,06-0,08 %, sa srednjom vrijednošću 0,06 %. Na samom početku jezgre vrijednost je najveća 0,08 % te se do kraja jezgre izmjenjuju vrijednosti 0,06 i 0,07 %.

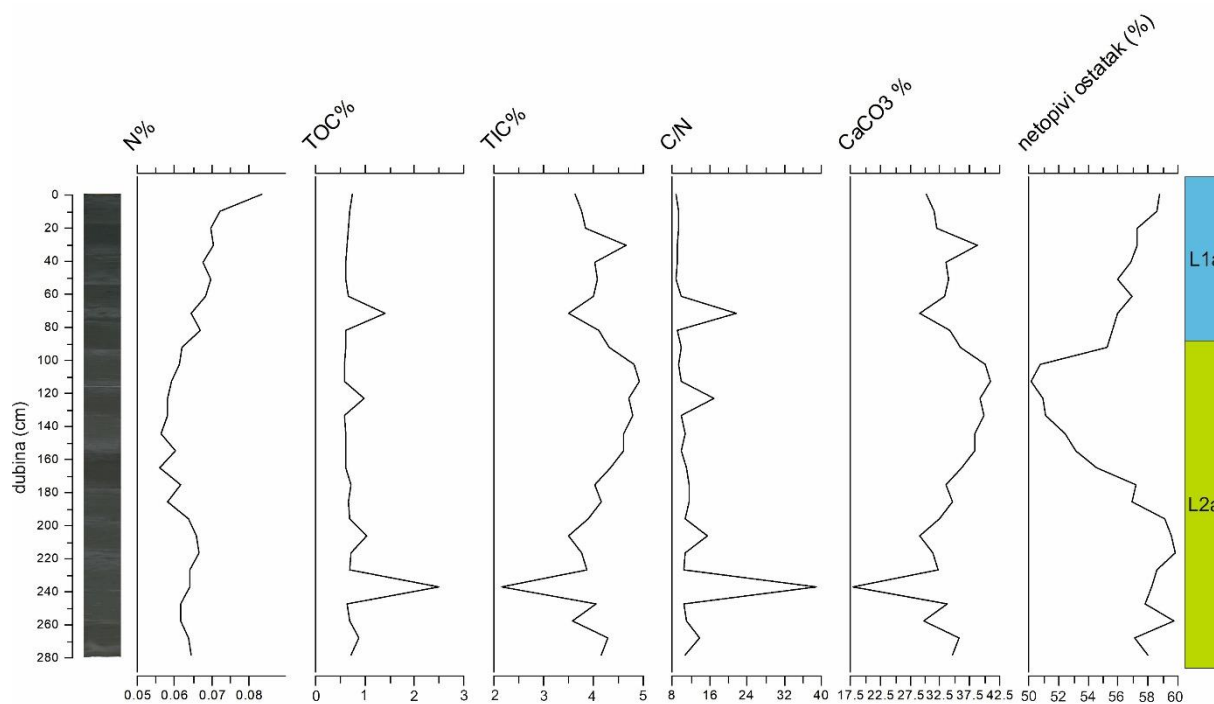
Udio TOC-a u jezgri je u rasponu od 0,57-2,48 % sa srednjom vrijednošću od 0,78 %. Duž cijele jezgre vrijednosti su podjednake osim pika na 230 cm sa maksimalnim udjelom od 2,49 %.

Udio TIC-a je u rasponu od 2,16-4,91 % sa srednjom vrijednošću od 4,07 %. Prateći krivulju vrijednosti su visoke sve do 230 cm kada naglo padaju na minimum od 2,16 % te do kraja jezgre se vrijednosti ponovno povećavaju.

Omjer C/N je u rasponu od 8,88-38,79 % sa srednjom vrijednošću od 12,13 %. Vrijednosti su kroz cijelu jezgru izrazito niske te približnih vrijednosti sa dva izraženija pika na 70 cm od 21,76 % i 230 cm od 38,79 %.

Vrijednosti udjela netopivog ostatka su u rasponu od 50,16-59,84 % i srednjom vrijednošću od 56,21 %. U gornjem dijelu jezgre vrijednosti su visoke sve do 100 cm kada naglo pada na minimalni udio od 50,16 % te odmah na 130 cm počinje postepeno se povećavati sve do kraja jezgre.

Udio izračunatog kalcijevog karbonata je u rasponu od 18,01-40,90 % sa srednjom vrijednošću od 33,94 %. Krivulja dobro korelira sa krivuljom TIC-a.



Slika 5.49. Prikaz vrijednosti ukupnog dušika, organskog i anorganskog ugljika, omjera C/N, postotka karbonata i netopivog ostatka u sedimentu u jezgri KK-2.

#### 5.2.4. Analiza geokemijskog sastava na $\mu$ XRF

##### 5.2.4.1. Jezgra KK-1

Na  $\mu$ XRF-u je analizirana samo jezgra KK-1. Analiza je napravljena u centimetarskoj rezoluciji i to u punoj dužini jezgre od 0-470 cm dubine. Varijacije odabranih analiziranih kemijskih elemenata i njihovih omjera kroz jezgru prikazane su grafički na slici 5.50 i 5.51 dok su u Prilogu 30 i 31 prikazani cjelokupni numerički rezultati analize. Važno je napomenuti kako su dobivene koncentracije unutar jezgre neusporedive, važan je samo omjer tj. trend pojedinog elementa u jezgri.

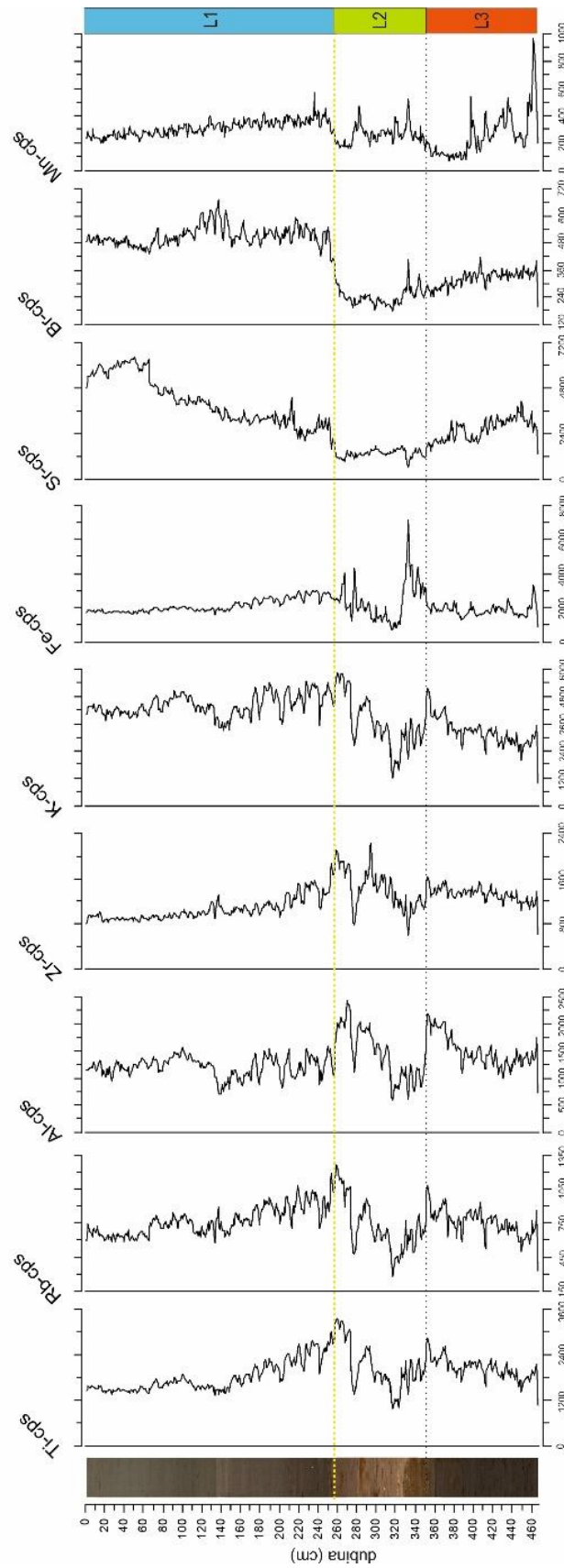
Udio Ti, Rb i Zr imaju niže vrijednosti koncentracije od početka jezgre s trendom blagog porasta do 270 cm kada vrijednosti naglo počinju padati do svog minimuma na oko 320 cm te ponovno blago rastu do 350 cm nakon čega se vrijednosti blago smanjuju i zadržavaju približno jednake vrijednosti do kraja jezgre. Al i K imaju promjenjive vrijednosti od početka jezgre do oko 260 cm kada im se udio povećava, pad vrijednosti je vidljiv do 350 cm kada ponovno rastu te se potom blago smanjuju i ostaju približno istih vrijednosti do kraja jezgre. Udio Fe ima ujednačeni trend srednjih vrijednosti do 280 cm, gdje se udio povećava pa blago smanjuje do svog minimuma na 310 cm. Fe ima svoju najveću vrijednost na 335 cm, gdje nakon toga ima blagi pad sve do kraja jezgre. Udio Sr je na početku jezgre povećanih vrijednosti sve do 70 cm, od kuda se vrijednosti blago smanjuju sve od 260 cm-350 cm, kada se postupno ponovno povećavaju sve do kraja jezgre. Mn od početka jezgre ima srednje vrijednosti koje se od 260 cm blago povećavaju. Na 260 cm vrijednosti naglo padaju na 280 cm od kuda se ponovno povećavaju do ponovnog smanjenja na 380 cm, od kuda se vrijednosti povećavaju sve do kraja jezgre. Vrijednosti Br su od početka jezgre visoke sve do 260 cm kada naglo padaju na svoj minimum te takve ostaju do 360 cm od kuda do kraja jezgre se postupno povećavaju. Vrijednosti odabranih elemenata su podijeljene u tri grupe koje se mogu korelirati s litološkim jedinicama i prikazane su u tablici 4.

Omjeri Zr/Ti i Ca/Fe imaju niže i približno ujednačene vrijednosti od početka jezgre pa do 260 cm. Od 260-330 cm vrijednosti se naglo povećavaju, te se nakon 340 cm ponovno smanjuju i ostaju ujednačene su do kraja jezgre. Omjeri Sr/Ca i Si/Ca su od početka jezgre nešto nižih vrijednosti, a idući do 260 cm se povećavaju gdje ostvaruju svoj maksimum. Nakon 260 cm vrijednosti naglo padaju na niže od početnih te se zadržavaju niske do kraja jezgre. Odabrani

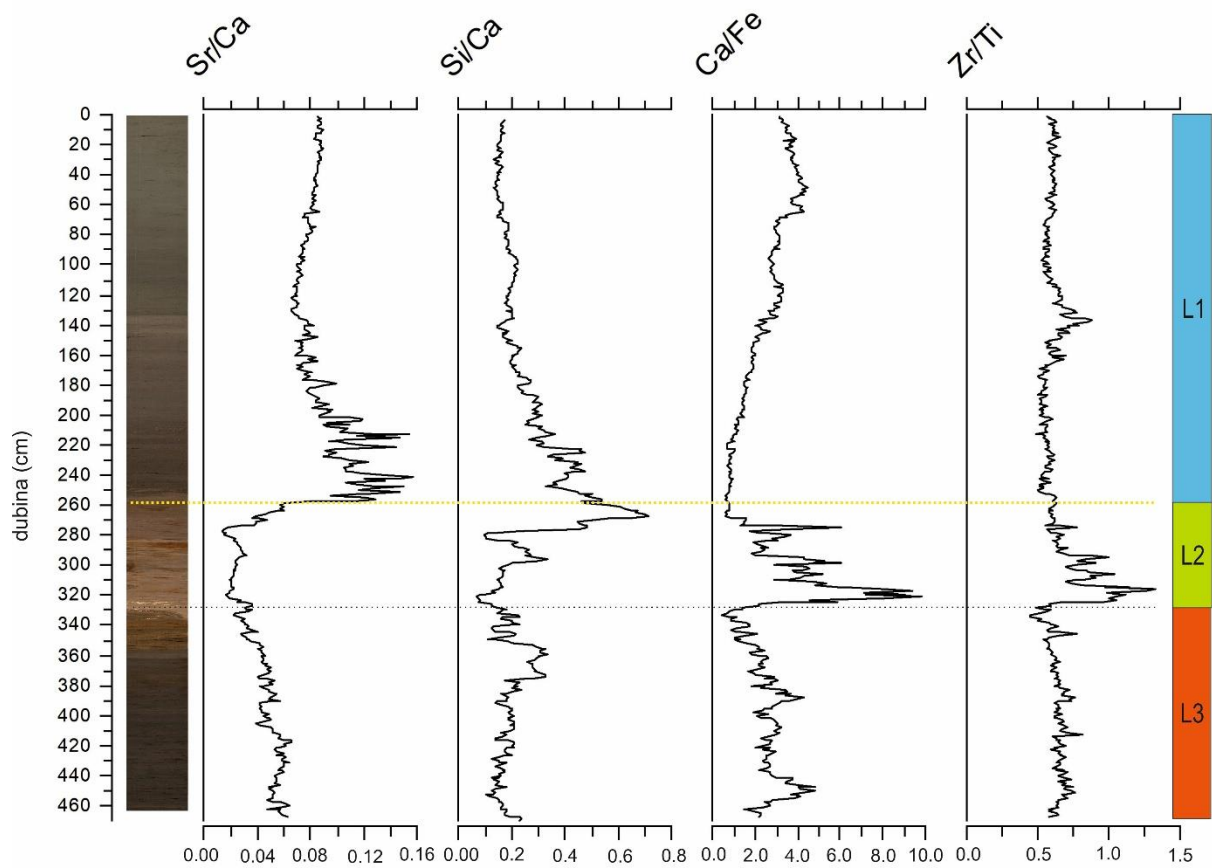
omjeri su podijeljeni u tri grupe koje se mogu korelirati s litološkim jedinicama i prikazane su u tablici 4.

Dodatnom analizom uzorka razmaza (engl. *smear slide*) intervala s visokim omjerom Zr/Ti na dubini od 130 cm pronađene su krhotine vulkanskog stakla.





Slika 5.50. Grafički prikaz koncentracije odabranih elemenata s dubinom u jezgri KK-1 dobivenih  $\mu$ XRF analizom. Koncentracije su izražene kao cps (counts per second) na x osi.



Slika 5.51. Grafički prikaz varijacije odabranih omjera elemenata s dubinom u jezgri sedimenata KK-1.

Tablica 4. Prikaz koncentracija odabranih elemenata i omjera analiziranih u jezgri KK-1. Vrijednosti su podijeljene u tri grupe koje se mogu korelirati sa litološkim jedinicama.

dubina (cm)	0-260 (L1)	261-350 (L2)	251-466 (L3)
<b>element</b>			
Al	710,8-2005,8	587-2430,9	730,8-2182,4
K	3315-5862,5	1187-5806,8	1024,1-5166,6
Ti	1315,4-3345,5	965,3-3292,1	1790-2829,1
Mn	194,9-572,2	524,2-146,8	69,9-965,6
Fe	16443,1-30343,2	7461,4-71591,7	9380,9-33843,20
Br	293,55-671,5	179,3-406,35	201-415,75
Rb	575,1-1264	281,95-1148,75	334,05-1084,4
Sr	1165,35-6422,05	640,7-1779,7	1265,55-4085,3
Zr	813-2104,2	602,35-2221,65	625,05-16525,4
<b>omjer</b>			
Sr/Ca	0,06-0,16	0,01-0,06	0,03-0,07
Ca/Fe	0,63-4,44	0,40-9,82	1,53-4,81
Zr/Ti	0,49-0,88	0,44-1,33	0,57-0,81
Si/Ca	0,13-0,65	0,07-0,71	0,11-0,33

#### 5.2.5. Analiza mineraloškog sastava metodom rendgenske difrakcije na prahu (XRD)

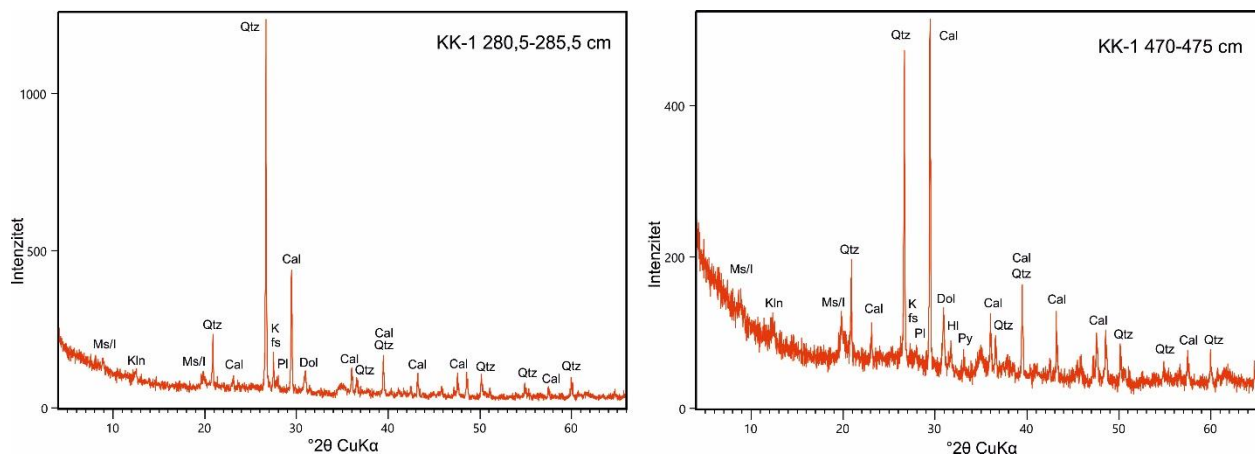
##### 5.2.5.1. Jezgra KK-1

Mineralni sastav i determinacija minerala glina jezgre KK-1 prikazan je u Tablici 5. Mineraloška analiza je napravljena na 25 uzorka praškastog sedimenta izbušene jezgre, dok je na 9 uzoraka napravljena dodatna determinacija minerala glina. Za bolju usporedbu dobivenih podataka mineraloška analiza je napravljena na dodatna dva uzorka iz fliša s područja Slano (lokacija prikazana na slici 5.1). Mineralni sastav gornje litološke jedinice (0-260 cm) pokazuje prisutnost kvarca, kalcita, Mg-kalcita, halita, dolomita, aragonita, feldspata, muskovita/illita. U dva uzorka se pojavljuje gips (260-261 cm i 360-361 cm). U srednjoj litološkoj jedinici (260-330 cm), dominantni su minerali kvarc, kalcit, dolomit, dok su od minerala glina prisutni u dominaciji smektit, illit i kaolinit. Mineralni sastav donje litološke jedinice (330-475 cm) pokazuje prisutnost kvarca, kalcita, dolomita, plagioklasa, muskovit/illita, kaolinita i aragonita te se pojavljuje ponovno gips, dok je sastav minerala glina identičan gornjoj jedinici u sastavu od smektita, klorita, illita i kaolinita. Od minerala glina kroz cijelu jezgru su prisutni smektit, klorit, illit i kaolinit. Analiza dva uzorka s područja Slano pokazuje isti sastav kao i u jezgri

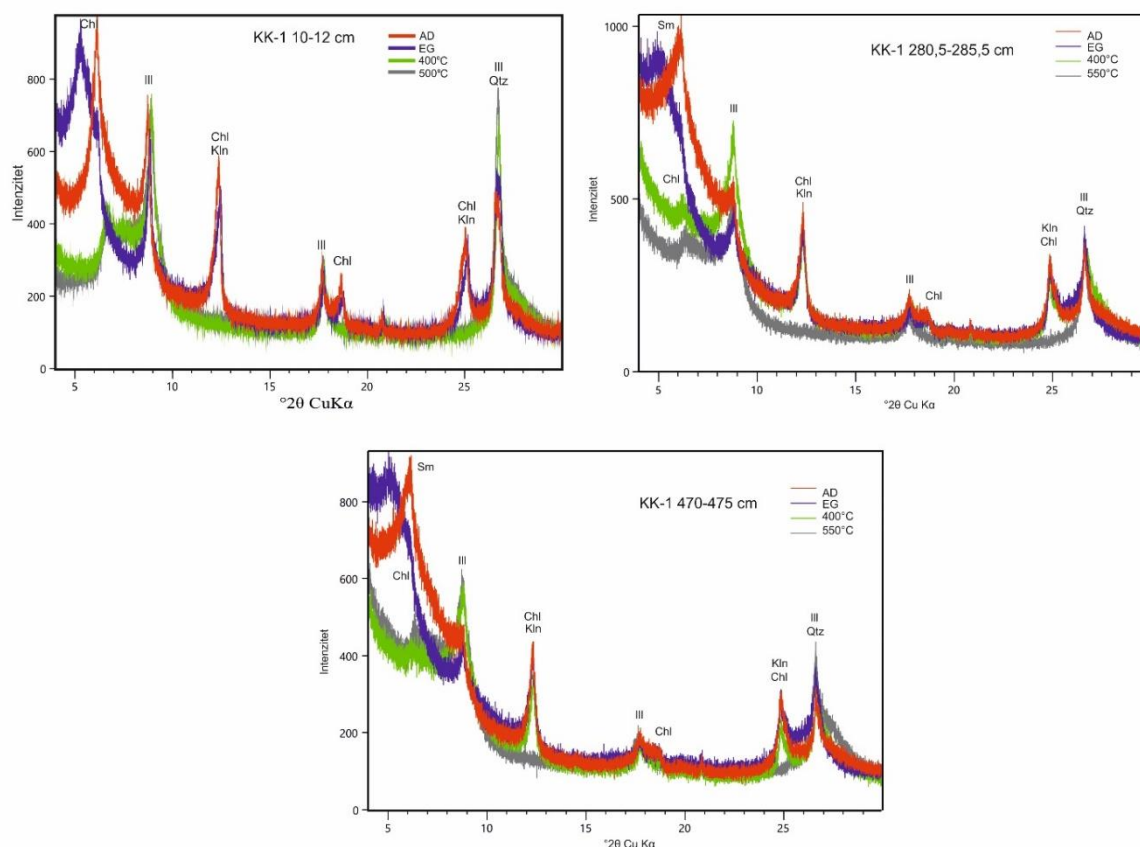
KK-1, no bez pojave aragonita, Mg-kalcita i halita sa identičnim mineralima glina u svim litološkim jedinicama. Na slikama 5.52 – 5.55 su prikazani rendgenogrami odabranih uzoraka jezgre KK-1.

*Tablica 5. Mineralni sastav jezgre sedimenata KK-1 i dodatnog uzorka na flišu sa područja Slano. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Gp-gips, Sm-smektit, Ill-illit.*

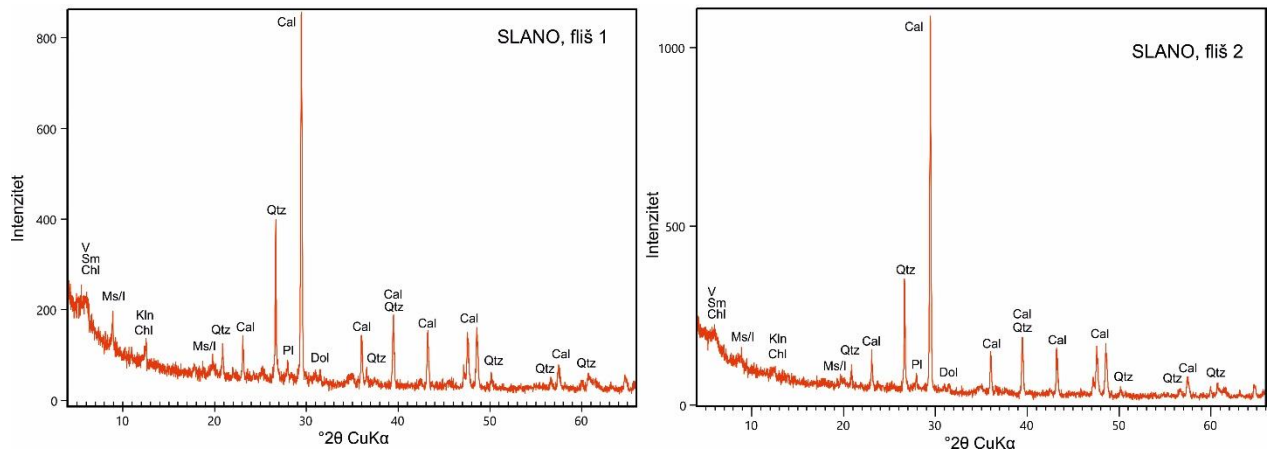
JEZGRA	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV (XRD)	MINERALI GLINA
KK-1			
L1	3-4	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Kfs, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	10-12	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	20-21	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	50-51	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	80-81	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	100-101	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	130-131	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	140-142	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	150-151	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	180-181	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	210-211	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	230-231	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
	250-251	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
L2	260-261	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln, Gp	
	270-271	Qtz, Cal, Dol, Ms/I, Pl, Kfs, Sm/V/Chl, Kln	
	280,5-285,5 cc	Qtz, Cal, Dol, Ms/I, Pl, Kfs, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	310-311	Qtz, Cal, Dol, Pl	Sm, Ill, Kln
	330-331	Qtz, Cal, Dol	Sm, Ill, Kln
	350-351	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln	
L3	360-361	Qtz, Cal, Mg-Cal, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Pl, Sm/V/Chl, Kln, Gp	
	370-371	Qtz, Cal, Dol, Pl, Ms/I, Kln	
	390-392	Qtz, Cal, Dol, Pl, Ms/I, Kln, Arg, A	Sm, Ill, Kln
	410-411	Cal, Qtz, Dol	
	450-451	Cal, Qtz, Dol, Arg, Hl	
FLIŠ - SLANO	470-475 cc	Cal, Qtz, Dol, Arg, Hl, Ms/I, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	FLIŠ 1	Cal, Qtz, Pl, Dol, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	FLIŠ 2	Cal, Qtz, Pl, Dol, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
cc-core cather			



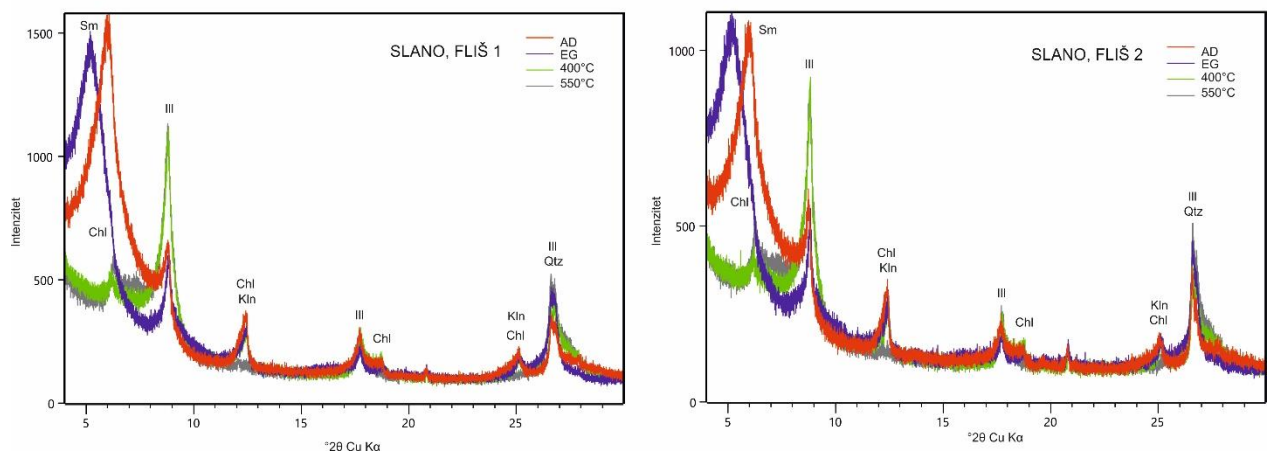
Slika 5.52. Rendgenogram odabranih uzoraka jezgre KK-1 (280,5-285,5 cm i 470-475 cm). Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Py-pirit, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Ill-illit.



Slika 5.53. Rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku jezgre KK-1 (10-12 cm, 280,5-285,5 cm i 470-475 cm). Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Chl-klorit, Ill-illit; AD – sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400°C i 500°C.



Slika 5.54. Rendgenogrami dodatnog uzorka Slano, fliš 1 i fliš 2. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Ill-illit.



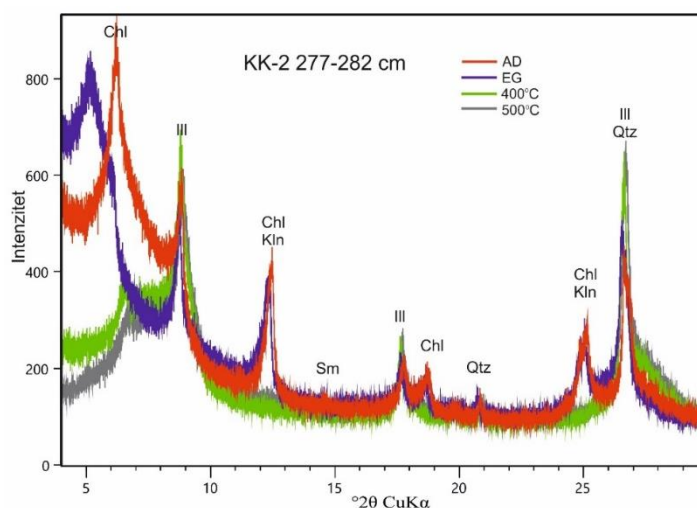
Slika 5.55. Rendgenogram identificiranih minerala glina u dodatnom uzorku Slano, fliš 1 i fliš 2. Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Chl-klorit, Ill-illit; AD – sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400°C i 500°C.

### 5.2.5.2. Jezgra KK-2

Mineralni sastav i determinacija minerala glina jezgre KK-2 prikazani su u Tablici 6. Ukupan sastav napravljen je na 10 uzorka, dok je na jednom uzorku napravljena dodatna determinacija minerala glina. Mineralni sastav KK-2 pokazuje prisutnost kvarca, kalcita, Mg-kalcita, halita, dolomita, aragonita, feldspata, muskovita/illita, te većeg udjela amfibola. Analiza minerala glina pokazuje prisutnost smektita, klorita, illita i kaolinita. Na slici 5.56 prikazan je rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku jezgre KK-2.

Tablica 6. Mineralni sastav jezgre sedimentata KK-2. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, A-amfibol, Sm-smektit, Ill-illit.

JEZGRA	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV (XRD)	MINERALI GLINA
KK-2	10-11	Qtz, Cal, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	50-51	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	80-81	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
	100-101	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
	140-141	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
	180-181	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	220-221	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
	250-251	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
	270-271	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	
cc-core cather	277-282 cc	Qtz, Cal, Mg-cal, Dol, Arg, Hl, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln, A	Sm, Chl, Ill, Kln



Slika 5.56. Rendgenogram identificiranih minerala glina u uzorku jezgre KK-2 (277-282 cm). Simboli (Kretz, 1983): Qtz-kvarc, Kln-kaolinit, Chl-klorit, Ill-illit, Sm-smektit; AD – sušen na zraku, EG-etilen glikol, žarenje na 400°C i 500°C.

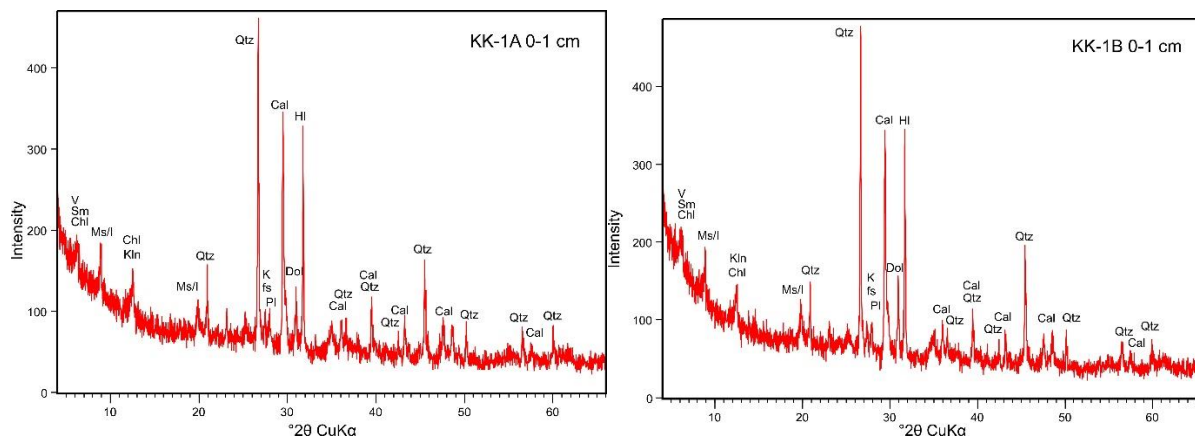
### 5.2.5.3. Kratke jezgre KK-1A, KK-1B, KK-2A, KK-2B I KK-2C

Prilikom uzorkovanja dugih jezgri, da bi analiza bila bolje usporediva, uzorkovane su kratke jezgre. Lokacije uzorkovanja su prikazane u tablici 3 i na slici 5.1. Mineralni sastav i determinacija minerala glina kratkih jezgri KK-1A, KK-1B, KK-2A, KK-2B I KK-2C prikazani su u Tablici 7. Ukupan sastav napravljen je na 14 uzorka, dok je na jednom uzorku napravljena dodatna determinacija minerala glina. Mineralni sastav kratkih jezgri pokazuje prisutnost kvarca, kalcita, Mg-kalcita, halita, dolomita, aragonita, feldspata, muskovita/ilita i kaolinita. Analiza minerala glina pokazuje prisutnost smektita, klorita, illita i kaolinita. Na slici 5.57 i 5.58 prikazani su rendgenogrami odabranih uzoraka iz različitih kratkih jezgri sedimenata.

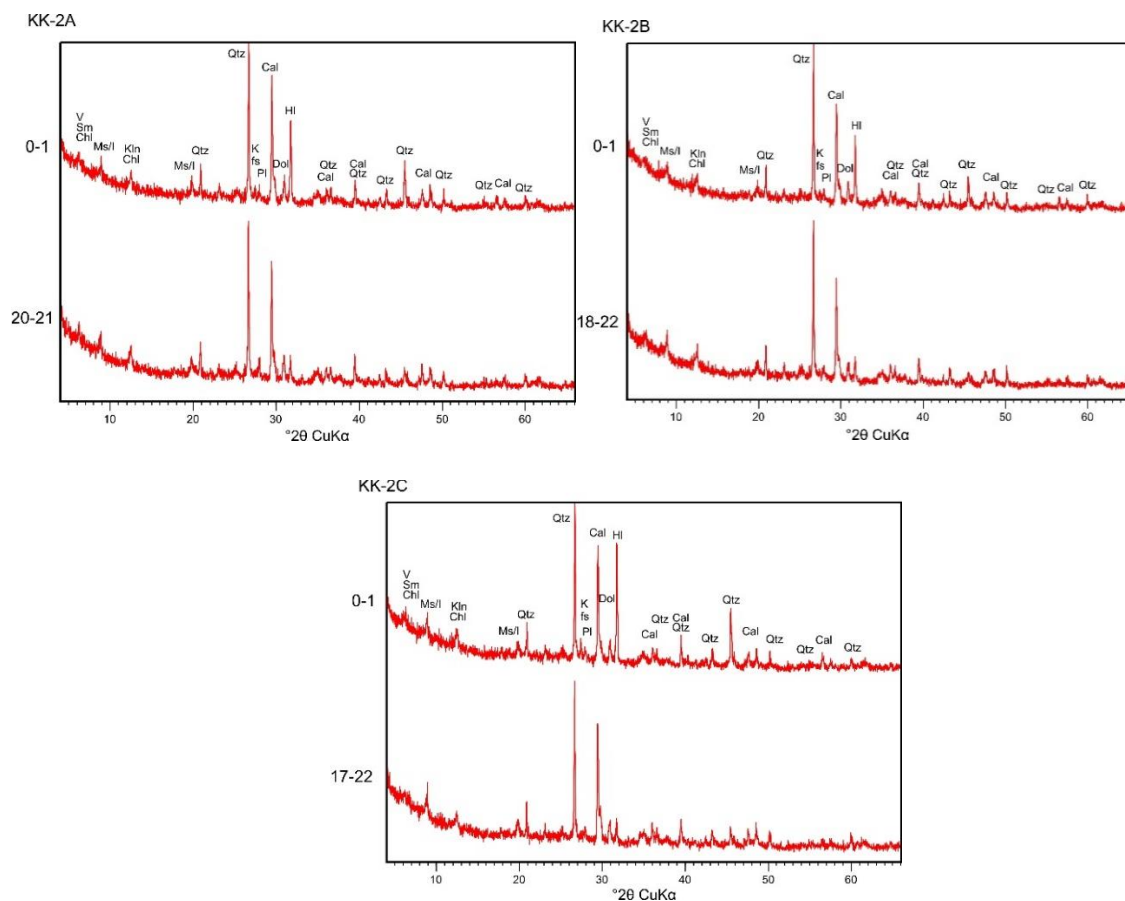
Tablica 7. Mineralni sastav jezgre sedimenata KK-2. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Ill-illit.

JEZGRA	DUBINA (cm)	MINERALNI SASTAV (XRD)	MINERALI GLINA
KK-1A kratka	0-1	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	5-6	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	10-11	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	15-19	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
KK-1B kratka	0-1	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	5-6	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	10-11	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	15-19	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
KK-2A kratka	0-1	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	20-21	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
KK-2B kratka	0-1	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
	18-22	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	Sm, Chl, Ill, Kln
KK-2C kratka	0-1	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	
	17-22	Qtz, Cal, Mg-Cal, Hl, Dol, Kfs, Pl, Ms/I, Sm/V/Chl, Kln	





Slika 5.57. Rendgenogrami odabranih uzoraka iz kratkih jezgri sedimenata KK-1A (0-1 cm) i KK-1B (0-1 cm). Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Ill-illit.



Slika 5.58. Rendgenogrami odabranih uzoraka iz kratkih jezgri sedimenata KK-2A, KK-2B i KK-2C. Simboli (Kretz, 1983): Cal-kalcit, Qtz-kvarc, Mg-cal-Mg kalcit, Dol-dolomit, Arg-aragonit, Hl-halit, Kfs-kalijski feldspat, Pl-plagioklas, Ms/I-muskovit/illit, Sm/V/Chl-smektit/vermikulit/klorit, Kln-kaolinit, Sm-smektit, Ill-illit.

### 5.2.6. Paleontološke analize

Mikroskopskim pregledom uzoraka sedimenata koristeći binokularnu lupu i skenirajući elektronski mikroskop (SEM) analiziran je kvalitativni sastav 8 uzoraka iz jezgre KK-1 (Slika 5.59).

Na dubini od 20-21 cm u frakciji  $>0,063$  mm, utvrđena je prisutnost foraminifera, člankonožaca (ostrakodi) i spužvi. Od foraminifera su determinirani sljedeći rodovi i vrste: *Ammonia tepida*, *Bulimina* sp., *Ammonia beccarri*, *Elphidium translucens*, *Porosononion* sp., *Textularia* sp., *Pyrgo* sp., *Globigerina* sp. i *Lagena* sp.. Pronađeno je nekoliko spikula i jedinki ostrakoda.

Na dubini od 170-171 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirani su sljedeći rodovi i vrste foraminifera: *Ammonia beccarri*, *Bulimina* sp., *Triloculina* sp., *Nonionella* sp. i *Reussella spinulosa*. Pronađene su i dvije jedinke ostrakoda, puno razlomljenih ljuštura školjkaša, dijelova bodljikaša, te jedna veća prozirna kućica puža.

Na dubini od 256-257 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirane su vrste foraminifera *Ammonia tepida* i *Aubignyna perlucida*, te mnoštvo jedinki ostrakoda.

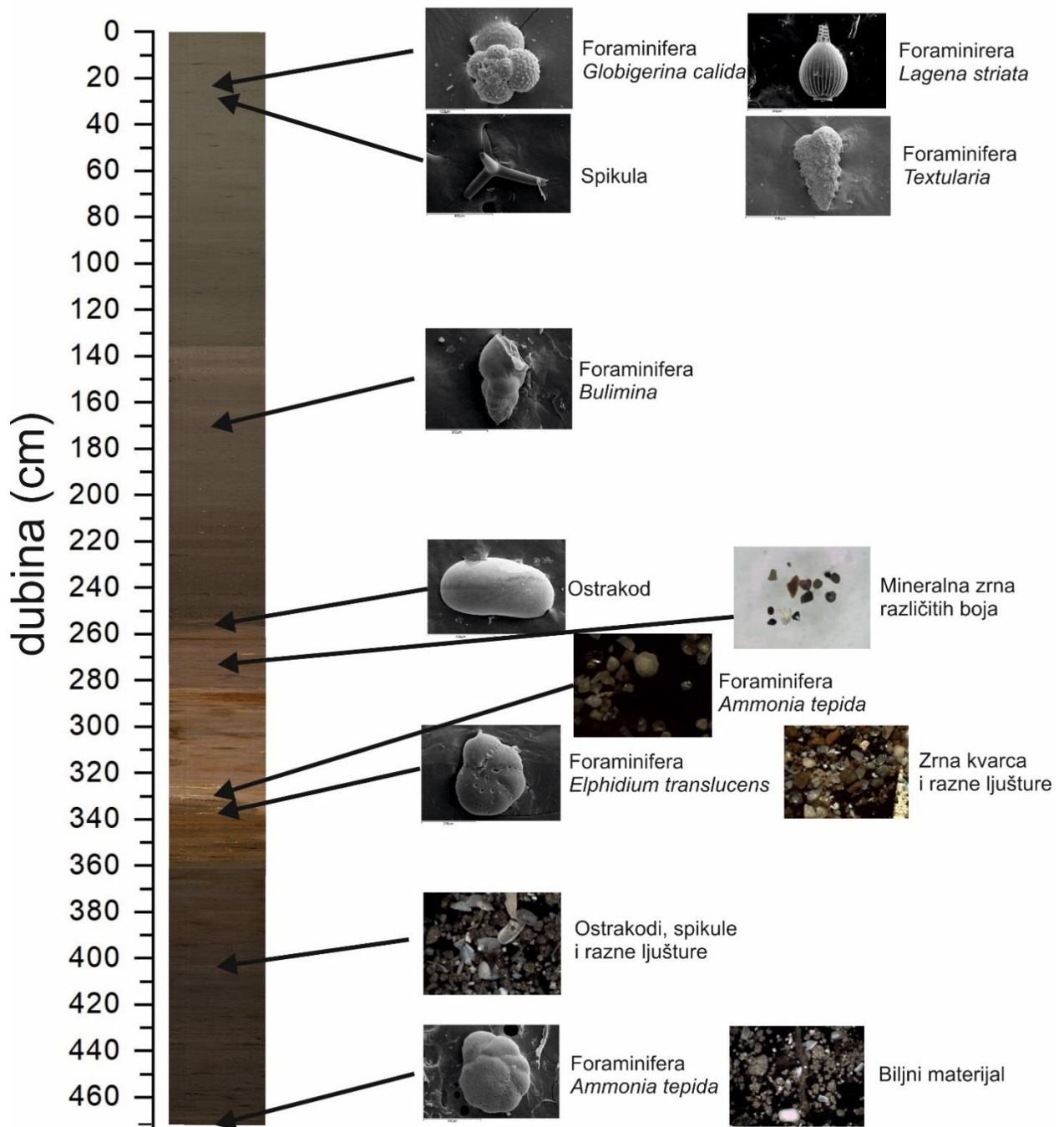
Na dubini od 273-274 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirane su jedinke foraminifera roda *Porosononion* sp.. Prisutno je i mnoštvo jedinki ostrakoda s glatkom površinom.

Na dubini od 329-330 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirane su foraminifere vrste *Ammonia tepida* koje su dobro očuvane, dok su ostale jedinke foraminifera loše očuvane. Pronađeno je nekoliko zrna kvarca od kojih su neka hematitizirana.

Na dubini od 337-338 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirana je jedinka foraminifera roda *Elphidium* sp. s abradiranom površinom. Zrna kvarca su jače hematitizirana u odnosu na prethodni uzorak. Od ostalog sadržaja pronađene su krhotine mekušaca i jedinke ostrakoda.

Na dubini od 403-404 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirane su foraminifere *Brizalina* sp., *Lagena* sp., *Elphidium* sp. i *Haynesina depressula*. Pronađene su spikule i ostrakodi, te krhotine mekušaca.

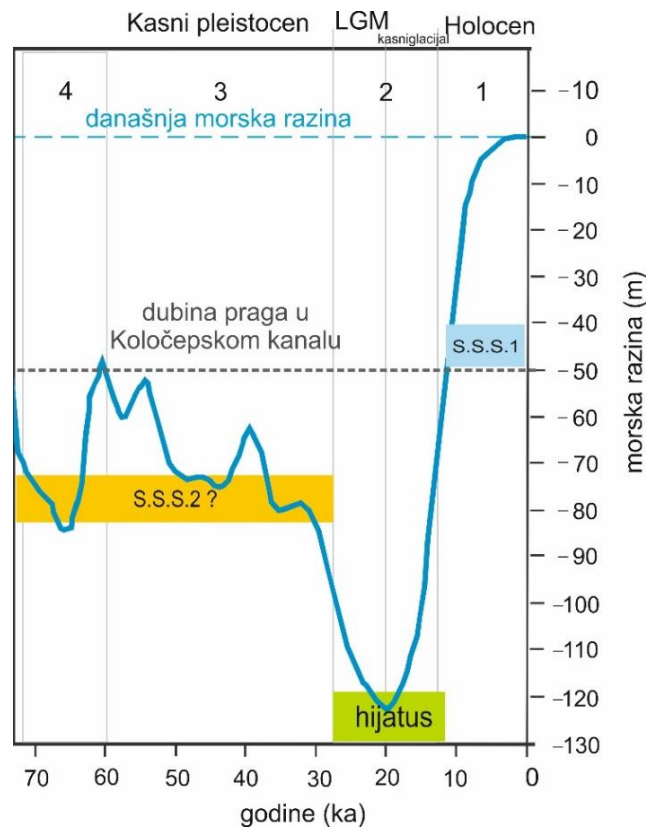
Na dubini od 467-468 cm u frakciji  $>0,063$  mm determinirane su foraminifere vrsta *Ammonia tepida* i *Haynesina depressula*. Jedinke obilježava loša očuvanost kućica. . Pronađeni su još ostrakodi, spikule, mineralno zrno muskovita i puno biljnog materijala.



Slika 5.59. Jezgra KK-1 i pronađeni fosilni sadržaj.

## 6. DISKUSIJA

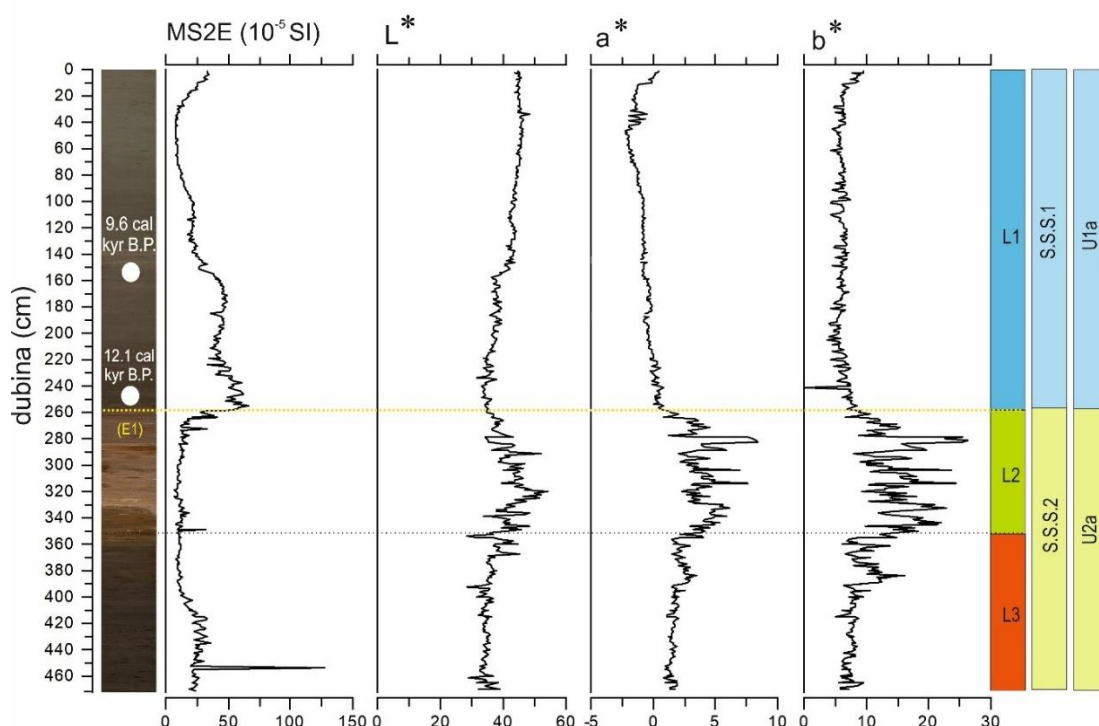
Na temelju geološke interpretacije seizmičkih profila visoke rezolucije, određene su tri seizmostratigrafske sekvencije i identificiran je prag na dubino od -50 m u kanalu Veliki Vratnik između otoka Olopei Jakljana. Uzimajući u obzir aktivnu tektoniku na ovom području i tektonsko izdizanje (Kastelic et al., 2013; Faivre et al., 2021) zajedno u kombinaciji s promjenom globalne razine mora tijekom kvartara (Waelbroeck et al., 2002; Antonioli et al., 2007; Surić, 2009; Lambeck et al., 2014; Benjamin et al., 2017) napravljena je paleorekonstrukcija taložnih okoliša unutar Koločepskog kanala. Na slici 6.1. prikazana je korelacija seizmostratigrafskih sekvencija s globalnom krivuljom morske razine. Položaji sekvencija označavaju vrijeme njihovog trajanja u odnosu na globalnu krivulju morske razine. S.S.S.1 je pozicionirana na krivulju na temelju analize datiranja, dok S.S.S.2 je na temelju pretpostavke slijeda taloženja zbog čega je označena s upitnikom. Hijatus (erozijska granica E) je koreliran s LGM-om na temelju provedenih analiza koje po svojim rezultatima ukazuju na visoki stupanj erozije (modificirano prema Benjamin et al., 2017).



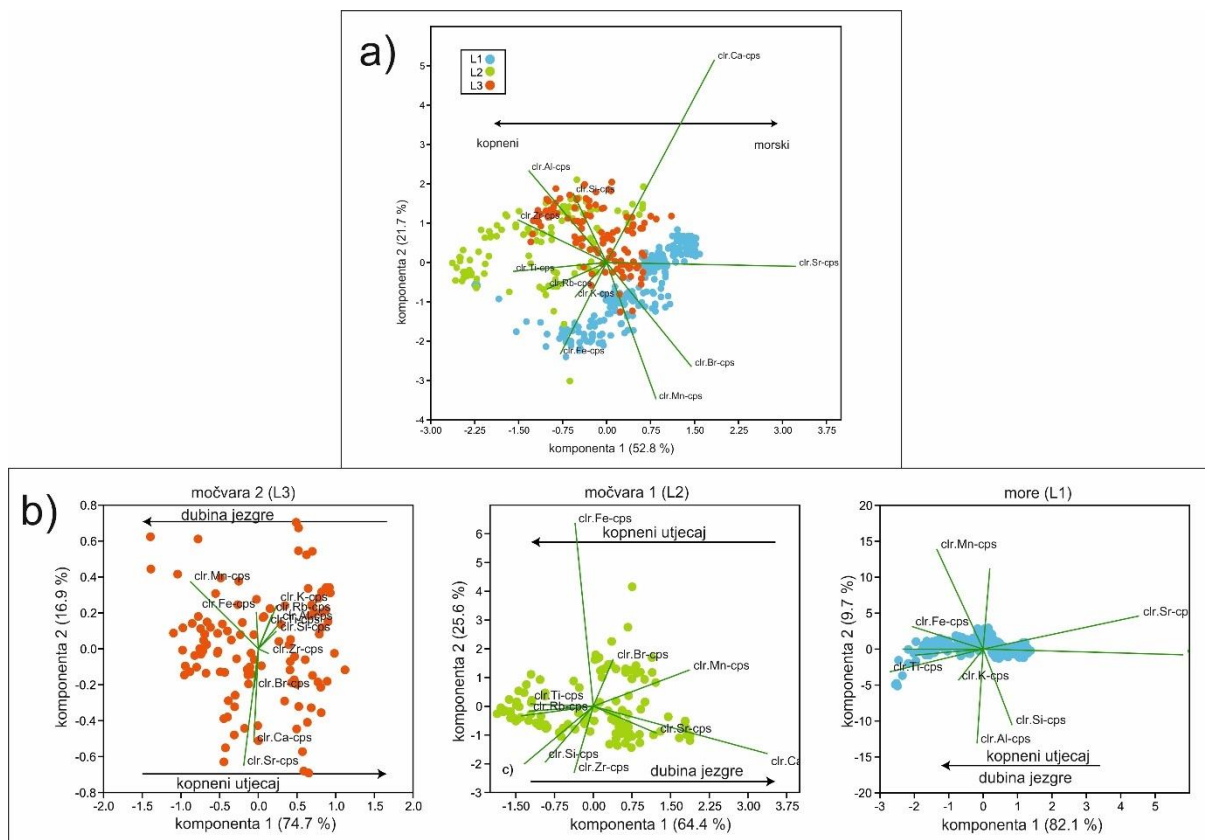
Slika 6.1. Seizmostratigrafske sekvencije korelirane s globalnom krivuljom morske razine.

## 6.1. Paleookolišna rekonstrukcija temeljena na analiziranim podacima jezgre sedimenata

Da bi se mogli protumačiti seizmički podaci, potrebno je bilo odrediti starost i definirati okoliše taloženja sedimenata iz jezgre KK-1. Na temelju sedimentoloških karakteristika i rezultata laboratorijskih analiza, jezgra je podijeljena na tri litološke jedinice: L1, L2 i L3 (Slika 6.2). Svaka litološka jedinica ukazuje na promjene u taložnom okolišu. Zbog lakšeg razlikovanja litoloških jedinica, napravljen je dijagram za cijeli skup kemijskih podataka (Slika 6.3). Na taj su se način kemijski elementi lakše podijelili ovisno o okolišu kojem pripadaju, te su dobivene varijacije između clr – transformiranih elemenata ukazale na geokemijske uvjete tijekom taloženja.



Slika 6.2. Prikaz jezgre KK-1 s vrijednostima magnetnog susceptibiliteta, boje sedimenata, te podjela na litološke jedinice L1, L2 i L3. Na temelju dobivenih podataka moguća je korelacija seizmostratigrafskih sekvencija i jedinica s izbušenom jezgrom. Dobiveni podaci za litološku jedinicu L1 se poklapaju s interpretiranom jedinicom U1a, dok se dobiveni podaci za litološke jedinice L2 i L3 poklapaju s interpretiranom jedinicom U2a.



Slika 6.3. Kompozicijski dijagram: a) prikaz svih taložnih okoliša Koločepskog kanala; b) podijeljene litološke jedinice L1 (morski okoliš), L2 i L3 (slane močvare s promjenjivim utjecajem marinski/kopneni uvjeti).

Na temelju geokemijskih podataka i interpretacije clr dijagrama (Slika 6.3) jasno je vidljiva razlika između definiranih litoloških jedinica (L1, L2 i L3). Glavna komponenta PC1, koja objašnjava ~53% varijacije podataka, pokazuje pozitivno opterećenje s clr – transformiranim elementima (Sr i Br) koji su indikativni za morske okoliše, dok su negativne vrijednosti povezane s kopnenim indikatorima (Ti, Rb, Al, Zr i K). Na temelju ovog opažanja litološke jedinice su podijeljene na morski okoliš (L1) i slane močvare tj. brakični okoliši (L2 i L3) s promjenjivim morskim i/ili kopnenim utjecajem.

Za bolje razumijevanje geokemijskih procesa, svaku litološku jedinicu potrebno je zasebno proučiti. Varijacije između clr-transformiranih varijabli su posljedica geokemijskih procesa, a ne posljedica varijacije između samih grupa elemenata (Razum et al., 2020). Radi lakšeg kronološkog praćenja, interpretacija će početi od najstarije prema mlađoj jedinici. Najstarija jedinica L3 je tamne boje i muljevitog sastava. Tamna boja je posljedica visokog TOC sadržaja. Veliko očuvanje organskog ugljika je posljedica niskog sadržaja kisika u sedimentacijskom bazenu tijekom formiranja jedinice L3. To je vidljivo iz male varijacije clr–Fe i clr–Mn i velike






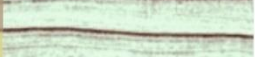
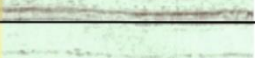
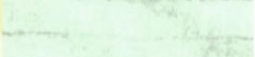
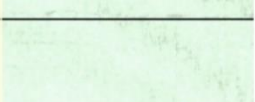
varijacije elemenata koji su povezani s terigenim utjecajem (Ti, Zr, Rb, K i Al). Budući da su Fe i Mn redoks kontrolirani na takav način da su mobilni u okruženjima s niskim sadržajem kisika (Tribovillard et al., 2006), njihovo geokemijsko ponašanje razlikuje se od normalnih detritičnih elemenata na koje ne utječu promjenjivi redoks uvjeti. Nadalje, jedinica L3 započela je s nižim utjecajem terigenog sedimenta, koji se lagano povećao tijekom sedimentacije prema kraju jedinice. U analiziranim uzorcima s dubine 403-404 cm i 467-468 cm pronađen je biljni materijal te ljuštore malobrojnih foraminifera koje su abradirane/pretaložene što može ukazivati na njihov transport. Na samom kraju jedinice L3 i na početku jedinice L2 kopneni utjecaj je neznatno reduciran što je vidljivo iz smanjenja elemenata koji ukazuju na terigeni utjecaj (Ti, Zr, Rb, K i Al) i rasta omjera Ca/Fe. Vjerojatno kao posljedica produbljivanja slane močvare/jezera. U ovoj jedinici analizirana su dva uzorka na dubini 329-330 cm i 337-338 cm gdje su pronađene jedinice foraminifere vrste *Ammonia tepida* koja ukazuje na bočate okoliše i vrste *Elphidium translucens* koja se može pronaći u plitkomorskim područjima. U ovoj jedinici, clr-Fe je bio više povezan s "normalnim" terigenim elementima, što ukazuje da nije došlo do remobilizacije Fe. Veći sadržaj kisika neizravno je podržan i s niskim TOC-om. Kraj jedinice L2 karakterizirao je ponovno sve veći kopneni utjecaj koji se nastavio i u jedinici L1. To bi mogla biti posljedica erozije (praga) u jezero neposredno prije i tijekom transgresije mora. Najmlađa jedinica L1 sastoji se od homogenog morskog sedimenta gdje se utjecaj detrita postupno smanjivao kao posljedica porasta razine mora, što je ukazuje da je obala bila dalje od mjesta bušenja jezgre. Jedinica L3 karakterizirana je s relativno visokim sadržajem TOC-a u usporedbi s jedinicama L2 i L1 (preko 1,1%), a sadržaj TIC-a je u rasponu od 3-4% što je također relativno visoko. Navedeno ukazuje na postojanje okolišnih uvjeta povoljnih za akumulaciju organskog ugljika i sedimentaciju u zatvorenom bazenu s manjkom kisika tijekom taloženja sedimenta iz L3. Jedinica L1, odgovara marinskom okolišu. Tome u prilog govore viši omjeri Sr/Ca i C/N te relativno niske vrijednosti omjera Ca/Fe. Vrijednosti Sr/Ca bile su izrazito visoke na dnu jedinice L1, pa se može reći da se radi o vidljivom morskom utjecaju vjerojatno povezanim s izdizanjem razine mora i postupnim uspostavljanja marinskih uvjeta u cijelom Koločepskom kanalu. U prilog tome ide i paleontološka analiza uzoraka na dubini 20-21 cm i 170-171 cm (Slika 5.59) gdje su determinirane vrste foraminifera koje ukazuju na morski okoliš. Pojava krhotina vulkanskog stakla rezultirala je pikom Zr/Ti na dubini od 1,30 m (Slika 5.45). Morfologija vulkanskog stakla, zajedno s datiranjem <sup>14</sup>C, sugerira da je erupcija Mercato, datirana na ~8,5 cal ka BP (Razum et al., 2020) mogući korelativ za pronađenu kriptotefru, ali to je potrebno dodatno potvrditi geokemijskom analizom stakla u budućnosti. U

korelaciji sa seizmičkim jedinicama, jedinice L3 i L2 odgovaraju S.S.S.2, dok L1 odgovara S.S.S.1. (Slika 6.2)

## 6.2. Paleookolišna i geomorfološka rekonstrukcija na temelju promjene razine mora i interpretacije seizmostratigrafskih sekvencija

S dobivenim podacima analize jezgre sedimenata KK-1 mogu se korelirati seizmostratigrafske sekvencije S.S.S.1 i S.S.S.2, dok S.S.S.3 nema mogućnost korelacije zbog nedostatka jezgre. Sekvencije S.S.S.1 i S.S.S.2 su definirane kao marinska i marinsko/brakično/močvarna i jezerska. Zbog identificiranog postojanja praga na -50 m (Slika 5.41), bilo je omogućeno formiranje izoliranog bazena, koji bi za vrijeme niske razine mora vrlo vjerojatno postajao kao krško polje s jezerima, dok bi s porastom razine mora započela marinska sedimentacija. Slični okoliši su opisani u Lošinjskom kanalu u sjevernom Jadranu tijekom pleistocena i holocena (Surić & Juračić, 2010; Brunović, 2019). Na temelju karakteristika akustičkih jedinica i rezultata geokemijskih analiza jezgre sa sigurnošću se jedinica U1a može interpretirati kao marinski i brakični okoliš, dok bi U2a jedinica bila kopneni okoliš ili slana močvara (Slika 6.4). Na temelju prethodno interpretiranih seizmostratigrafskih jedinica mogu se interpretirati potencijalni okoliši kako su prikazani na slici 6.4. Zbog lošijeg prodiranja akustičnog signala do jedinica U3d i U3e možemo pretpostaviti da se radi o marinskom okolišu. Akustičnu podlogu čine karbonatne naslage, koje su vidljive u rubnim dijelovima bazena, te mjestimično izdanjuju na morsko dno i tvore male podmorske grebene (Slike 5.17, 5.18, i 5.19).

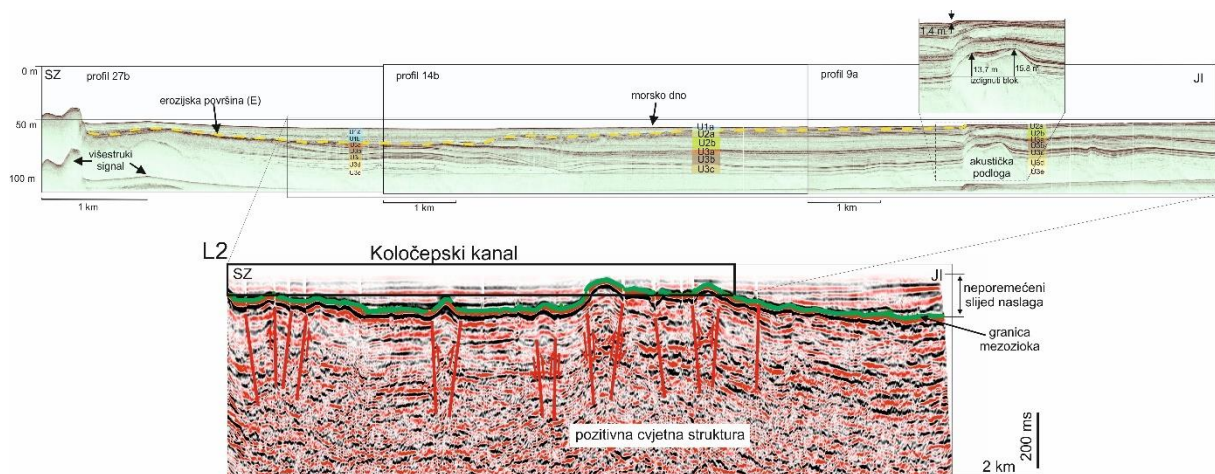


S.S.S.1	U1a		marinski okoliš
	U1b		brakični okoliši
S.S.S.2	U2a		kopneni okoliši
	U2b		marinski okoliš
S.S.S.3	U3a		kopneni okoliši
	U3b		brakični okoliši
	U3c		brakični okoliši
	U3d		
	U3e		marinski okoliš?

*Slika 6.4. Prikaz akustičnih karakteristika svake seizmostratigrafske sekvence s pripadajućim jedinicama te njihovom korelacijom s mogućim taložnim okolišima koje predstavljaju.*

Za bolju korelaciju podataka prikazana su dva seizmička refleksijska profila L1 i L2 (lokacije profila su prikazane na slici 5.1). Na dubokom seizmičkom profilu L2 (Slika 6.5) vidljivo je da u središnjem dijelu Koločepskog kanala, površ krednih naslaga istaloženo više od 120 m mlađih pretpostavljenih post-mesinskih naslaga. Naslage nisu pod utjecajem tektonskih pokreta te u njima nema vidljivih deformacija. Izdizanje slijeda naslaga vidljivo na profilu 9a može se povezati s rasjedima sa profila L2, na kojemu se očitava recentna aktivnost sa značajnim utjecajem na mlađe kvartarne naslage. Naslage oko izdignutog bloka pokazuju varijabilnu prostornu debljinu zbog utjecaja izdizanja. Na profilu L2 (Slika 6.5) crvenim linijama su označeni rasjedi koji tvore pozitivnu cvjetnu strukturu te se u površini te strukture nalazi izdignuti blok sa profila 9a koji je izdignuo pleistocenske i holocenske naslage. Posljedica spomenutog izdizanja je potpuna erozija sekvencije S.S.S.1 na profilu 9a pri čemu je jedinica U2a sekvencije S.S.S.2 dosegla površinu dna mora.

Na profil se nadovezuje profil 14b (Slika 5.30) koji uglavnom ima cijeli slijed naslaga, te se na sredini profila zamjećuje povećanje debljine naslaga U3b. Na profil 14b se dobro nadovezuje profil 27b (Slika 5.33) koji prati debljine naslaga, pri čemu se na SZ strani profila primjećuje izdignuta karbonatna podloga.

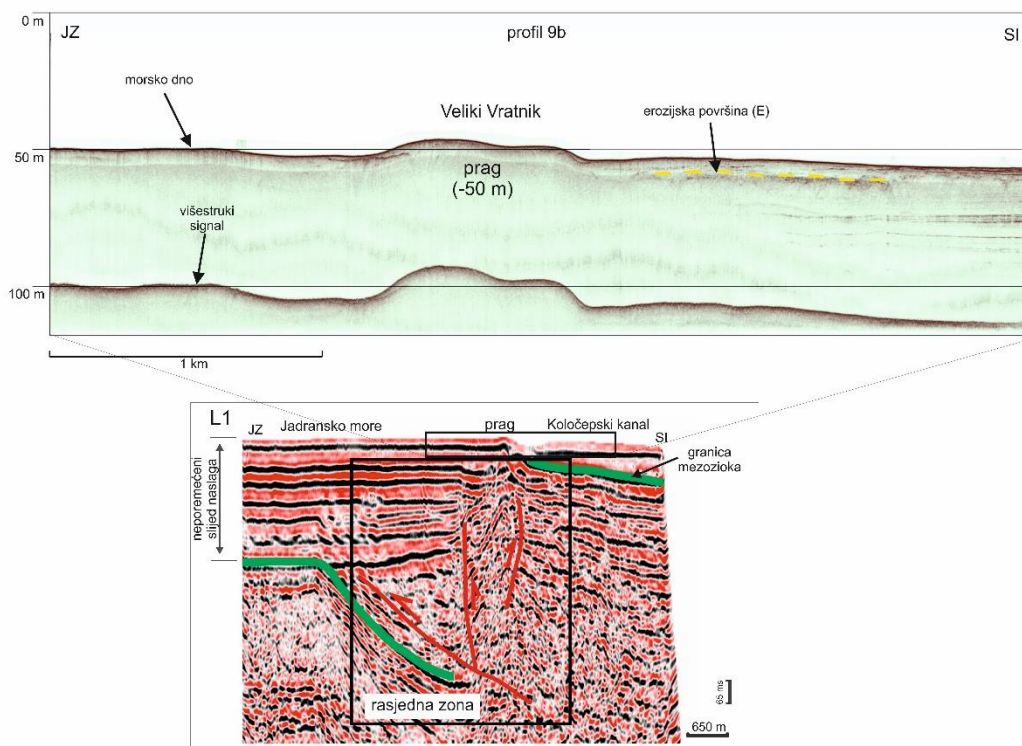


Slika 6.5. Seizmički refleksijski profil L2 u korelaciji sa seizmičkim profilima visoke rezolucije 27b, 14b i 9a.

Najniža i najstarija seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.3 sastoji se od paralelnih, lokalno rasjednutih, boranih i erodiranih jedinica. Prema njihovim akustičnim svojstvima jedinice su taložene naizmjenično, implicirajući analogne promjene između marinskih, brakičnih i kopnenih okoliša koji su prevladavali ovisno o oscilaciji morske razine u odnosu na identificirani prag na -50 m, tj. oscilaciji koja je bila viša ili niža od dubine -50 m ispod današnje razine mora. Opisane jedinice možemo pratiti po cijelom kanalu. Uzimajući u obzir krivulju morske razine (Slika 6.1) (Benjamin et al., 2017), jedinice su vjerojatno taložene prije MIS 4. U SZ dijelu kanala, jedinice su borane i deformirane (npr. Slika 5.18, 5.26, 5.27, 5.28 i 5.31) što ukazuje na tektoniku u tom području koja je bila aktivna prije taloženja dviju mlađih sekvencija S.S.S.2 i S.S.S.1. Na dubokom seizmičkom profilu L1 (Slika 6.6) koji je okomit na tjesnac Veliki Vratnik i profilu L2 duž kanala (Slika 6.5), vidljivi su normalni rasjedi koji upućuju na aktivnu tektoniku. Rasjedi su bili aktivni za vrijeme taloženja naslaga sekvencije S.S.S.3. Zbog izrazite erozije na područjima rasjeda ne može se utvrditi njihova aktivnost za vrijeme taloženja sekvencije S.S.S.2, jer je sekvencija erodirana. Nasuprot tome, u sekvencijama S.S.S.1 nema indikacija te iste tektonske aktivnosti, što znači da je za vrijeme taloženja naslaga mlađe sekvencije S.S.S.1 područje bilo tektonski stabilno. Izuzetak je JI dio kanala, gdje je na profilu 9a (Slika 5.11) vidljiv izdignuti blok, što bi značilo da je taj dio i danas vjerojatno tektonski aktivan. To se može upotpuniti istraživanjima koje su proveli Surić & Juračić (2010) između Lopuda i Dubrovnika, u kojem su dokazali da je cijeli dio tektonski aktivan i tijekom kasnog holocena.

Srednja seizmostratigrafska sekvencija S.S.S.2 predstavlja taloženje naslaga jedinice U2 s izmjenom kopnenih okoliša s marinsko-kopnenim utjecajem. Sekvencija je taložena prije

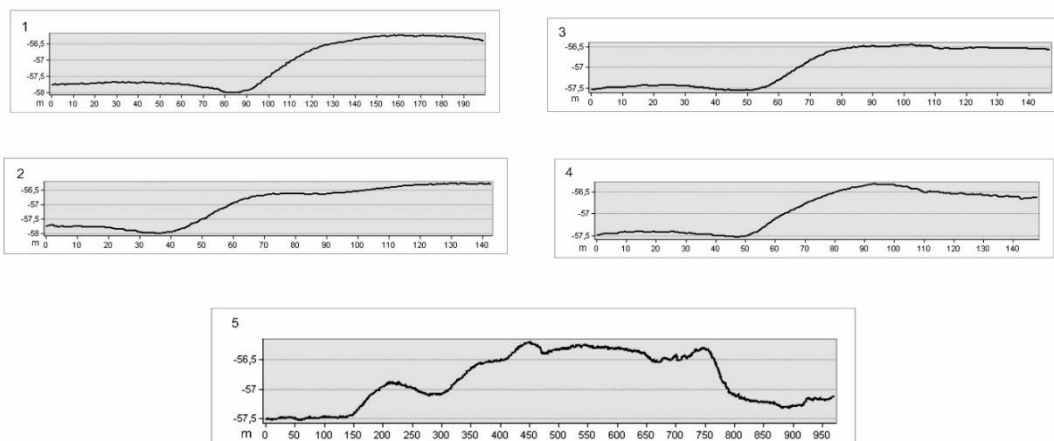
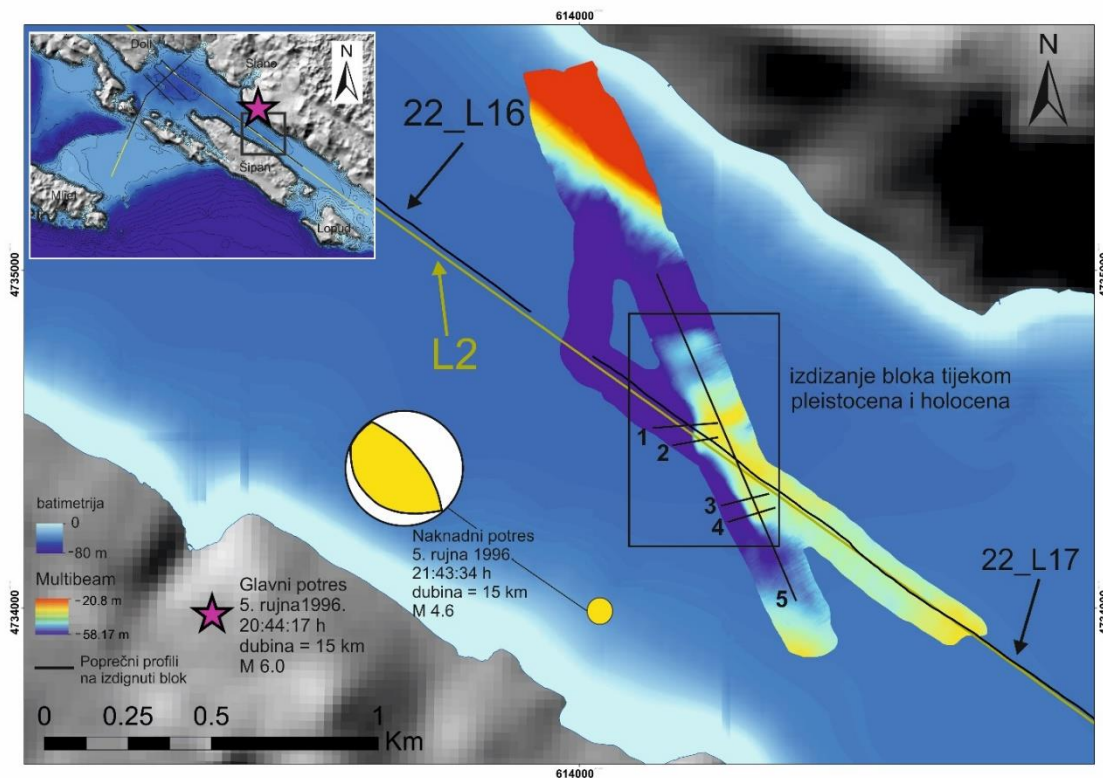
LGM-a. Tijekom taloženja ove sekvencije, prema krivulji morske razine, razina mora je bila niža od -50 m ispod morske razine. Prag (Slika 5.41) koji se nalazi kod Velikog Vratnika vrlo je vjerojatno imao utjecaj na zatvaranje i formiranja zatvorenog bazena unutar kanala. Također postoji mogućnost da aktivnost cijelog područja (Faivre et al., 2021, 2021a) koja je mogla biti polagana i mala, dovela do zatvaranja kanala i izoliranja prostora. Isto tako reversni rasjed (Kuk et al., 2000; Prelogović et al., 2004) pružanja SZ-JI duž južne strane otoka Olike i Jakljana (Slika 3.1.) koji se uočava na profilu L1 je vjerojatno imao utjecaja na izdizanje naslaga pri čemu se pretpostavlja da je došlo do zatvaranja Koločepskog kanala. (Slika 6.6).



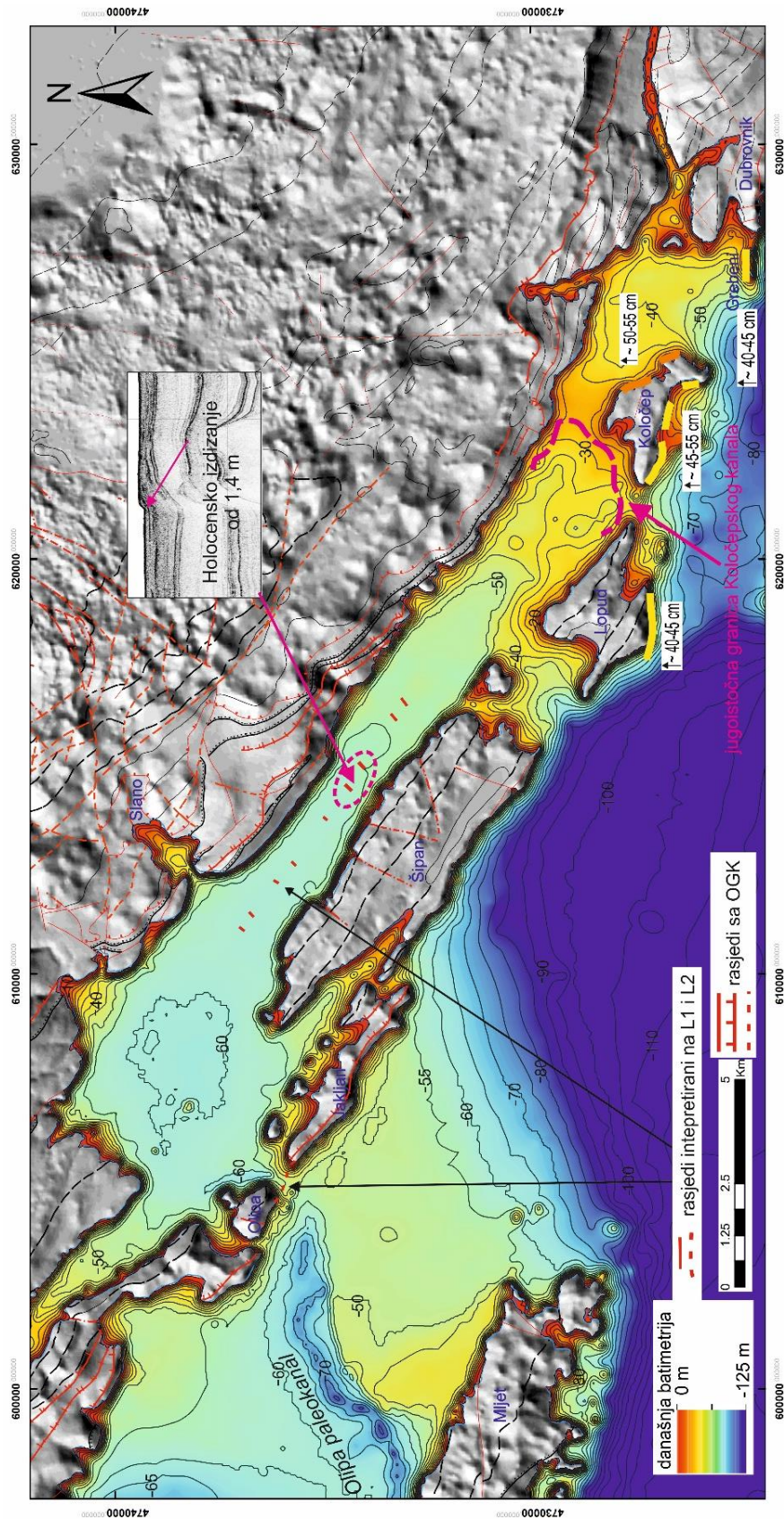
Slika 6.6. Seizmički refleksijski profil L1 u korelaciji sa seizmičkim profilom visoke rezolucije 9b. Na profilu L1 crvenim linijama su označeni reversni rasjedi.

Kao rezultat kombinacije erozije po erozijskoj površini E i izdizanja podine, naslage S.S.S.2 su erodirane u južnom dijelu kanala. Tome je znatno pridonijelo izdizanje bloka koji je uočen na profilu 9a (Slika 5.11), gdje je izmjereno izdizanje jedinice U3c od 13,7-15,8 m. Ovo područje bi se moglo povezati sa Stonskim potresom 1996. godine, gdje je u okolnom području zabilježen glavni, ali i neki od naknadnih potresa (Slika 6.7) (Markušić, 2008; Govorčin et al., 2020).

Na temelju snimke višesnopnog dubinomjera dobivena je batimetrija izdignutog bloka koji je identificiran i na profilu 9a (Slika 5.11). Na poprečnim profilima 1, 2, 3 i 4 (Slika 6.7), tektonski skok vidljiv na morskom dnu iznosi 1,4 m. Profil 5 (Slika 6.7) prikazuje morfologiju izdignutog bloka (Slika 5.11) također ukazujući izdizanje koje je vidljivo na morskom dnu pri čemu se podaci s akustičnih profila visoke rezolucije dobro upotpunjuju s dobivenim podacima snimljenim MBS. U svom radu Faivre et al. (2021a) su utvrdili lokalna tektonska izdizanja otoka Lopuda (Slika 6.8), koji se nalazi na JI rubu kanala, u iznosu od  $0,42 \pm 0,10$  m tijekom Dubrovačkog potresa 1667. godine, kao i izdizanje od  $0,15 \pm 0,10$  m, 500 - 800 godina prije spomenutog potresa. Isto tako i plimne potkapine koje se nalaze iznad današnje razine mora, ukazuju na izdizanje od približno  $0,25 \pm 0,15$  m (Faivre et al., 2021a).



Slika 6.7. Prikaz izdignutog bloka snimljenog višeslojnim dubinomjerom u Koločepskom kanalu i profila poprečnih na blok (MBS profili 1, 2, 3, 4 i 5). Profili prikazuju izdignutost bloka na površini dna mora na temelju kojih je dobivena detaljnija informacija o recentnom izdizanju. Na slici je prikazan epicentar Stonskog potresa (modificirano prema Markušić, 2008) i jedan od mnogobrojnih naknadnih potresa koji je najbliže bloku (modificirano prema Govorčin et al., 2020).

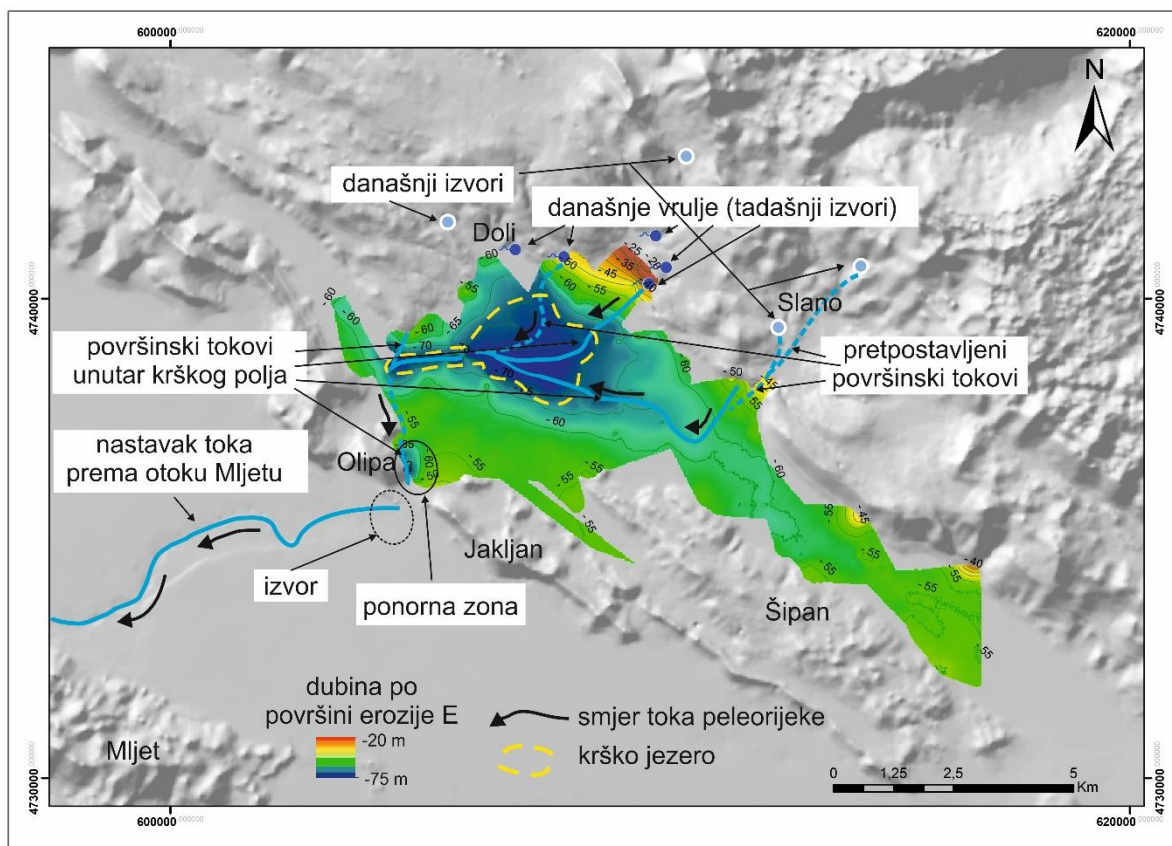


Slika 6.8. Batimetrijska karta današnjeg morskog dna s glavnim rasjedima na istraživanom području. Područje označeno s crvenom isprekidanom linijom označava tektonski deformirane

*naslage pleistocena i holocena interpretirane na dubokim profilima L1 i L2. Prikazan je izdignuti blok interpretiran na profilu 9a koji ukazuje na holocensku tektonsku aktivnost s izdizanjem od 1,4 m. Žute linije (1667. godina – seizmički događaj) i narančaste linije (1520. godina – seizmički događaj), pokazuju područja izdignutih dijelova otoka Lopuda (modificirano prema Faivre et al., 2021a), te otok Koločep i otoci Grebeni s glavnim ko-seizmičkim događajima u tom području s procijenjenim vrijednostima izdizanja (modificirano prema Faivre et al., 2021).*

Podaci o seizmičnosti (Govorčin et al., 2020; Markušić, 2008) i paleoseizmičnosti područja (Faivre et al., 2021, 2021a), upućuju na to da su seizmički događaji mogli pridonijeti izdizanju morskog dna unutar Koločepskog kanala između otoka Šipana i kopna. Sekvencija S.S.S.3 je najviše naborana u središnjem dijelu kanala (Slika 5.18, 5.28, 5.29, 5.31). Erozijski događaj E koji je doveo do formiranja novog (malog) bazena uzrokovanog erozijom starijih naslaga sekvencije S.S.S.2, bio je presudan za evoluciju najmlađe faze taloženja ovog kanala. Slične formacije stvaranja novih mlađih bazena unutar starijih paleojezerskih sedimenata, zabilježene su u Prološkom blatu u Imotskom polju, gdje je tijekom formacije ponorne zone, dio paleojezera erodiran, te je tako nastalo novo jezero dubine 20 m (Ivkić Filipović et al., 2021).

Kao posljedica erozije naslaga S.S.S.2, formiran je novi bazen u središnjem dijelu kanala. S obzirom da je sediment u središnjem dijelu kanala značajno erodiran, može se pretpostaviti da je transport sedimenta bio iz kanala prema van u smjeru Mljetskog kanala pomoću riječnih tokova koji su za vrijeme LGM-a postojali, te kroz ponor koji je također u to vrijeme postojao na SI strani otoka Olike (Slika 6.9). Tok koji je formiran nazvan je tok paleorijeke „Olike“. Moguće je da se kretao iz unutrašnjosti kanala od „Elafitskog visokog gorja“ prema otoku Mljetu kroz Mljetski kanal tijekom LGM-a, te se ulijevao u Jadransko more SI od otoka Mljeta.

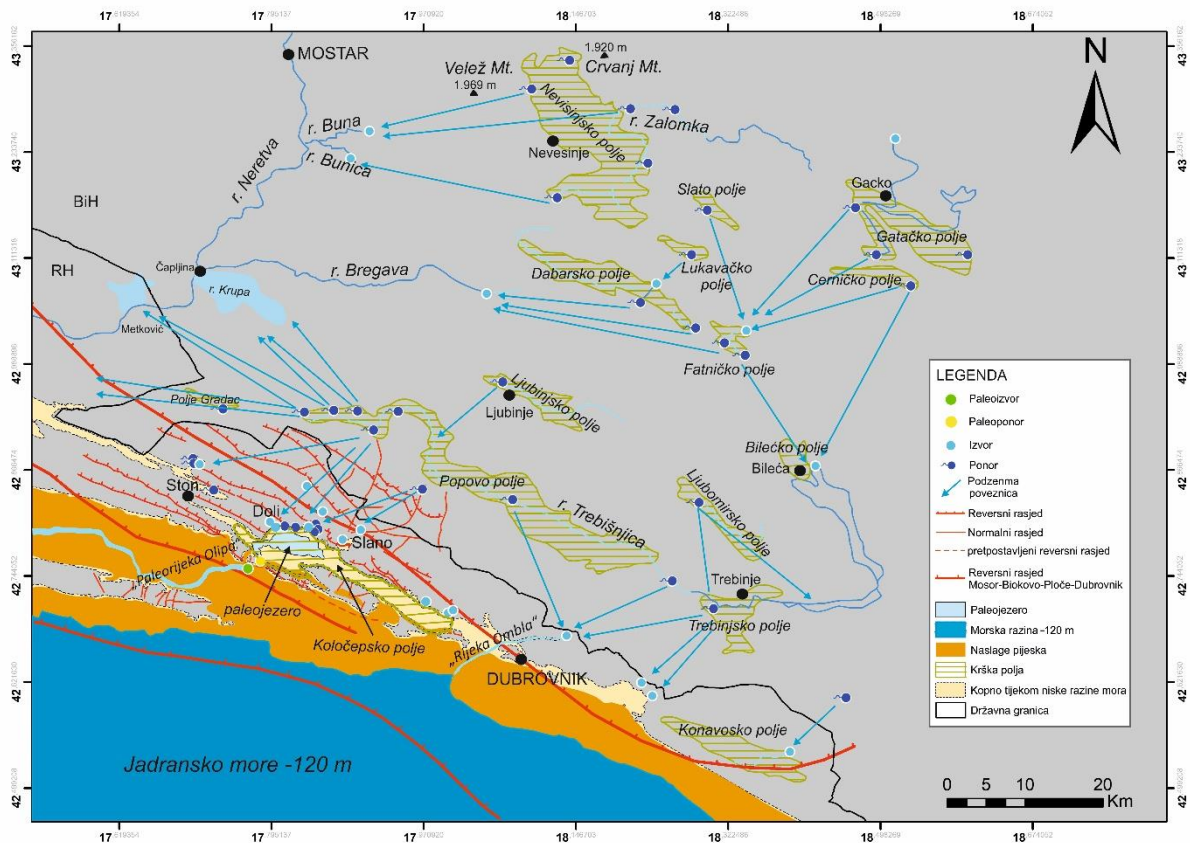


Slika 6.9. Prikaz paleopovršine po granici erozije (E) (koja je ujedno i podina S.S.S.1) za vrijeme LGM-a s rekonstruiranim tokovima rijeka koje su imale svoje izvore na današnjim mjestima vrulja.

Na seizmičkim profilima se dobro uočava reflektor E koji je opisan kao erozijski događaj. Značajno su erodirane naslage sekvencije S.S.S.2 i S.S.S.3. Naslage S.S.S.3 su erodirane na područjima iznad normalnih rasjeda zbog izdizanja i boranja. Također naslage S.S.S.2 su značajno erodirane na mjestima vjerojatnog prolaska ondašnjih bujičnih tokova pri čemu se stvaralo korito ondašnjeg krškog jezera. Uslijed tektonskih pomaka za vrijeme taloženja S.S.S.3, južni dio kanala je izdignut, a najveća dubina se nalazi na sjevernom dijelu kanala, što se dobro uočava na karti dubine po erozijskoj diskordanciji E tj. podine sekvencije S.S.S.1 (Slika 6.9).

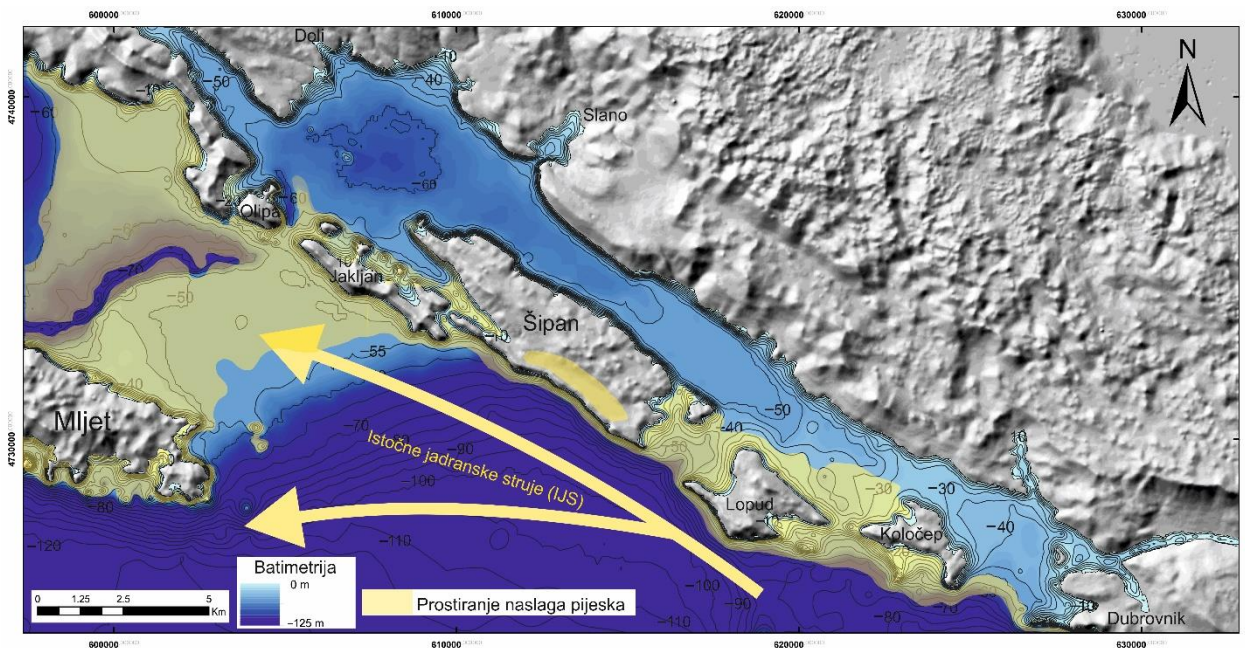
Tijekom LGM-a razina mora je bila za oko 120 do 134/5 m niža od današnje (Rohling et al., 1998; Waelbroeck et al., 2002; Surić, 2009; Lambeck, et al., 2001; 2014) te je na kopnu prevladavala hladna i suha klima (Benjamin et al., 2017). U tom se razdoblju izvan kanala u jugozapadnom dijelu taložio eolski pijesak koji je nošen vjetrom s albanskog područja (Slika 6.10) (Babić et al., 2013; Kovačić et al., 2018; Razum et al., 2021).





Slika 6.10. Prikaz šireg prostora Koločepskog kanala s većim krškim poljima u zaleđu i Koločepskim kanalom kao najnižim poljem u kaskadnom sustavu, raspršene pojave ponora i izvora te njihove podzemne poveznice (modificirano prema Navetić & Petrović 1967; Raić et al., 1982; Milanović, 2006). Slika obuhvaća i područje izvan Koločepskog kanala za vrijeme kada je morska razina bila na -120 m. Područje predstavlja kopno na koje je istaložen eolski pijesak. Prikazano je i jezero unutar tadašnjeg krškog polja s paleorijekom koja istječe iz krškog polja prema Mljetskom kanalu.

Nekadašnje „Elafitsko visoko gorje“ (današnji lanac Elafitskih otoka) koje je za vrijeme LGM-a predstavljalo geomorfološku barijeru, vjerojatno je sprječavalo taloženje kvartarnog eolskog pijeska unutar kanala (Babić et al., 2013; Kovačić et al., 2018; Razum et al., 2021) unutar kanala, pa se pijesak većinom taložio u nizini između „Elafitskog visokog gorja“ i otoka Mljeta gdje naslage danas tvore potopljenu zaravan (plato) na dubini od -40 m (Slika 6.11).



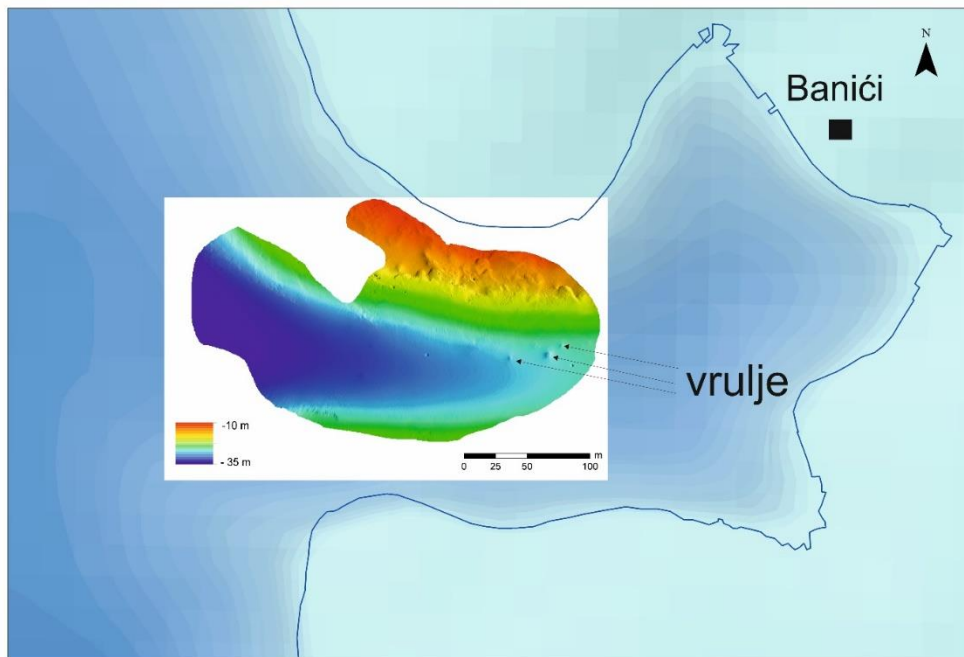
Slika 6.11. Batimetrijska karta današnjeg morskog dna i prikazane naslage koje se temelje na batimetrijskim kartama Hidrografskog instituta (Hidrografska karta otoka Mljeta i Olipa, List 70 i Hidrografska karta otoka Olipa i Slano, List 71).

Današnja morfologija morskog dna također ukazuje na postojanje svojevrzne paleorijeke „Olipe“ (Slika 6.8). Isto tako se na profilima visoke rezolucije (Slike od 5.35 do 5.41) uočava formiranje riječnog kanala koji se prostorno podudara s morfologijom morskog dna prikazanom na batimetrijskim kartama. Kanal paleorijeke izlazi iz središta Koločepskog kanala prolazeći kroz Veliki Vratnik i nastavlja kroz Mljetski kanal prema otoku Mljetu.

Nastanak rijeke je vjerojatno započeo tijekom MIS 2 i završio prije kraja pleistocena, kada je razina mora dosegla oko -80 m, te je more prodrlo u kanal sa sjeverozapadne strane kroz Mljetski kanal koji je u to vrijeme bio već poplavljen.

Nakon LGM-a, deglacijacija je dovela do brzog porasta morske razine. Tijekom holocena su se unutar paleokanala različitom brzinom taložili marinski sedimenti, što je rezultiralo današnjim dubinama (Slika 6.8). Značajno razdoblje brzog porasta morske razine bio je 14,5-14,0 ka BP („Meltwater Pulse“ MWP-1A) tijekom toplog Bølling-Allerød razdoblja (Zecchin et al., 2015; Lambeck et al., 2014). U tom periodu započinje taloženje jedinice U1b koja vjerojatno predstavlja brakične okoliše s promjenjivim utjecajem marinsko/kopnenih uvjeta. Isto tako brojni krški izvori na sjeveroistočnoj strani kanala na području Doli-Slano (Slika 6.10) mogli su donositi značajne količine vode i sediment iz rijeke Trebišnjice i Popovog

polja (BiH) (Vranješ et al., 2013; Milanović, 2014). Danas su ti izvori vidljivi i aktivni kao vrulje koje su na različitim dubinama ispod morske razine (Slika 6.12).



*Slika 6.12. Prikaz podmorja ispred Banića koji je snimljen višesnopnim dubinomjerom. Jasno se vide današnje vrulje koje su za vrijeme LGM-a bile krški izvori.*

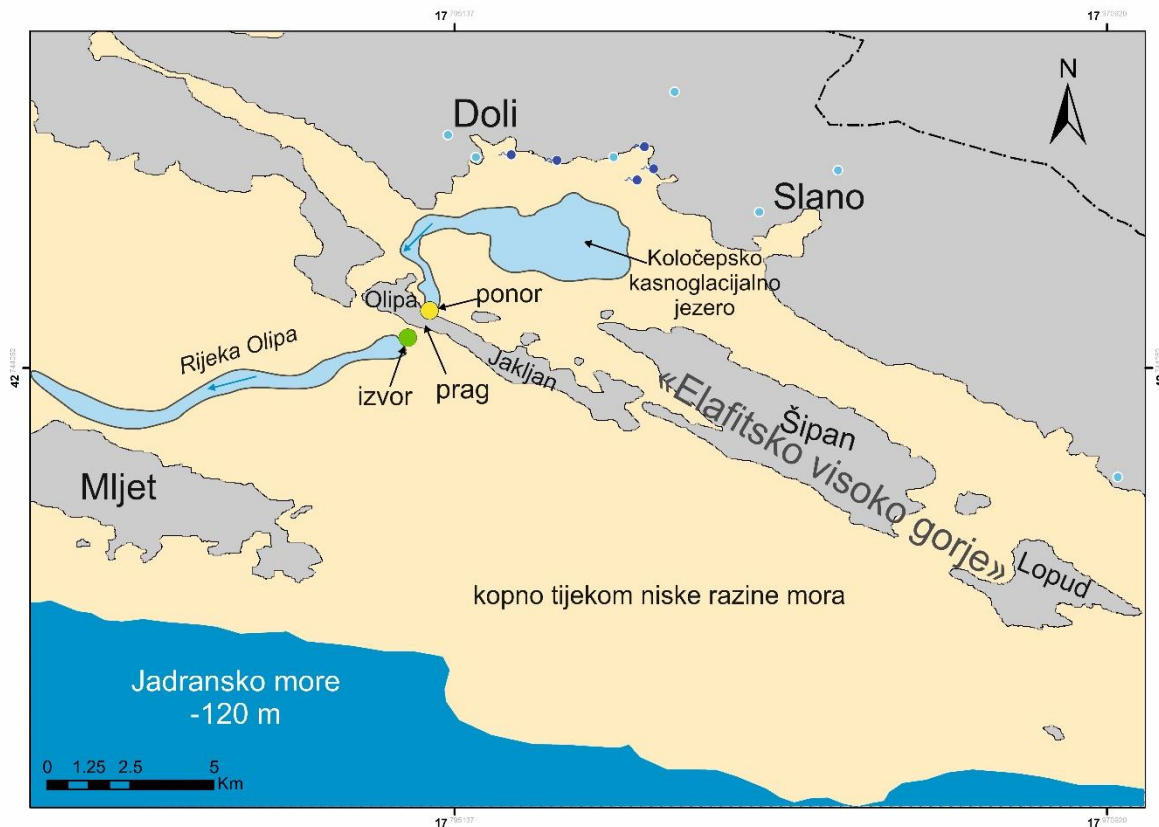
Velika količina vode je posljedica deglacijacije ledenog pokrova istočnih Dinarida (u glaciologiji poznati pod terminom obalni Dinaridi (Ruszkiczay-Rüdiger et al., 2020)) u Bosni i Crnoj Gori, koji su tijekom kvartara u nekoliko navrata bili pod ledom (Hughes, 2010; Hughes et al., 2016). Najveći ledeni pokrov u regiji bio je na planini Orjen u Crnoj Gori. Imao je nekoliko generacija ledenjaka i najstariju ledenu kapu koja je pokrivala ukupnu površinu od 165,4 km<sup>2</sup> i sezala do 500 m nadmorske visine tijekom MIS 12. Tijekom MIS 6, ledeni pokrovi su pokrivali ukupnu površinu od 84,9 km<sup>2</sup> (Hughes, 2010). Žebre et al. (2019), u svom istraživanju prikazuju glacijacije planina Velež i Crvanj (planinski lanci koji okružuju Nevesinjsko polje) (Slika 6.10) koje se nalaze na granici s područjem prihranjivanja Koločepskog kanala. One su u vrijeme glacijala imale najveće rasprostiranje: od oko 28 km<sup>2</sup> na Veležu i 24 km<sup>2</sup> na Crvnju. Maksimalni opseg ledenog pokrova na temelju datiranja bočnih morena ukazuje na starost od  $14,9 \pm 1,1$  ka BP za Velež i  $11,9 \pm 0,9$  ka BP za Crvanj (Žebre et al., 2019). Prema prikupljenim podacima o glacijaciji za Balkanski poluotok, Ruszkiczay-Rüdiger et al. (2020) ukazuju na to da je maksimalni doseg glacijacije bio do 17 ka BP sa sličnim opsegom kao i tijekom MIS 12 i MIS 6, te se smatra da se glacijacija dogodila između oko 17 ka BP i 13 ka BP. Datumi koje navodi u svom radu Žebre et al. (2019), za starost

glacijacije na Velež i Crvanj, Ruszkiczay-Rüdiger et al. (2020) smatraju neobičnim rekordom za tu regiju. Velike količine vode potekle iz spomenutog zaleđa za vrijeme deglacijacije vjerojatno su uzrokovale eroziju seizmostratigrafske jedinice S.S.S.2 čija je krovina ujedno i erozijska površina E, te formiranje manjeg krškog bazena unutar naslaga ove jedinice. Uzimajući u obzir kasnu deglacijaciju istočnih Dinarida u sliv Koločepskog kanala i s tim povezane količine slatke vode koje su protekle kroz krški sustav, moglo bi se reći da te iste količine vode nisu imale veliki utjecaj na pleistocenski okoliš Koločepskog kanala. U kanalu je marinska sedimentacija uspostavljena prije 12,1 ka BP (na temelju datiranja jezgre KK-1) (Slika 5.42).

Depresiju koju možemo uočiti na SSI strani otoka Olipe (Slika 5.21, profil 1.1b) je zapravo morfološki trag paleorijeke Olipe. Na suprotnoj strani otoka Olipe kanal se nastavlja na dubini od oko -70 m, te je paleokanal oblikovan ispod naslaga sedimenta Paleokanal se nastavlja produbljujući kroz Mljetski kanal i paralelno otoku Mljetu. Ispunjen je recentnim morskim sedimentima, a dno paleokanala se nalazi na -75 do -80 m (Slika 6.8).

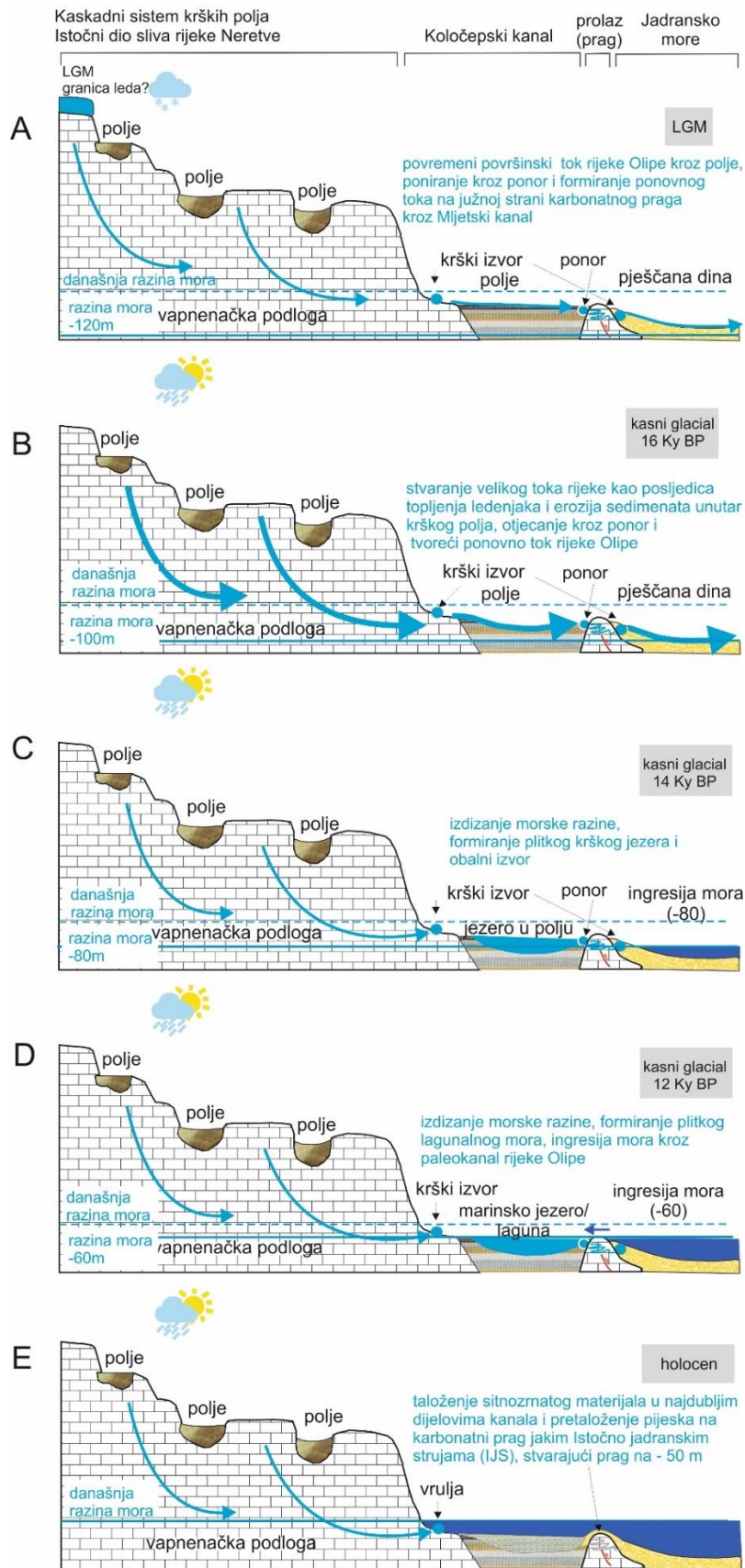
Zbog naslaga sedimenta koje su interpretirane na profilima visoke rezolucije (Slike od 5.32 do 5.38) nije bilo moguće interpretirati naslage ispod sedimenta, što je dovelo do razmatranja dva moguća scenarija postojanja paleorijeke Olipe i njezinog istjecanja iz tadašnjeg Koločepskog krškog polja.

Jedan od mogućih scenarija uključuje ponornu zonu tijekom niske razine mora tijekom LGM-a na SI strani otoka Olipe i krški izvor na njegovoj južnoj strani, što bi značilo da je paleorijeka Olipa predstavljala kršku ponornicu (Slika 6.13). Prema morfologiji paleokanala vidljivoj na profilu 1.1b (Slika 5.21) može se zaključiti da je ponor kroz koji je otjecala voda bio do oko 100 m promjera, te da su kroz njega iz Koločepskog kanala vodom nošene velike količine erodiranog sedimenta. Kada je razina mora dosegla -70 m, može se pretpostaviti da je ponor na sjeveroistočnoj strani otoka Olipe tijekom visoke razine mora funkcionirao kao estavela, što znači da je morska voda imala jednostavan dotok u Koločepski kanal, što je dovelo do formiranja bočatog/morskog jezera u kanalu. Tijekom kasnog glacijala (11, 000 – 20, 000 ka BC) i prije formiranja pretpostavljene estavele, većina sedimenta S.S.S.2 je erodirana, te se tako formirala već spomenuta erozijska površina E. Uspostavljanjem estavela uvjeta započelo je taloženje sedimenta sekvencije S.S.S.1. Ovaj scenarij pretpostavlja da je prag Veliki Vratnik (-50 m) produžetak otoka Olipa i Jakljana prekrivenog tankim slojem naslaga (Slika 6.13).



*Slika 6.13. Prikaz prvog mogućeg scenarija paleookolišnih uvjeta i rijeke Olipe za vrijeme LGM-a. Površinski tok rijeke Olipe idući iz krškog polja i kasnoglacialnog jezera i njezino poniranje kroz ponornu zonu i izvorom sa druge strane otoka Olipe prema otoku Mljetu čineći paleokanal usječen u kvartarne eolske nasalge pijeska*

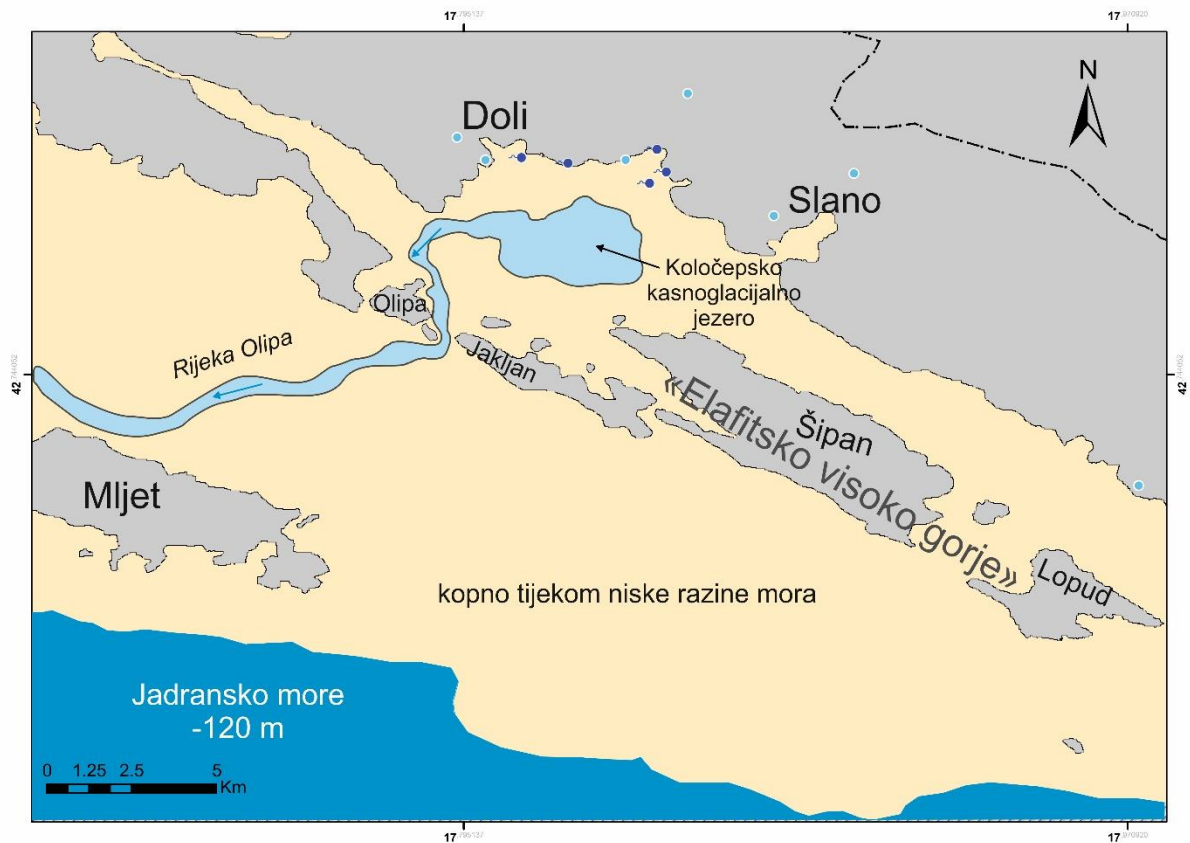
Na slici 6.14 je shematski prikaz kaskadnog sustava krških polja s prvim mogućim scenarijem u odnosu na promjenu morske razine od LGM-a do holocena uzimajući u obzir povremeni površinski tok paleorijeke Olipe.



Slika 6.14. Shematski prikaz kaskadnog sustava krških polja s prvim mogućim scenarijom u odnosu na promjenu morske razine od LGM-a do holocena uzimajući u obzir povremeni

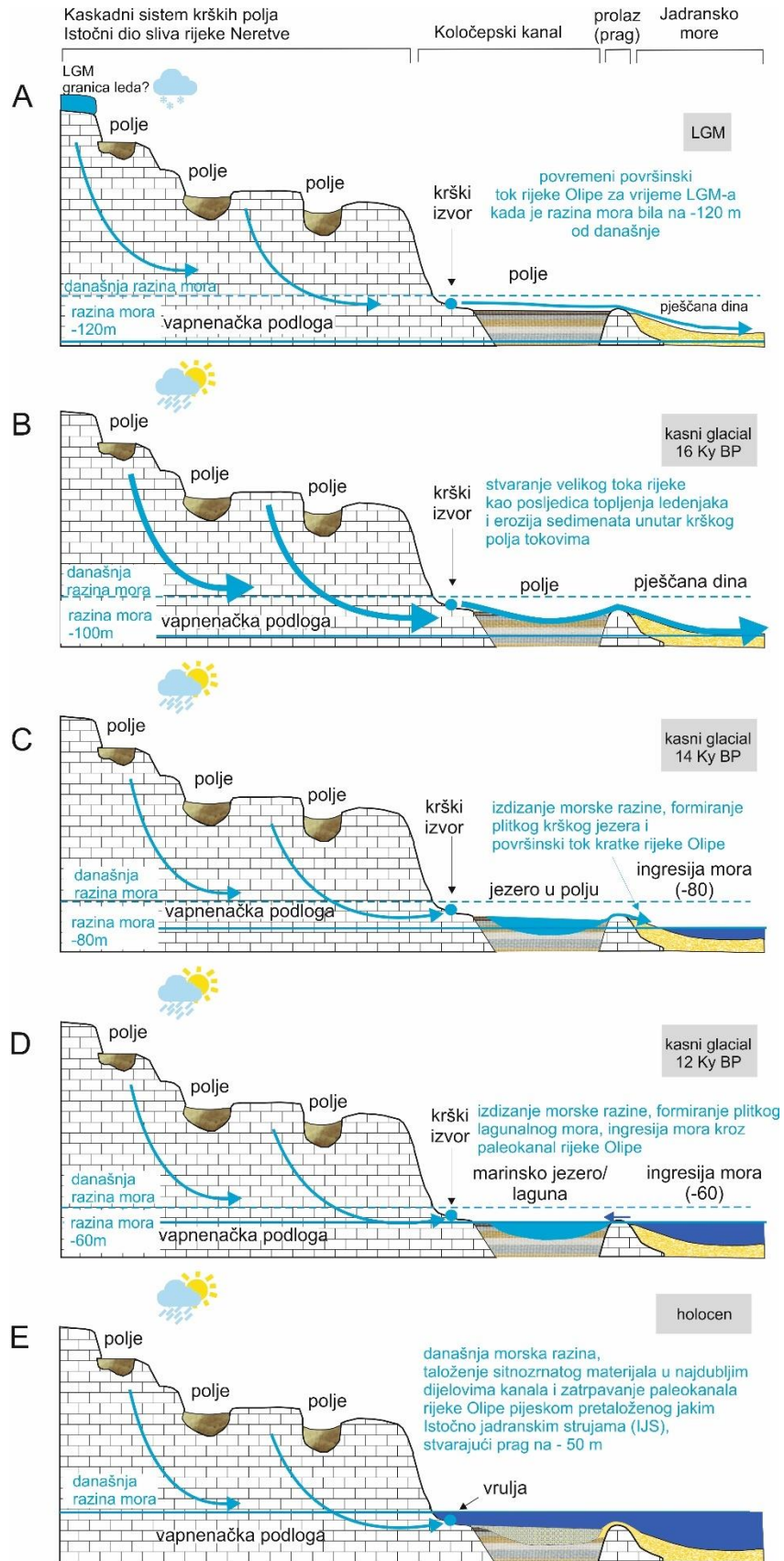
*površinski tok rijeke Olipe kroz krška polja i poniranje u ponor, tvoreći ponovni tok na južnoj strani karbonatnog praga tijekom LGM-a, prag je pod utjecajem tektonske aktivnosti (A); bujični tokovi rijeka i erozija sedimenta u poljima i poniranje kroz ponor i ponovni tok rijeke Olipe tijekom kasnog glacijala (B); nastanak plitkog krškog jezera s kratkim površinskim tokom rijeke Olipe s nastankom obalnih izvora i porast razine mora (C); porast razine mora s prodorom kroz paleokanal rijeke Olipe i formiranje plitke lagune (D); akumulacija sitnozrnato sedimenta tijekom holocena u najdubljim dijelovima kanala i zatrpavanje u dijelovima paleokanala rijeke Olipe pijeskom ponovno taloženim na karbonatnom pragu jakim istočno jadranskim strujama stvarajući prag na -50 m tijekom holocena (E).*

Drugi mogući scenarij bi podrazumijevao da je kanal paleorijeke Olipe usječen kroz vapnenačku podlogu tjesnaca Veliki Vratnik što znači da je tok paleorijeke bio površinski iz Koločepskog kanala (Slika 6.15), te da je zatrpan sedimentom nošenim i ponovno nataloženim istočnim jadranskim strujama (IJS) (Slika 6.11) tijekom holocena kada je Koločepski zaljev bio potopljen morem. Zatrpavanje paleokanala u tjesnacu je vrlo vjerojatno moguće zbog jakih površinskih struja koje u svom radu navodi Leder et al. (2019), na području Bar-Dubrovnik sa smjerom kretanja Z-SZ prateći paralelno obalu. Na slici 6.16 je shematski prikaz kaskadnog sustava krških polja s drugim mogućim scenarijom u odnosu na promjenu morske razine od LGM-a do holocena uzimajući u obzir povremeni površinski tok paleorijeke Olipe.



*Slika 6.15. Prikaz drugog mogućeg scenarija paleookolišnih uvjeta i rijeke Olipe za vrijeme LGM-a. Površinski tok rijeke Olipe idući iz polja i kasnoglacialnog jezera površinskim tokom kroz kanal između otoka Olipa i Jakljana i nastavkom toka prema otoku Mljetu. Oba scenarija pretpostavljaju formaciju vidljivog paleokanala usječenog u kvartarne eolske naslage pijeska.*





Slika 6.16. Shematski prikaz kaskadnog sustava krških polja s drugim mogućim scenarijem u odnosu na promjenu morske razine od LGM-a do holocena uzimajući u obzir otvoreno područje

*kanala s povremenim površinskim tokom rijeke Olipe tijekom LGM (A); rijeke kasnog glacijala s velikim protokom erodiraju sediment s kraških polja (B); nastanak plitkog krškog jezera s kratkim površinskim tokom rijeke Olipe i podizanjem razine mora (C); porast razine mora s prodorom kroz paleokanal rijeke Olipe i formiranje plitkih laguna (D); akumulacija sitnozrnatog sedimenta tijekom holocena u najdubljim dijelovima kanala i zatrpavanje dijela paleokanala rijeke Olipe pijeskom pretaloženog jakim istočno jadranskim strujama stvarajući prag na -50 m (E);*

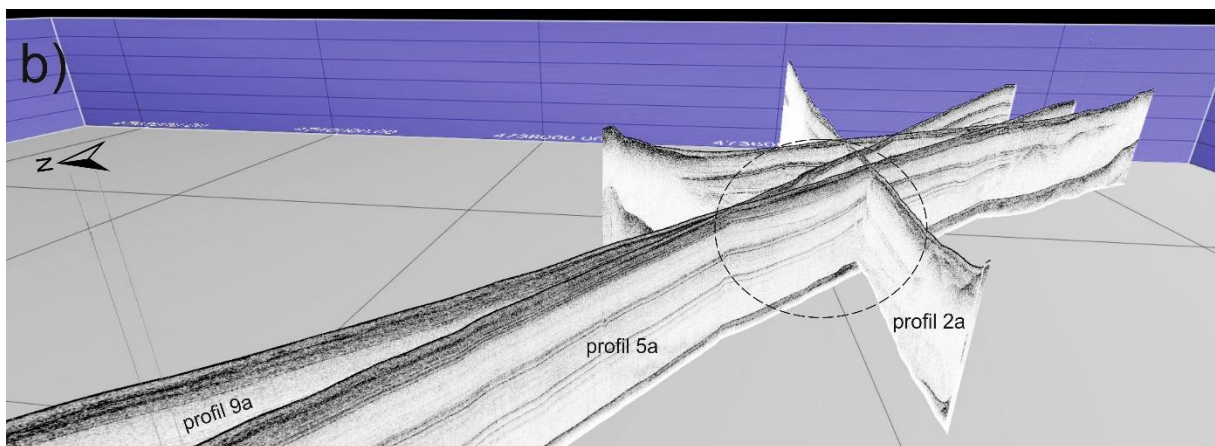
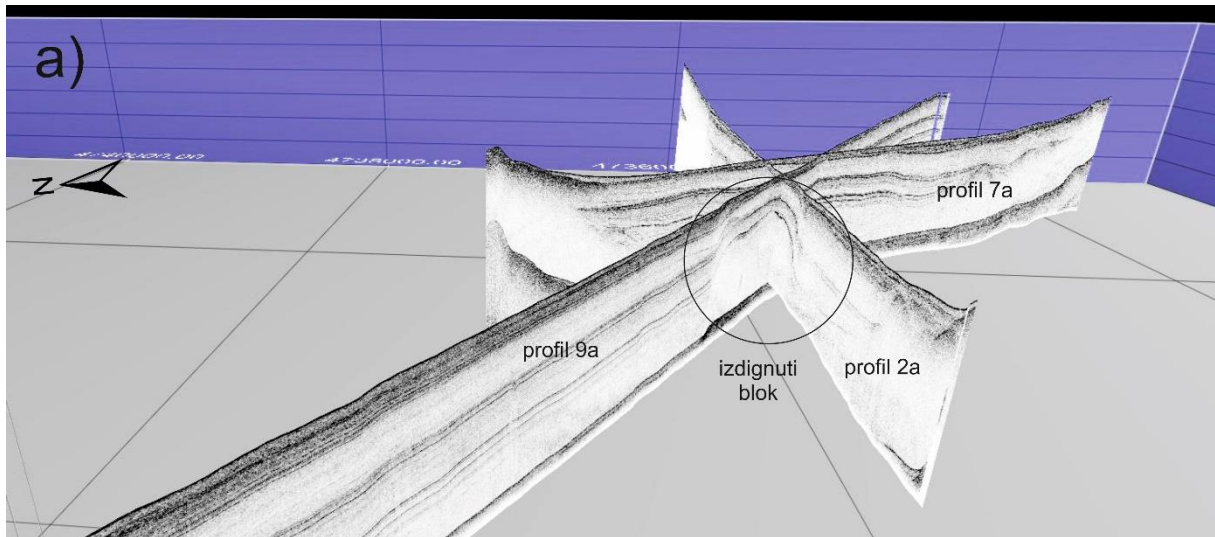
Obzirom da je tjesnac prekriven sedimentom koji prekriva signal geološkog dubinomjera, pitanje prirode praga i toka paleorijeke od Koločepskog kanala do Mljetskog kanala te kako je nastao moderni prag ostat će neriješeni. Da bi se razriješilo pitanje praga, dio se može istražiti opremom za profiliranje seizmičke refleksije koja radi u području od 400 do 1200 Hz kao što je *Sparker* geološki dubinomjer. *Sparker* je vrlo je prikladan za snimanje izvan kontinentanskog pojasa, ali se također može koristiti u plitkim obalnim vodama kada se zahtjevi za prodiranje ispod dna ne mogu ispuniti sa sustavima veće frekvencije.

### 6.3. Strukturna i geološka interpretacija kasnopleistocenskih i holocenskih naslaga u dijelu Koločepskog kanala

Podaci dobiveni s akustičkih profila visoke rezolucije snimljenih u Koločepskom kanalu ukazuju na tektonsku aktivnost u pojedinim dijelovima kanala kao što su boranje i izdizanje naslaga.

Koločepski kanal se nalazi na jednom od seizmički najaktivnijih područja u Republici Hrvatskoj te je tako za očekivati da tektonika ima važnu ulogu na ovom prostoru. Interpretirajući snimljene profile može se zaključiti da je tektonska aktivnost završila prije LGM-a jer u mlađim naslagama sekvencije S.S.S.1 istaloženim nakon LGM-a nema vidljivih tragova boranja i rasjedanja. Kao što je već prethodno spominjano na profilu 9a (Slika 5.11.) jasno je vidljivo izdizanje podloge čija se aktivnost može pratiti i u recentnim naslagama, te na samoj površini morskog dna u obliku izdizanja od 1,4 m (Slika 5.11). Ujedno može se i primijetiti da je izdignuti blok vidljiv samo na dva profila visoke rezolucije (Slika 6.17a i b) što ukazuje na njegovu izoliranu pojavu. Gledajući profil s JI strane izdignutog bloka jasno je vidljivo boranje okolnih naslaga koje je posljedica izdizanja bloka. Blok je nepravilnog oblika

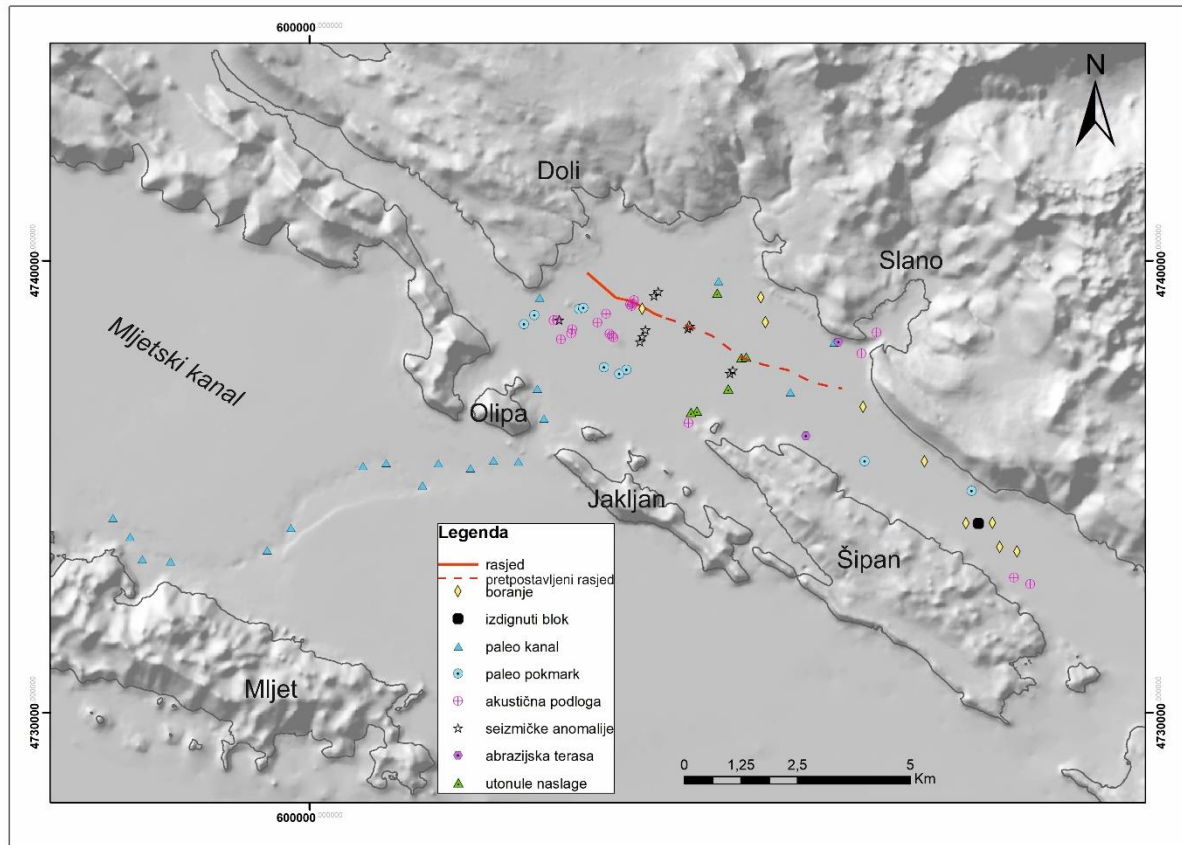
(Slike 5.11 i 6.17a) - na lijevoj strani (gledajući profil i izdignuti blok) naslage jedinice U3c su izdignute za 13,7 m, a na desnoj za 15,8 m, što nam govori da se jedna strana duže izdizala te samim time više gurala naslage prema površini pri čemu su one bile podložnije eroziji. Kao dokaz tome vidljiva je odsutnost dijela sekvencije S.S.S.1 iznad bloka (Slika 5.11).



Slika 6.17. 3D prikaz profila južnog sektora. a) izdignuti blok koji se pojavljuje na profilu 9a. Njegovo rasprostiranje se primjećuje samo na profilu 9a i djelomično na profilu 2a, dok je na slici b) vidljivo da taj isti blok nije vidljiv na profilu pored 5a (prikaz profila u programu Fledermaus).

Na profilima visoke rezolucije je primijećena pojava sličnih izoliranih blokova (Slike 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.22, 5.24, 5.27 i 5.29) čije je izdizanje završilo netom prije taloženja naslaga sekvencije S.S.S.2 ili neposredno nakon. Oko spomenutih blokova je jasno vidljiva promjena u debljini istaloženih naslaga kao što je i vidljivo tzv. zalijeganje/utonuće naslaga (Slike 5.19, 5.25, 5.27 i 5.30) koja se može interpretirati kao paleokorito rijeke te pojava seizmičkih dimnjaka (*chimney*) (Slike 5.15, 5.22 i 5.29). Na temelju interpretacije profila visoke

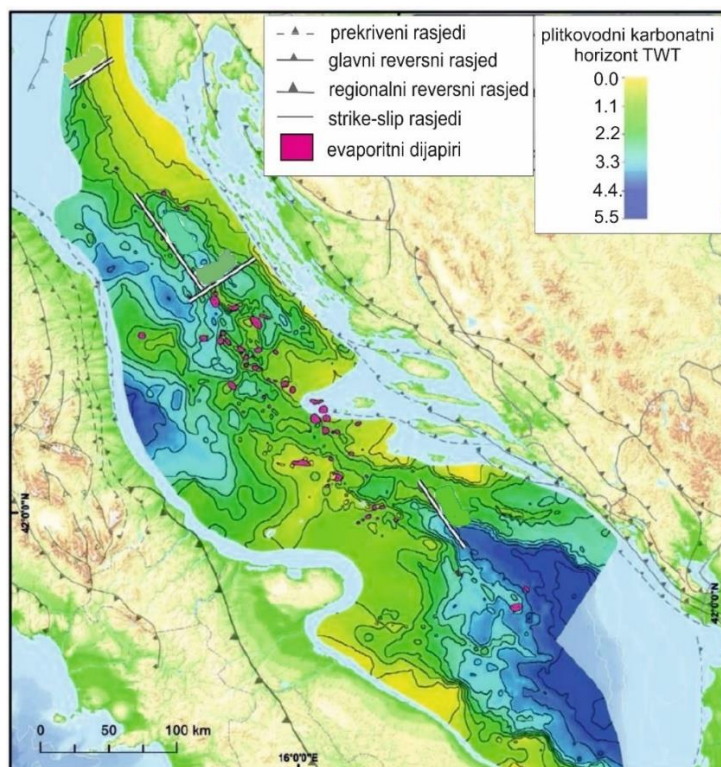
rezolucije lako su uočene morfološke pojave koje su prostorno prikazane na slici 6.18. Jedna od identificiranih pojava u Koločepskom kanalu je normalni rasjed (Slika 6.18) koji se prostorno može pratiti u smjeru pružanja SZ-JI, a koji je bio aktivan samo za vrijeme taloženja sekvence S.S.S.3. Naime rasjed se ne može povezati s rasjedima koji su kartirani na OGK List Ston (Slika 3.1).



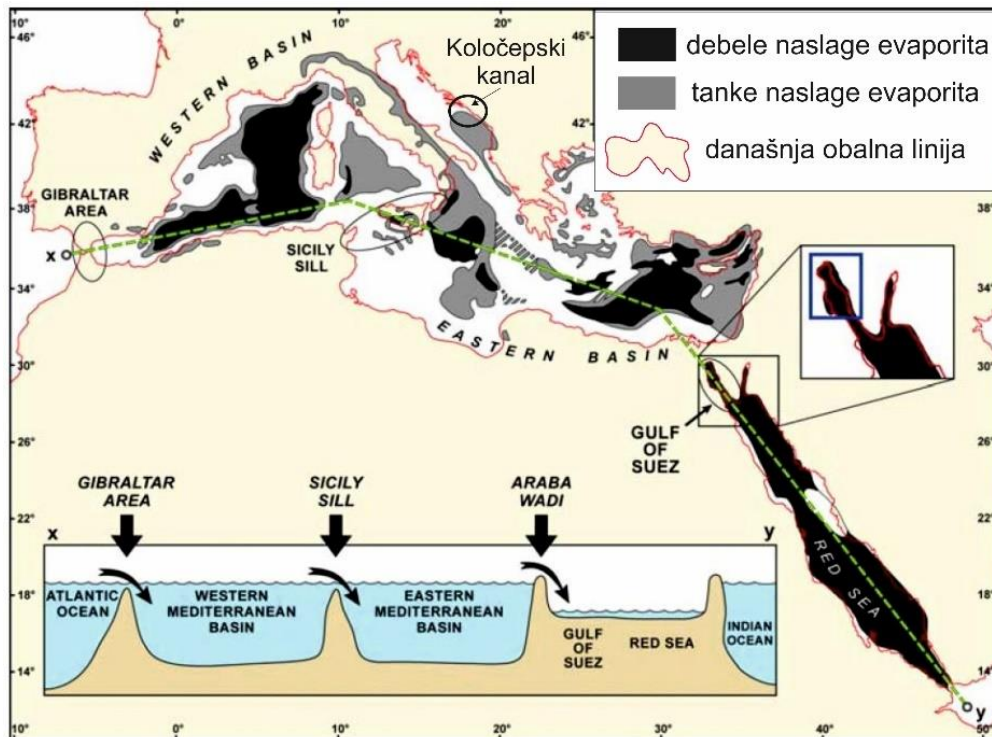
Slika 6.18. Prikaz identificiranih geomorfoloških oblika i pojava na profilima visoke rezolucije u Koločepskom kanalu.

S obzirom na uočene pojave, dovodi se u pitanje mehanika izdizanja dijela kanala. Jedan od mogućih scenarija je aktivnost rasjeda u naslagama mezozojske starosti koja je vidljiva na dubokim seizmičkim profilima L1 i L2 (Slike 6.6 i 6.5) koji su utjecali na formiranje kanala te izdizanje okršene karbonatne platforme. Na dubokom seizmičkom profilu L2 (Slika 6.5) vidljivi su reversni rasjedi s lokalnom kompresijom koji tvore pozitivnu cvjetnu strukturu (engl. *positive flower structure*) te se u površini te strukture nalazi izdignuti blok sa profila 9a koji je izdignuo pleistocenske i holocenske naslage. Posljedica spomenutog izdizanja je potpuna erozija sekvencije S.S.S.1 na profilu 9a pri čemu je jedinica U2a sekvencije S.S.S.2 dosegla površinu dna mora.

Promatrajući akustičke profile visoke rezolucije, u naslagama sekvence S.S.S.3 je vidljiva lokalna pojava manjih rasjeda (Slike 5.17, 5.18, 5.23, 5.27, 5.28 i 5.29) koji su bili aktivni samo za vrijeme taloženja te sekvence, jer njihova aktivnost nije vidljiva u mlađim naslagama. Na taj način uočene lokalne pojave izdizanja predstavljaju okršenu karbonatnu platformu koja se mjestimično ponaša kao plastična masa s nepravilnim izdizanjem i utjecajem na okolne naslage. Drugi mogući scenarij kojim bi se objasnilo izdizanje blokova može se interpretirati i kao posljedica izdizanja evaporitnih naslaga. Solni dijapirizam u aktivnim tektonskim područjima može biti povezan s visokom stopom deformacija (Leith & Simpson, 1986). Duž Jadranskog mora odavno su otkrivene pojave evaporitnih dijapira (Scisciani & Esestime, 2017) (Slika 6.19). Pojave evaporita koje su do sada otkrivene na području Jadrana su trijaskke starosti (Scisciani & Esestime, 2017) kao i evaporiti na području Albanije (Prifti et al., 2013). Također na području Sredozemlja akumulacija evaporita se povezuje s Mesinskom krizom saliniteta tijekom miocena kada je Mediteranski bazen postupno gubio vezu s Atlantikom pod utjecajem tektonskih i glacioeustatskih procesa (Gargani et al., 2008) pri čemu su se počele taložiti naslage evaporita i preko 1 500 m debljine (Slika 6.20).



Slika 6.19. Strukturna karta (TWT) po horizontu plitkovodnih karbonata starosti donja jura-paleogen s prikazanim lokacijama evaporitnih dijapira trijaskke starosti u Jadranskom moru. Horizont predstavlja karbonatnu platformu u vremenu kada je prešla u pelagičke uvjete (jura-paleogen) (Preuzeto iz Scisciani & Esestime, 2017).



Slika 6.20. Prikaz naslaga evaporita tijekom Mesinske krize saliniteta u Mediteranu. Vidljivo je kako se na južnom dijelu Jadrana, na području ispred Albanije istaložene tanje naslage evaporita (Preuzeto iz Gargani et al., 2008).

U prilog teoriji solnog dijapirizma, mogli bi uzeti u obzir geometriju prodornog bloka koja je mjestimično nepravilna, te se može primijetiti da je jedna od strana bloka prestala s izdizanjem dok se druga ponašala plastično i nastavljala izdizanje povijajući okolne naslage, čineći tako bočnu razliku u debljini slojeva (Hudec & Jackson, 2007) s jedne i s druge strane bloka kao što je vidljivo na profilu 9a (Slika 5.11) te na profilima 5b, 3b, 20b i 26b (Slike 5.17, 5.20, 5.23 i 5.27). Prema Remmelts (1995) i Tari et al. (2014) solni dijapiri se često nalaze iznad normalnih rasjeda pa bi se moglo reći da je solna tektonika odgovorna za umjerenu seizmičku aktivnost. No, prema gore navedenim istraživanjima općenito se smatra da je sol preslaba i elastična za naprezanje koje je potrebno da bi se proizveo potres umjerene jačine. Isto tako, uzimajući u obzir da je Koločepski kanal plitki krški bazen koji je za vrijeme Mesinske krize predstavljao kopno, vrlo je mala vjerojatnost za potvrdu drugog scenarija.

Budući da su na istraživanom području dostupne samo dvije jezgre neporemećenih sedimenata s maksimalnom dubinom do 4.70 m, njihova duljina nije dostatna za prikupljanje dovoljne količine podataka za geokemijske analize koje bi dale jasan uvid u karakteristike

sedimenata taloženih ispod granice LGM-a. Da bi mogli dobiti konkretne odgovore po pitanju paleookoliša, potrebno je detaljnije istraživanje s većim brojem dubljih jezgri koje bi dale više materijala za detaljnije analize te omogućile potvrdu jedne od prikazanih interpretacija tijekom kasnog pleistocena i holocena na istraživanom području.

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja u Koločepskom kanalu na naslagama kasnopleistocenske i holocenske starosti dobiveni su sljedeći zaključci:

- Koločepski kanal se smatra najnižim krškim poljem u kaskadnom nizu, koje je za vrijeme LGM-a bilo izolirano pragom (-50 m ispod morske razine) od ostatka Jadranskog bazena.
- Seizmički profili visoke rezolucije dali su uvid u gornjih 100 m sedimentnog slijeda unutar kanala.
- Prema dubokom seizmičkom profilu L2 koji se pruža po dužini kanala može se zaključiti da je u kanalu više od 300 m sedimentnih naslaga.
- Interpretacijom profila visoke rezolucije izdvojeno je 9 akustičnih jedinica koje su se u korelaciji s krivuljom globalne morske razine interpretirale kao izmjena marinskih i kopnenih okoliša.
- Geološkom interpretacijom profila utvrđeno je da se u SZ dijelu kanala odvijala aktivna tektonika unutar naslaga sekvencija S.S.S.3, a čija je aktivnost završila prije LGM-a. To je vidljivo u mlađim naslagama taloženim nakon LGM-a budući da su horizontalne i neporemećene. U južnom dijelu kanala vidljivi su tragovi recentne tektonske aktivnosti koja se odražava na morskom dnu u obliku izdizanja bloka u visini od 1,4 m.
- Za vrijeme niske razine mora tijekom LGM-a u kanalu je egzistiralo krško jezero koje se prihranjivalo vodotocima iz zaleđa, pri čemu je formirana paleorijeka „Olipa“ koja je predstavljala ponornicu s istočne strane otoka Olipe i izvorom s druge strane u Mljetski kanal.
- Erozijski tokovima u Koločepskom kanalu je imala ulogu u oblikovanju kanala za vrijeme LGM-a gdje je erodirala naslage S.S.S.2 i lokalno borane naslage S.S.S.3.
- Rezultati geokemijskih analiza dviju jezgara sedimenata omogućili su detaljniju interpretaciju slijeda naslaga od 4,70 m, pri čemu su definirani morski okoliši kao najmlađi, te slane močvare s promjenjivim utjecajem marinskih/kopnenih uvjeta kao starije naslage.
- Datiranjem jezgre KK-1 dobivene su starosti od 9 669 Cal BP s dubine od 157-158 cm i 12 170 Cal BP na dubini od 251,5-253,5 cm. Datum od 12 170 Cal BP odgovara transgresiji kada su započeli marinski uvjeti u kanalu.



Ovom doktorskom disertacijom potvrđena je hipoteza da je Koločepski kanal za vrijeme kasnog pleistocena-holocena bio krško polje unutar kojeg su se s promjenom morske razine u kombinaciji s tektonskim izdizanjem izmjenjivali različiti okoliši te da su prodiranjem mora prije 12 170 Cal BP započeli marinski uvjeti koji su prisutni i danas.

## 8. SAŽETAK

Na temelju interpretacije akustičnih profila visoke rezolucije, u korelaciji s krivuljom globalne morske razine, seizmičkog profiliranja, radiokarbonskog datiranja i analize geokemijskih podataka omogućena je rekonstrukciju paleookolišnih promjena u Koločepskom kanalu (JI Jadransko more) tijekom kasnog kvartara.

Tijekom glacijalno-interglacijalnih ciklusa, u kanalu su se izmjenjivali ciklusi taloženja morskih i kopnenih okoliša, ovisno o varijacijama morske razine. Za vrijeme niske razine mora kanal je predstavljao tipično dinarsko krško polje povezano sa zaleđem sliva kao najniže u nizu kaskadnih krških polja koja su međusobno povezana krškim ponorima i izvorima. Najmlađe sedimentne naslage istaložene u kanalu odgovaraju posljednjem glacijalno-interglacijalom ciklusu, uključujući holocenske morske sedimente i post-LGM jezerske/kopnene sedimente kao i veliki erozijski događaj (E), koji se povezuje s kasnoglacijalnim velikim količinama slatke vode iz brojnih krških izvora (današnje vrulje) koji su se napajali otapanjem leda u dinarskom zaleđu (u Bosni i Hercegovini). Slatka voda poplavila je polje, stvorivši povremeno jezero ili vodotok koji je formirao paleorijeku, koja je djelovala kao rijeka ponornica s poniranjem na jugoistočnoj strani otoka Olipa u unutrašnjem dijelu kanala i ponovno izbila kao krški izvor na njegovoj južnoj strani gdje nastavlja svoj tok kroz Mljetski kanal s istočne strane otoka Mljeta. Drugi scenarij također je moguć na temelju morfologije bazena i paleokanala: ideja da rijeka nije bila ponornica, već da je imala paleokanal s površinskim tokom koji je zatrpan pijeskom pretaloženim istočno jadranskom strujom tijekom holocena.

Ostaje neriješen problem morfologije praga (-50 m ispod morske razine) koji spaja more s kanalom, jer geološki dubinomjer nije probio naslage sedimenta zbog svoje mogućnosti prodiranja. Tijekom razdoblja povezivanja s Jadranskim morem (kada je prag bio na -50 m ispod morske razine), rekonstruirana razina mora može se dobro korelirati s globalnom krivuljom morske razine budući da je datirana jezgra implicirala morski okoliš prije 12,000 Cal BP. Sjeveroistočni i jugoistočni dio kanala prošli su kroz seizmotektonske procese koji su doveli do deformacije i boranja starijih seizmostratigrafskih jedinica. Tektonski procesi u SZ dijelu kanala temeljeni na morfologiji seizmostratigrafskih jedinica, prestali su prije posljednjeg glacijalno-interglacijalnog ciklusa. U jugoistočnom dijelu kanala seizmotektonska aktivnost nastavila se i u holocenu, uzrokujući izdizanje morskog dna od 1,4 m. Izdignuti blok se za sada ne može tumačiti kao ko-seizmički događaj povezan s dubrovačkim potresom 1667. godine, iako istraživanja pokazuju da su se neki okolni otoci uzdignuli za oko 50 cm tijekom tog događaja.

Razumijevanje dinamike i seizmotektonike zabilježene u prvih 50 m kvartarnih naslaga u Koločepskom kanalu zahtijeva detaljna istraživanja kako bi se mogla riješiti glavna pitanja o postanku kanala.

## 9. SUMMARY

Based on the interpretation of legacy, marine and onshore geological information, seismic profiling, radiocarbon dating, and geochemical data enabled us to reconstruct paleoenvironmental changes in Koločep Channel (SE Adriatic Sea, Croatia) during the Late Quaternary.

During glacial–interglacial cycles, the channel underwent alternating cycles of marine and terrestrial environments depending on sea-level variations. During lowstands, the channel represented a typical Dinaric karst field (“polje) connected with the hinterland catchment as the lowest of a series of cascading karst field mutually connected through karst chasms (“ponor”) and springs. The upper sedimentary infill of the channel corresponds to the last glacial–interglacial cycle, containing Holocene marine sediments and post-LGM lake/terrestrial sediments and a major erosional event (E1), which was a Late Glacial freshwater discharge from numerous karst springs (today submarine springs) fed by melting ice in the Dinaric hinterland (in Bosnia and Herzegovina). The freshwater flooded the field, creating an intermittent lake or water course which formed a paleo-river, which acted as a sinking river that submerged the SE side of Olipa Island and resurged as a karst spring on its southern side flowing through the Mljet Channel to the Adriatic Sea on the east side of Mljet Island. Another scenario is also possible based on the morphologies of the basin and the paleochannels: the notion that the river did not sink but had a paleochannel that was buried by sand redeposited by the eastern Adriatic current during the Holocene.

The problem of the morphology of the lowest sill (50 m b.s.l.) connecting the sea with the bay stays unsolved, since the SBP did not penetrate the sediments deposits. During periods of connection with the Adriatic Sea (sill at 50 m b.s.l.), the reconstructed sea level correlated well with the eustatic sea level since the dated core implied a marine environment prior to 12.1 Cal BP. Both the NE and SE parts of the basin have undergone seismotectonic processes leading to the deformation and folding of the older seismostratigraphic units. These processes in the NW part of the channel based on the morphology of the seismostratigraphic units ceased before the last glacial–interglacial cycle. In the southeastern part of the channel, the seismotectonic activity continued into the Holocene, causing a rupture on the seafloor in the shape of a 1.4 m high erosional scarp. So far, the rupture cannot be interpreted as a co-seismic event related to the 1667 Dubrovnik earthquake, although research indicates that some islands were uplifted by some 50 cm during the event. Understanding the dynamics and seismotectonic recorded in the

first 50 m of Quaternary deposits in Koločep bay requires detailed research to be able to resolve the main questions about the origin of the channel.

## 10. LITERATURA

Aitchison, J. (1986): *The Statistical Analysis of Compositional Data*. Chapman and Hall: London, UK, 416. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4109-0>.

Amaro, T., Huvenne, V., Allcock, A., Aslam, T., Davies, J., Danovaro, R., De Stigter, H., Duineveld, G., Gambi, C., Gooday, A., 2016. The Whittard Canyon—A case study of submarine canyon processes. *Progress in Oceanography* 146, 38–57.

Amblas, D., Ceramicola, S., Gerber, T.P., Canals, M., Chiocci, F.L., Dowdeswell, J.A., Harris, P.T., Huvenne, V.A., Lai, S.Y., Lastras, G., 2018. Submarine canyons and gullies, in: *Submarine Geomorphology*. Springer, pp. 251–272.

Anderson, H. & Jackson, J. (1987): Active Tectonics of the Adriatic Region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 91, 937–983. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1987.tb01675.x>.

Antonioli, F. (2003): Sea Level Change in Italy during Last 300 Ka. A Review. *Biogeogr. J. Integr. Biogeogr.*, 24, 23–32.

Antonioli, F., Anzidei, M., Lambeck, K., Auriemma, R., Gaddi, D., Furlani, S., Orrù, P., Solinas, E., Gaspari, A., Karinja, S., Kovačić, V. i Surace, L (2007): Sea-Level Change during the Holocene in Sardinia and in the Northeastern Adriatic (Central Mediterranean Sea) from Archaeological and Geomorphological Data. *Quat. Sci. Rev.*, 26, 2463–2486. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.022>.

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. i Stocchi, P. (2009): Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines. *Quaternary International*, 206, 102–133.

Arnaud, F. (2005): Discriminating bio-induced and detrital sedimentary processes from particle size distribution of carbonates and non-carbonates in hard water lake sediment. *Journal of Paleolimnology* 34, 519-526.

Babić, Lj., Zupanič, J., Vidović, J., Razum, I., Crnjaković, M. (2012): Succession of Pleistocene non-marine sediments containing marine fossils, Mljet Island, eastern Adriatic. *Nat. Croat.* 21, 269-299.

Babić, Lj., Zupanič, J., Vidović, J., Razum, I., Lužar-Oberiter, B. i Crnjaković, M. (2013): Preservation of Hanging Aeolian Deposits in Insular Karst Depressions: Sediment Sources and Implications for the Pleistocene Palaeogeography of the SE Adriatic Archipelago. *Aeolian Res.*, 11, 171–189. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2013.06.003>.

Badley, M. E. (1985): Practical seismic interpretation. International Human Resources Development Corporation, University of Michigan, 266.

Balascio, N.L., Zhang, Z., Bradley, R.S., Perren, B., Dahl, S.O. i Bakke, J. (2011): A Multi-Proxy Approach to Assessing Isolation Basin Stratigraphy from the Lofoten Islands, Norway. *Quat. Res.*, 75, 288–300.

Balling, P., Tomljenović, B., Schmid, S.M., Ustaszewski, K. (2021): Contrasting along-strike deformations styles in the central external Dinarides assessed by balanced cross-sections: Implications for the tectonic evolution of its Paleogene flexural foreland basin system. *Global and Planetary Change* 205, 24.

Bard, E., Antonioli, F. i 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.

Bard, E., Hamelin, B. i Delanghe-Sabatier, D. (2010): Deglacial Meltwater Pulse 1B and Younger Dryas sea levels revisited with boreholes at Tahiti. *Science*, v. 327, 1235–1237. [doi:10.1126/science.1180557](https://doi.org/10.1126/science.1180557).

Becker, J.J., Sandwell, D.T., Smith, W.H.F., Braud, J., Binder, B., Depner, J., Fabre, D., Factor, J., Ingalls, D., Kim, S.H., Lander, 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.

Beckers, A., Hubert-Ferrari, A., Beck, C., Bodeux, S., Tripsanas, E., Sakellariou, D. i De Batist, M. (2015): Active Faulting at the Western Tip of the Gulf of Corinth, Greece, from High-Resolution Seismic Data. *Mar. Geol.*, 360, 55–69.

Benac, Č., Juračić, M. i Blašković, I. (2008): Tidal Notches in Vinodol Channel and Bakar Bay, NE Adriatic Sea: Indicators of Recent Tectonics. *Mar. Geol.*, 248, 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2007.10.010>.

Benac, Č. (2016): Rječnik pojmova u općoj i primijenjenoj geologiji. Građevinski fakultet u Rijeci. 194.

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., Merdith-Williams, M., Goodman-Tchernov, B., Kolaiti, E., Anzidei, M. i Gehrels, R. (2017): Late Quaternary Sea-Level Changes and Early Human Societies in the Central and Eastern Mediterranean Basin: An Interdisciplinary Review. *Quaternary International*, 449, 29–57.

Bishop, P. (2007): Long-term landscape evolution: linking tectonic and surface processes. *Earth Surf. Proc. Land.*, 32, 329-365.

Blaauw, M. (2010): Methods and code for „classical“ age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5, 512-518.

Blott, S.J. & Pye, K. (2001): Gradistat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surf. Process. Landforms*, 26, 1237–1248. <https://doi.org/10.1002/esp.261>

Boomer, I. & Eisenhauer, G. (2002): Ostracod Faunas as Palaeoenvironmental 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.

Brunović, D. (2019): Morska i jezerska sedimentacija u potopljenom krškom bazenu: Taložni sustav Lošinjskog kanala tijekom kasnog kvartara. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 377 str.

Buljan, R. (1998): Značenje strukturnog modela u razradi zahvata i zaštite podzemnih voda izvorišnog područja Omble kraj Dubrovnika. Doktorski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 154 str.

Çağatay, M.N., Eriş, K., Ryan, W.B.F., Sancar, Ü., Polonia, A., Akçer, S., Biltekin, D., Gasperini, L., Görür, N., Lericolais, G., et al. (2009): Late Pleistocene-Holocene Evolution of the Northern Shelf of the Sea of Marmara. *Mar. Geol.*, 265, 87–100.

Camerlenghi, A. (2018): Drivers of seafloor geomorphic change, in: *Submarine Geomorphology*. Springer, pp. 135–159.



Camoin, G. F., Seard, C., Deschamps, P., Webster, J. M., Abbey, E., Braga, J. C. i Dussouillez, P. (2012): Reef response to sea-level and environmental changes during the last deglaciation: Integrated Ocean Drilling Program Expedition 310. Tahiti Sea Level. *Geology*, 40(7), 643–646. doi:10.1130/g32057.1

Chamley, H. (1989): *Clay sedimentology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 623.

Chayes, F. (1960): On correlation between variables of constant sum. *J. Geophys. Res.*, 65, 4185–4193.

Church, J. A. & White, N. J. (2006): A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophysical Research Letters*, 33(1), n/a–n/a. 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.

Clark, M.K., Schoenbohm, L.M., Royden, L.H., Whipple, K.X., Burchfiel, B.C., Zhang, X., Tang, W., Wang, E. i Chen, L. (2004): Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. *Tectonics* 23, TC 1006.

Cloetingh, S. & Cornu, T. (2005): Surveys on environmental tectonics. *Quatern. Sci. Rev.* 24, 235-240.

Correggiari, A., Roveri, M., Trincardi, F. (1996): Late Pleistocene and Holocene evolution of the north Adriatic sea. *Il Quat. Italian J. Quat. Sci.* 9, 697-704.

Cox, R.T. (1994): Analysis of drainage basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from the Mississippi embayment. *Geol. Soc. Am. Bull.* 106, 571-581.

Coyne, M.K., Jones, B. i 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., 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>

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>

Das, O., Wang, Y., Donoghue, J., Xu, X., Coor, J., Elsner, J. i 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>

De Deckker, P., Arnold, L. J., van der Kaars, S., Bayon, G., Stuut, J.-B. W., Perner, K. i Demuro, M. (2019): Marine Isotope Stage 4 in Australasia: A full glacial culminating 65,000 years ago – Global connections and implications for human dispersal. *Quaternary Science Reviews*, 204, 187–207. doi: 10.1016/j.quascirev.2018.11.017

Deaton, B.C. (1987): Quantification of rock color from Munsell chips. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.57, 774-776.

Deaton, B.C., Nestell, M. i Balsam, W.L. (1996): Spectral Reflectance of Conodonts: A Step Toward Quantitative Color Alteration and Thermal Maturity Indexes. *AAPG Bulletin*, v,80, no.7, 999-1007.

Debret, M., Desmet, M., Balsam, W., Copard, Y., Francus, P. i Laj, C. (2006): Spectrophotometer analysis of Holocene sediments from an anoxic fjord: Saanich Inlet, British Columbia, Canada. *Marine Geology* 229, 15-28.

Debret, M., Sebag, D., Desmet, M., Balsam, W., Copard, Y., Mourier, B., Susperrigui, A.-S., Arnaud, F., Bentaleb, I., Chapron, E., Lallier.Vergès, E. i Winiarski, T. (2011): Spectrocolorimetric interpretation of sedimentary dynamics: The new “Q7/4 diagram.” *Earth-Science Reviews*, 109(1-2), 1–19.

Del Bianco, F. (2014): Late Quaternary geological evolution of the Montenegro and northern Albania continental margins. *Doktorska disertacija*, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, 149 str.

Dorale, J.A., Onac, B.P., Fornós, J.J., Ginés, J., Ginés, A., Tuccimei, P. i Peate, D.W. (2010): Sea-level highstand 81, 000 years ago in mallorca. *Science* 327, 860–863, <https://doi.org/10.1126/science.1181725>

- Emery, D. & Myers, K. (1999): *Sequence Stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, 297.
- Emiliani, C. (1955): Pleistocene temperatures. *Journal of Geology* 63, p.538-578.
- England, P. & Molnar, P. (1990): Surface uplift, uplift of rock, and exhumation of rocks. *Geology* 18, 1173-1177.
- 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., Herak, M., Barešić, J. i Borković, D. (2021): Late Holocene Interplay between Coseismic Uplift Events and Interseismic Subsidence at Koločep Island and Grebeni Islets in the Dubrovnik Archipelago (Southern Adriatic, Croatia). *Quat. Sci. Rev.*, 274, 107284. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107284>.
- Faivre, S., Bakran-Petricioli, T., Barešić, J. i Horvatić, D. (2021a): Lithophyllum Rims as Biological Markers for Constraining Palaeoseismic Events and Relative Sea-Level Variations during the Last 3.3 ka on Lopud Island, Southern Adriatic, Croatia. *Glob. Planet. Change*, 202, 103517. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103517>.
- 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. i 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.
- Ford, D. & Williams, P. (2007): *Karst Geomorphology and Hydrology*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd., Engleska, 562.
- 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>
- Gargani, J., Moretti, I. i Letouzey, J. (2008): Evaporite accumulation during the Messinian Salinity Crisis: The Suez Rift case. *Geophysical Research Letters*, American Geophysical Union, 35 (2), 1-6. doi:10.1029/2007GL032494, hal-00357241

Gasparini, L., Marzocchi, A., Mazza, S., Miele, R., Meli, M., Najjar, H., Michetti, A.M. i Polonia, A. (2020): Morphotectonics and Late Quaternary Seismic Stratigraphy of Lake Garda (Northern Italy). *Geomorphology*, 371, 107–427.

Gobo, K. & Bucković, D. (2023): Priručnik iz sekvencijske stratigrafije. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.

Govorčin, M., Herak, M., Matoš, B., Pribičević, B. i Vlahović, I. (2020): Constraints on Complex Faulting during the 1996 Ston-Slano (Croatia) Earthquake Inferred from the DInSAR, Seismological, and Geological Observations. *Remote Sens.*, 12, 1157. <https://doi.org/10.3390/rs12071157>

Gràcia, E., Bartolome, R., Lo Iacono, C., Moreno, X., Stich, D., Martínez-Díaz, J.J., Bozzano, G., Martínez-Loriente, S., Perea, H., Diez, S., et al. (2012): Acoustic and Seismic Imaging of the Adra Fault (NE Alboran Sea): In Search of the Source of the 1910 Adra Earthquake. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3255–3267.

Grandić, S., Boromisa-Balaš, E., Šušterčić, M. i Kolbah, S. (1999): Hydrocarbon possibilities in the eastern Adriatic slope zone of Croatian offshore area. *Nafta*, 50/2, 51–73.

Harris, P.T., Heap, A., Passlow, V., Hughes, M., Daniell, J., Hemer, M., et al. (2005): Tidally-incised valleys on tropical carbonate shelves: an example from the northern Great Barrier Reef, Australia. *Mar. Geol.* 220, 181\_204.

Harris, P.T., Whiteway, T. (2011): Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology* 285, 69–86.

Harris, P.T., Macmillan-Lawler, M. (2016): Global Overview of Continental Shelf Geomorphology Based on the SRTM30\_PLUS 30-Arc Second Database. In: Finkl, C., Makowski, C. (eds) *Seafloor Mapping along Continental Shelves*. Coastal Research Library, vol 13. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-25121-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-25121-9_7)

Harris, P.T., Baker, E. (2019): *Seafloor geomorphology as benthic habitat*. GeoHab Atlas of Seafloor Geomorphic Features and Benthic Habitats. Second edition. Elsevier Science, 1076.

Hasan, O. (2017): Paleookolišna rekonstrukcija slivova Karinskog mora, Novigradskog mora i Velebitskog kanala tijekom holocena. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 564 str.

Hasan, O., Miko, S., Brunović, D., Papatheodorou, G., Christodolou, D., Ilijanić, N. i Geraga, M. (2020): Geomorphology of Canyon Outlets in Zrmanja River Estuary and Its Effect on the Holocene Flooding of Semi-Enclosed Basins (The Novigrad and Karin Seas, Eastern Adriatic). *Water*, 12, 2807. <https://doi.org/10.3390/w12102807>

Hashemi, M.R., Neill, S.P., Davies, A.G., 2015. A coupled tide-wave model for the NW European shelf seas. *Geophysical & Astrophysical Fluid Dynamics* 109, 234–253.

Herak, M., Herak, D. i Markušić, S. (1998): Revision of the Earthquake Catalogue and Seismicity of Croatia, 1908-1992. *Terra Nov.*, 8, 86–94. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.1996.tb00728.x>

Herak, M., Herak, D., Markušić, S. i Ivančić, I. (2001): Numerical modeling of the Ston-Slano (Croatia) aftershock sequence. *Studia geoph. et geod.* 45, 251-266.

Herak, M., Allegretti, I., Herak, D., Ivančić, I., Kuk, V., Marić, K., Markušić, S., Sović, I. (2011): Republika Hrvatska, karta potresnih područja, Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A s vjerojatnosti premašaja 10% u 50 godina (povratno razdoblje 95-475 godina) izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja, g. Geofizički odsjek, PMF Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

*Hrvatska enciklopedija (2021), mrežno izdanje.* Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Pristupljeno 18.12.2021. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=21716>

Hrvatski hidrografski institut (1987): Karte morskog dna Mljet Olipa M 1 : 25 000, JRM Split, List 70, I. izdanje.

Hrvatski hidrografski institut (1987): Karte morskog dna Olip Slano M 1 : 25 000, JRM Split, List 71, I. izdanje.

Hudec, M.R. & Jackson, M.P.A. (2007): Terra infirma: Understanding salt tectonics. *Earth – Science Reviews*, 82 (1-2), 1-28. doi: 10.1016/j.earscirev.2007.01.001

Huggett, R.J. (2011): *Fundamentals of Geomorphology*. Third Edition. Routledge Taylor & Francis Group, London and New York, 516.

Hughes, P. D., & Woodward, J. C. (2008): Timing of glaciation in the Mediterranean mountains during the last cold stage. *Journal of Quaternary Science*, 23(6-7), 575–588. doi:10.1002/jqs.1212

Hughes, P.D. (2010): Little Ice Age Glaciers in the Balkans: Low Altitude Glaciation Enabled by Cooler Temperatures and Local Topoclimatic Controls. *Earth Surf. Process. Landf.*, 35, 229–241. <https://doi.org/10.1002/esp.1916>.

Hughes, P.D. & Woodward, J.C. (2016): Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains: A New Synthesis. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 433, 1–23. <https://doi.org/10.1144/sp433.14>.

Hughes, P.D. (2018): Little ice age glaciers and climate in the Mediterranean mountains: a new analysis. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 44 (1), 2018, 15-45.

IHO, 2008. Standardization of Undersea Feature Names: Guidelines Proposal form Terminology, 4th ed. International Hydrographic Organisation and Intergovernmental Oceanographic Commission, Monaco, p. 32.

Ilijanić, N. (2014): Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale kao pokazatelj promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 382 str.

Imbrie, J., Hays, J.D., Martinson, D.G., McIntyre, A., Mix, A.C., Morley, J.J., Pisias, N.G., Prell, W.L. i Shackleton, N.J. (1984): The orbital theory of pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  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.

Ivkić, F.I., Ilijanić, N., Miko, S., Hajek, T.V., Hasan, O. i Kordic, B. (2021): Late Quaternary sedimentological and geomorphological processes in the Prološko Blato karst polje (Imotsko polje, Croatia). In *Proceedings of the 6th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology: Seas, Lakes and Rivers*, Ljubljana, Slovenia, September 2021, 27–29.

Jackson, J., Van Dissen, R. i Berryman, K. (1998): Tilting of active folds and faults in the Manawatu region, New Zealand: evidence from surface drainage patterns. *NZ J. of Geol. Geophys.* 41, 377-385.

Jouve, G., Francus, P., Lamoureux, S., Provencher-Nolet, L., Hahn, A., Haberzettl, T., Fortin, D. & Nuttin, L. (2013): Microsedimentological characterization using image analysis and  $\mu$ -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 palaeoecological data analysis and visualisation, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK.

Kan, H., Urata, K., Nagao, M., Hori, N., Fujita, K., Yokoyama, Y., Nakashima, Y., Ohashi, T., Goto, K., Suzuki, A., 2015. Submerged karst landforms observed by multibeam bathymetric survey in Nagura Bay, Ishigaki Island, southwestern Japan. *Geomorphology* 229, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.032>

Kastelic, V., Vannoli, P., Burrato, P., Fracassi, U., Tiberti, M.M. i Valensise, G. (2013): Seismogenic Sources in the Adriatic Domain. *Mar. Pet. Geol.*, 42, 191–213. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.08.002>.

Keller, E.A. & Pinter, N. (2002): *Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, 362.

Kelletat, D. H. (2005): Dalmatian coasts. In: Schwartz, M. (Eds.), *Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 355–356.

Kim, D.C., Lee, G.S., Lee, G.H. i Park, S.C. (2008): Sediment echo types and acoustic characteristics of gas-related acoustic anomalies in Jinhae Bay, southern Korea. *Geosciences Journal* 12, 47–61. doi:10.1007/s12303-008-0007-8

Korbar, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: A model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. *Earth-Science Reviews*, 96, 296–312. doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.07.004.

Korbar, T., Markušić, S., Hasan, O., Fuček, L., Brunović, D., Belić, N., Palenik, D. i Kastelic, V. (2020): Active Tectonic in the Kvarner Region (External Dinarides, Croatia) - An Alternative Approach Based on Focused Geological Mapping, 3D Seismological, and Shallow Seismic Imaging Data. *Front. Earth Sci.*, 8, 582797.

Kovačić, M., Pavelić, D., Vlahović, I., Marković, F., Wacha, L., Kampić, Š., Rončević, S. i Drempetić, D. (2018): Pleistocene Alluvial and Aeolian Deposits with Tephra on the Island of Lopud (Eastern Mid-Adriatic, Croatia): Provenance, Wind Regime, and Climate Controls. *Quat. Int.*, 494, 92–104. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.11.054>.

Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68, p.277-279.

Krklec, K., Lozić, S., Šiljeg, A., Perica, D., Šiljeg, S. (2015): Morphogenesis of karst poljes on Vis Island, Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 16(2), p.99-116.

Kuk, V., Prelogović, E., Dragičević, I. (2000): Seismotectonically Active Zones in the Dinarides. *Geologia Croatica*, 53, 295–303.

Lamb, A.L., Wilson, G.P., Leng, M.J. (2006): A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using  $\delta^{13}\text{C}$  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.

Lambeck, K. & Purcell, A. (2005): Sea-Level Change in the Mediterranean Sea since the LGM: Model Predictions for Tectonically Stable Areas. *Quat. Sci. Rev.* 2005, 24, 1969–1988.

Lambeck, K., Sambridge, M., Rouby, H., Purcell, A., Sun, Y. (2014): Sea Level and Global Ice Volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 111, 15296–15303.

Last, W.M. & Smol, J.P. (2001): Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, *Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 2*, Springer, str. 504.

Leder, N., Paklar, B.G., Grbec, B., Matić, F. (2019): Characteristics of The Eastern Adriatic Current in The Coastal Area Between Dubrovnik and Bar. In *Proceeding of 8th International Maritime Science Conference, Budva, Montenegro, 11–12 April 2019*.



Leith, W. & Simpson, D.W. (1986): Earthquakes related to active salt doming near Kulyab, Tadjikistan, USSR. *Geophysical reaserch letters*, vol. 13, No. 10, 1019-1022.

Loeblich, A.R. & Tappan, H. (1987): *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold, New York, 970.

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.

Lučić, I. (2012): Trebišnjica. Jučer najveća ponornica, danas tvornica struje, sutra...? *Ekonomska i Ekohistorija: Časopis Za Gospodarsku Povijest i Povijest Okoliša*, 8(1), 14–28.

Magaš, D., Faričić, J., Surić, M. (2001): Elaphites Islands - Physical-Geographical Characteristics in Function of Socio-Economical Development. *Geoadria*, 6.

Marković, B. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za List Dubrovnik K34 – 49, Zavod za geološka i geofizička istraživanja Beograd, Savezni geološki institut, Beograd.

Markušić, S. & Herak, M. (1999): Seismic Zoning of Croatia. *Nat. Hazards*, 18, 269–285. <https://doi.org/10.1023/A:1026484815539>.

Markušić, S. (2008): Seismicity of Croatia. In *Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries*; Husebye, E.S., Ed.; NATO Science Series IV: Earth/Environmental Sciences; Springer: Dordrecht, The Netherlands, v.81, 81–98, [doi.org/10.1007/978-1-4020-6815-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6815-7_5).

Meunier, A. (2003): *Clays*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Njemačka. 476.

Meyers, P.A. & Teranes, J.L. (2001): Sediment organic matter. In: Last, W.M., Smol, J.P. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods, Developments in Paleoenvironmental Research Vol. 2*, Springer, 239-269.

Micallef, A., Le Bas, T.P., Huvenne, V.A.I., Blondel, P., Hühnerbach, V., Deidun, A. (2012): A Multi-Method Approach for Benthic Habitat Mapping of Shallow Coastal Areas with High-Resolution Multibeam Data. *Cont. Shelf Res.*, 39–40, 14–26.

Micallef, A., Spatola, D., Caracausi, A., Italiano, F., Barreca, G., D'Amico, S., Petronio, L., Coren, F., Facchin, L., Blanos, R., Pavan, A., Paganini, P., Taviani, M. (2019): Active

degassing across the Maltese Islands (Mediterranean Sea) and implications for its neotectonics. *Marine and Petroleum Geology*, 104, 361-374.

Milanović, P. T. (2000): Geological engineering in karst : dams, reservoirs, grouting groundwater protection, water tapping, tunneling. Zebra Publishing Ltd. 347.

Milanović, P. T. (2006): Karst istočne Hercegovine i Dubrovačkog priobalja. Asocijacija Speleoloških Organizacija Srbije: Beograd, 362.

Milanović, P. (2014): Field trip 1- Bosnia & Herzegovina: the Popovo Polje – the Vjeternica Cave – Croatia: the Palata Spring – the Mali Zaton Bay – The Ombla Spring – Dubrovnik Old Town and fortress (UNESCO heritage site) – the Dubrovnik (Plat) HEP – Konavoski Dvori (the Ljut. In P. Milanović, Z. Stevanović, & M. Čokorilo, I. (Eds.), *FIELD Trip Guide: Trebinje, June 2014.* – Beograd: DIKTAS Project: Faculty of Mining and Geology, Department for Hydrogeology, 69.

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. *Seismic Stratigraphy — Applications to Hydrocarbon Exploration* 165,117–134. doi:10.1038/272400a0

Monroe, W.H. (1970): Glossary of Karst Terminology, 1st ed.; Geological Survey Water Supply Paper: Washington, DC, USA, 29.

Murray-Wallace, C.V. & Woodroffe, C.D. (2014): Quaternary Sea-Level Changes — A Global Perspective. Cambridge University Press, Cambridge, 484.

Nanson, R., Arosio, R., Gafeira, J., Dove, D., Guinan, J., McNeil, M., Bjarnadóttir, L., Dolan, M., Post, A. and S. Nichol. 2022. A two-part seabed geomorphology classification scheme: Part 2 Geomorphology - Version 0.9. Distributed 14th June 2022.

Natević, LJ., Petrović, V. (1967): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Trebinje L34-37, Geološki zavod Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.

Natević, LJ. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Trebinje K34-37, Institut za geološka istraživanja Sarajevo, Savezni geološki zavod, Beograd.

Pamić, J., Gušić, I., Jelaska, V. (1998): Geodynamic evolution of the Central Dinarides. *Tectonophysics*, 297, 251–268. [papers2://publication/uuid/223C01A0-EE1A-4648-B4B2-3E25F48BA7E1](https://doi.org/10.1016/S0040-3855(98)00171-1)

Pavelić, D., Kovačić, M., Vlahović, I., Wacha, L. (2011): Pleistocene calcareous aeolian-alluvial deposition in a steep relief karstic coast belt (Island of Hvar, eastern Adriatic, Croatia). *Sediment Geology* 239, 64-79.

Pavelić, D., Kovačić, M., Vlahović, I., Mandić, O., Marković, F., Wacha, L. (2014): Topography controlling the wind regime on the karstic coast: late Pleistocene coastal calcareous sands of eastern mid-Adriatic, Croatia. *Facies* 60, 843-863.

Pawłowsky-Glahn, V., Egozcue, J.J., Tolosana-Delgado, R. (2015): Modeling and analysis of compositional data, 1st ed. John Wiley & Sons: Chichester, UK, 272. <https://doi.org/10.1002/9781119003144>.

Peakall, J., McCaffrey, B., Kneller, B., 2000. A process model for the evolution, morphology, and architecture of sinuous submarine channels. *Journal of Sedimentary Research* 70, 434–448.

Pérez-Peña, J.V., Azor, A., Azañón, J.M., Keller, E.A. (2010): Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. *Geomorphology* 119, 74-87.

Pikelj, K., & Juračić, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast. *Journal of Coastal Research*, 289, 944–957. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-12-00136.1>

Plummer, C.C., Carlson, D.H., Hammersley, L. (2015): *Physical Geology*, 15th ed. New York, USA: McGraw-Hill Education, 672.

Prelogović, E., Pribičević, B., Ivković, Ž., Dragičević, I., Buljan, R., Tomljenović, B. (2004): Recent structural fabric of the Dinarides and tectonically active zones important for petroleum-geological exploration in Croatia. *Nafta*, 55, No. 4, 155-161, Zagreb.

Prifti, I., Durmishi, Ç., Dorre, P. i Boçari, A. (2013): Evaporite diapirism and its contribution to tectonics regime of Albania. *Muzeul Olteniei Craiova. Oltenia. Studii și comunicări. Științele Naturii*, Tom. 29, No.2/2013, 19-27.

Prtoljan, B., Jamičić, D., Cvetko Tešović, B., Kratković, I., Markulin, Ž. (2007): The influence of Late Cretaceous synsedimentary deformation on the Cenozoic structuration of the middle Adriatic, Croatia. *Geodinamica Acta*, 20(5), 287–300. <https://doi.org/10.3166/ga.20.287-300>

Puig, P., Palanques, A., Martín, J., 2014. Contemporary sediment-transport processes in submarine canyons. *Annual review of marine science* 6, 53–77.

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., 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.

Raić, V., Papeš, J., Ahac, A., Korolija, B., Borović, I., Grimani, I., Marinčić, S. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Ston, K33-48. Geoinžinjering Sarajevo i Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Raić, V. & Papeš, J. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Ston K33-48, Geoinžinjering Sarajevo i Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Ramsay, P. (2017): Sub-bottom Profiling Acquisition Techniques in HYPACK®. Hypack, a xylem brand, Sounding Better.

Razum, I. (2018): Paleookolišni i tefrostratigrafski sedimentni zapisi kasnopleistocenskih i holocenskih okoliša otoka Mljeta. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 210 str.

Razum, I., Miko, S., Ilijanić, N., Petrelli, M., Röhl, U., Hasan, O., Giaccio, B. (2020): Holocene Tephra Record of Lake Veliko Jezero, Croatia: Implications for the Central Mediterranean Tephrostratigraphy and Sea Level Rise. *Boreas*, 49, 653–673. <https://doi.org/10.1111/bor.12446>.

Razum, I., Miko, S., Ilijanić, N., Hasan, O., Šparica Miko, M., Brunović, D., Pawlowsky-Glahn, V. (2020a): A compositional approach to the reconstruction of geochemical processes involved in the evolution of Holocene marine flooded coastal karst basins (Mljet Island, Croatia). *Appl. Geoch.*, 116, 104574. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104574>.

Razum, I., Lužar-Oberiter, B., Zaccarini, F., Babić, L., Miko, S., Hasan, O., Ilijanić, N., Beqiraj, E. i Pawlowsky-Glahn, V. (2021): New Sediment Provenance Approach Based on Orthonormal Log Ratio Transformation of Geochemical and Heavy Mineral Data: Sources of

Eolian Sands from the Southeastern Adriatic Archipelago. *Chem. Geol.*, 583, 120451. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120451>.

Reimer, P.J., Edouard Bard, B., Alex Bayliss, B., Warren Beck, B.J., Paul Blackwell, B.G., Christopher Bronk Ramsey, B. (2013): IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years Cal Bp. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.

Roglić J., (1975.): *Geološka osnova (istočne Hrvatske), Geografija Hrvatske (knjiga 3.)*, Školska knjiga, Zagreb, 17.

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>.

Ronchi, L., Fontana, A., Correggiari, A., Remia, A. (2019): Anatomy of a transgressive tidal inlet reconstructed through high-resolution seismic profiling. *Geomorphology*, 343, 65–80. doi: 10.1016/j.geomorph.2019.06.026

Rovere, A., Raymo, M.E., Vacchi, M., Lorschied, T., Stocchi, P., Gómez-Pujol, L., Harris, D.L., Casella, E., O’Leary, M.J. i Hearty, P.J. (2016): The analysis of Last Interglacial (MIS 5e) relative sea-level indicators: Reconstructing sea-level in a warmer world. *Earth Sci. Rev.*, 159, 404–427.

Ruszkiczay-Rüdiger, Z., Kern, Z., Temovski, M., Madarász, B., Milevski, I., Braucher, R. i ASTER Team (2020): Last deglaciation in the central Balkan Peninsula: Geochronological evidence from the Jablanica Mt. (North Macedonia). *Geomorph. Elsevier*, 351, 106985. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.106985>.

Salvany, J.M. (2004): Tilting neotectonics of the Guadiamar drainage basin, SW Spain. *Earth Surf. Proc. Land*. 29, 145-160.

Sangree, J.B. & Widmier, J.M. (1979): Interpretation of depositional facies from seismic data. *Geophysics*, 44(2), 131-160. doi:10.1190/1.1440957

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](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(03)00043-6)

Schoenbohm, L.M., Whipple, K.X., Burchfiel, B.C. i Chen, L. (2004): Geomorphic constraints on surface uplift, exhumation, and plateau growth in the Red River region, Yunnan Province, Chin. *Geol. Soc. Am. Bull.* 116, 895-909.

Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S. i 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.

Scisciani, V. & Esetime, P. (2017): The Triassic Evaporites in the Evolution of the Adriatic Basin. U: *Permo-Triassic Salt Provinces of Europe, North Africa and the Atlantic Margins, Tectonics and Hydrocarbon Potential*. Sonto, J.I., Flinch, J.F. i Tari, Gabor (ur.) Elsevier, Amsterdam, 632 str.

Scott, D.B., Medioli, F.S. i Schafer, C.T. (2001): *Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebians Indicators*. Cambridge University Press, 193.

Shackleton, N. J., & Opdyke, N. D. (1973): Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 105 Year and 106 Year Scale. *Quaternary Research*, 3(01), 39–55. doi:10.1016/0033-5894(73)90052-5.

Sheriff, R.E. & Geldart, L.P. (1995): *Exploration Seismology*, 2nd ed. Cambridge University Press., 592.

Siani, G., Magny, M., Paterne, M., Debret, M., i Fontugne, M. (2013): Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea. *Climate of the Past*, 9(1), 499–515. doi:10.5194/cp-9-499-2013

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., Rohling, E.J., Thompson, W.G. i 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>.

Skok, P. (1950): *Slavenstvo i romanstvo na jadranskim otocima*. Jadranski institut JAZU, Zagreb, 338.

Stevanović, Z., Kukurić, N. i Treidel, H. (2012): Characterization of Transboundary Aquifers in Dinaric Karst-A Base for Sustainable Water Management at Regional and Local Scale. In Proceedings of IAH 2012 Congress, Niagara Falls, Canada, 16-21 September 2012; v. 10.

Stoker, M.S., Pheasant, J.B. i Josenhans, H. (1997): Seismic Methods and Interpretation. U: Glaciated Margins: An Atlas of Acoustic Images. Springer Netherlands, 9-26.

Surić, M. (2002): Submarine karst of Croatia—evidence of former lower sea levels. *Acta Carsologica*, 31, 89–98. <https://doi.org/10.3986/ac.v31i3.381>.

Surić, M. (2005): Submerged karst—dead or alive? Example from the Eastern Adriatic coast (Croatia). *Geoadria*, 10, 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): Rekonstruiranje Promjena Morske Razine Na Istočnoj Obali Jadrana (Hrvatska)—Pregled, Reconstructing Sea-Level Changes on the Eastern Adriatic Sea (Croatia)—an Overview. *Earth*, 14, 181-200.

Surić, M. & Juračić, M. (2010): Late Pleistocene-Holocene Environmental Changes-Records from Submerged Speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia). *Geologia Croatica*, 63, 155–169. <https://doi.org/10.4154/gc.2010.13>.

Šegota, T. & Filipčić, A. (2003): Köppen's classification of climates and the problem of corresponding Croatian terminology. *Geoadria*, 8(1), 17–37. [http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=14843](http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=14843)

Šumanovac, F. (2022): Lithosphere Structure of the Southern Dinarides and Continuity of the Adriatic Lithosphere Slab Beneath the Northern Dinarides Unravelling by Seismic Modeling. *Geosciences*, 12, 439. <https://doi.org/10.3390/geosciences12120439>.

Šundov, M. (2012): Geomorfologija Konavala, Dubrovačkog Primorja, Elafita i Pelješca; Merdijani: Samobor, Croatia, 186.

Tari, V. (2002): Evolution of the Northern and Western Dinarides: a Tectonostratigraphic Approach. In: Stephan Mueller Special Publication Series, vol. 1, 223-236.

Tari, G., Dellmour, R., Rodgers, E., Sultan, S., Al Atabi, A., Daud, F. i Salman, A. (2014): Seismic expression of salt tectonics in the Sab'atayn Basin, onshore Yemen. *Interpretation*, vol. 2, No. 4, 91-100.

Taviani, M. (1984): Submarine 'sinkholes': a review, in: *Proceedings of the First Multidisciplinary Conference on Sinkholes. Presented at the Sinkholes: Their Geology, Engineering and Environmental Impact*, pp. 117–121.

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). *JCKS* 74, 197–212. <https://doi.org/10.4311/2011JCKS0204>

Tišljarić, J., Vlahović, I., Velić, I. i Sokač, B. (2002): Carbonate platform megafacies of the jurassic and cretaceous deposits of the karst dinarides. *Geologia Croatica*, 55(2), 139–170. <https://doi.org/10.4154/GC.2002.14>

Tribouillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T. i Riboulleau, A. (2006): Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. *Chemic. Geol.*, 232, 12–32.

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](https://doi.org/10.1016/S0304-4203(02)00116-0).

Vail, P.R., Mitchum, R.M. i Thompson, S.III, (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 4: Global cycles of relative changes of sea level. U: *Seismic stratigraphy – Application to Hydrocarbon Exploration*. A.A.P.G. Mem. 26, 83-97. Tulsa.

Veeken, P.C.H. (2007): *Seismic stratigraphy, basin analysis and reservoir characterisation*. Elsevier, v.37, 509.

Veseli, V. (1999): *Facijesi karbonatnih sedimenata mlađeg mezozoika i paleogena u pučinskim bušotinama sjevernog Jadrana*. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološkonaftni fakultet, Sveučilište Zagreb, 306.

Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I. i Matičec, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, Main Events and Depositional Dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011>.

Von Richthofen, F. (1901): *Fuhrer für Forchungsreisende*. Hannover, Germany: Verlag Von Gebrudek Janecke, 734.



Vranješ, M., Prskalo, M., i Džeba, T. (2013). Hidrologija i hidrogeologija sliva Neretve i Trebišnjice, Osvrt na izgradnju dijela HE sustava - Gornji horizonti. *Electronic Collection of Papers of the Faculty of Civil Engineering.*, 5, 1–23.

Waelbroeck, C., Labeyrie, L., Michel, E., Duplessy, J.C. i Mcmanus, J.F. (2002): Sea-Level and Deep Water Temperature Changes Derived from Benthic Foraminifera Isotopic Records. *Quat. Sci. Rev.*, 21, 295–305.

Walker, M. (2005): *Quaternary Dating Methods*. John Wiley & Sons, 286.

Wunsam, S., Schmidt, R. i Müller, J. (1999): Holocene Lake Development of Two Dalmatian Lagoons (Malo and Veliko Jezero, Isle of Mljet) in Respect to Changes in Adriatic Sea Level and Climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 146 (1–4), 251–81. doi:10.1016/S0031-0182(98)00147-3.

Zecchin, M., Ceramicola, S., Lodolo, E., Casalbore, D. i Chiocci, F.L. (2015): Episodic, Rapid Sea-Level Rises on the Central Mediterranean Shelves after the Last Glacial Maximum: A Review. *Mar. Geol.*, 369, 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.09.002>.

Zhao, D., Wang, M. i Liu, Z. (2020): Chapter 4 Side-scan Sonar and Sub-bottom Profiler Surveying. U knjizi: *High-resolution Seafloor Survey and Applications*. Izdavač: Springer jointly published with Science Press, 95-122.

Žebre, M., Sarıkaya, M.A., Stepišnik, U., Yıldırım, C. i Çiner, A. (2019): First <sup>36</sup>Cl cosmogenic moraine geochronology of the Dinaric mountain karst: Velež and Crvanj Mountains of Bosnia and Herzegovina. *Quat. Sci. Rev.*, 208, 54–75.

Internet izvor:

<https://www.esri.com/en-us/home>

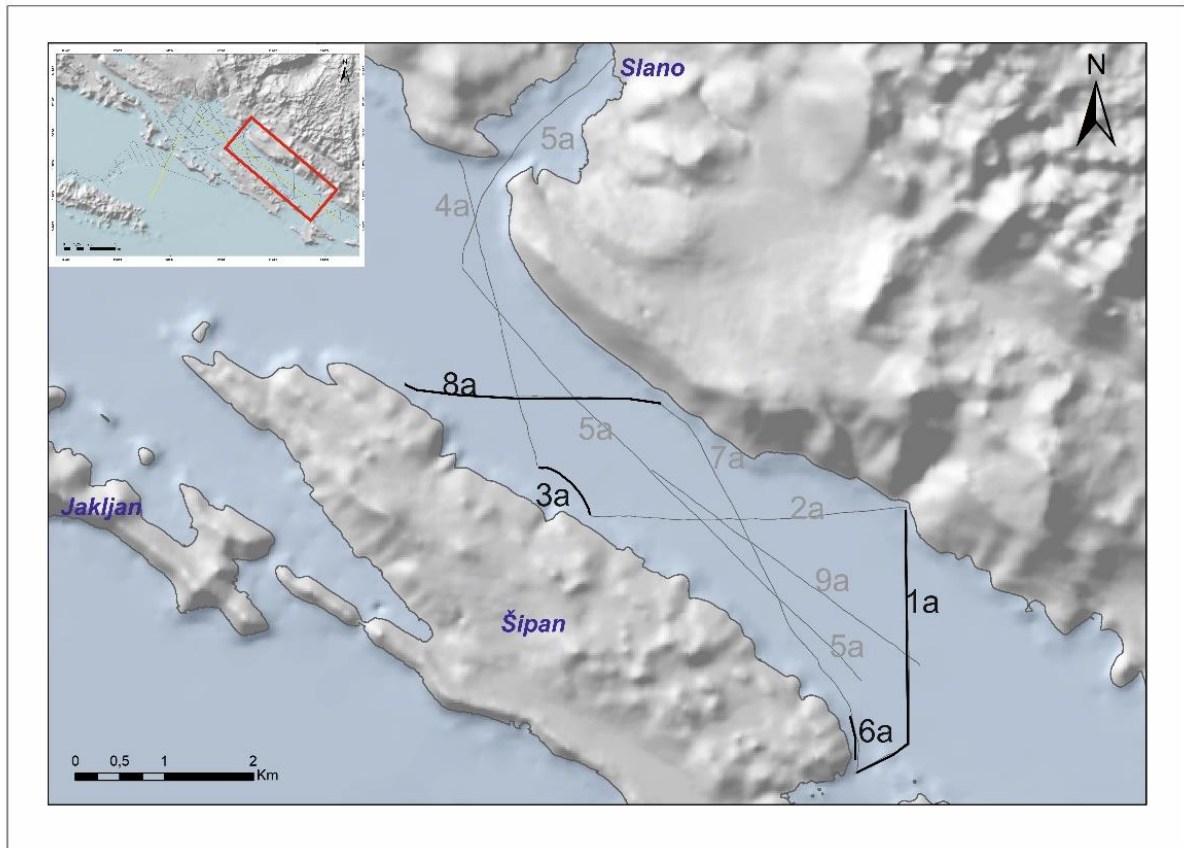
<https://dgu.gov.hr/>

[https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_podaci&param=k1&Grad=dubrovnik](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci&param=k1&Grad=dubrovnik)

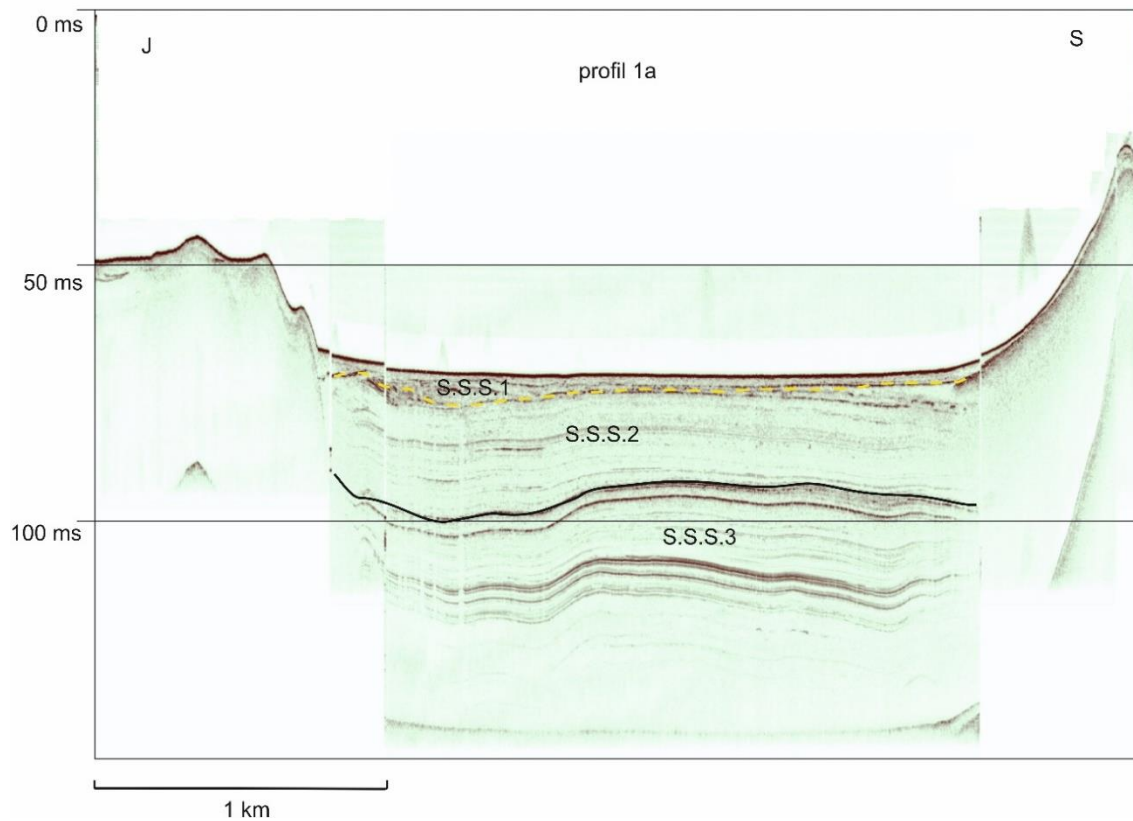
[http://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_podaci&param=k2\\_1&Godina=2022](http://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci&param=k2_1&Godina=2022)

<http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/karta.php>

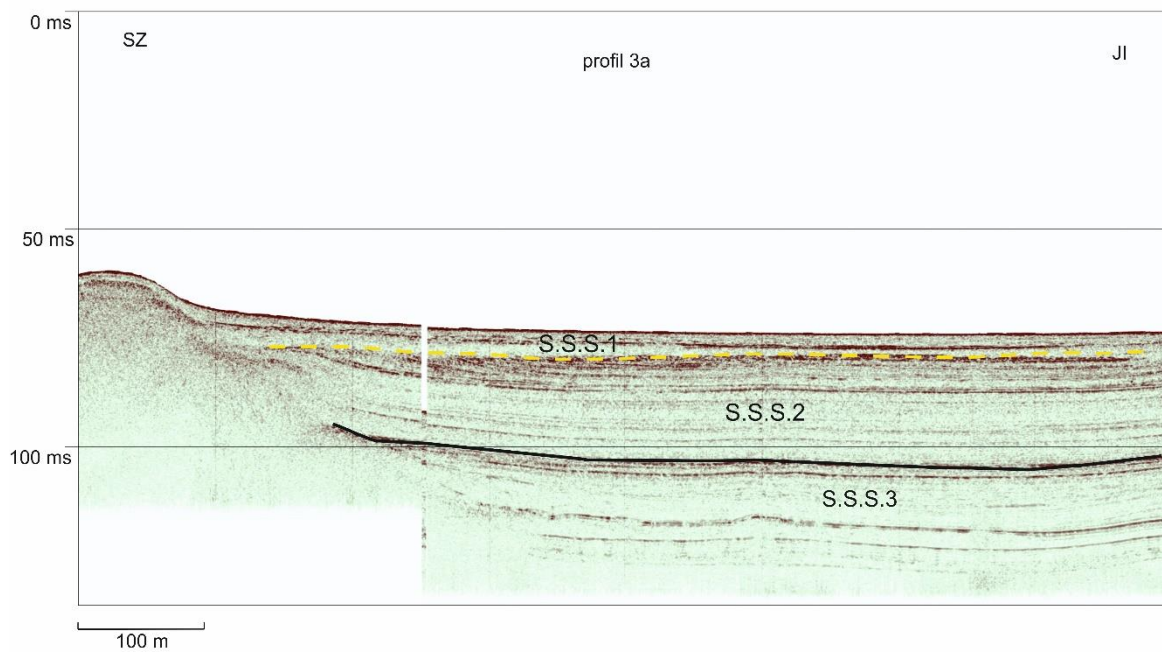
## 11. PRILOZI



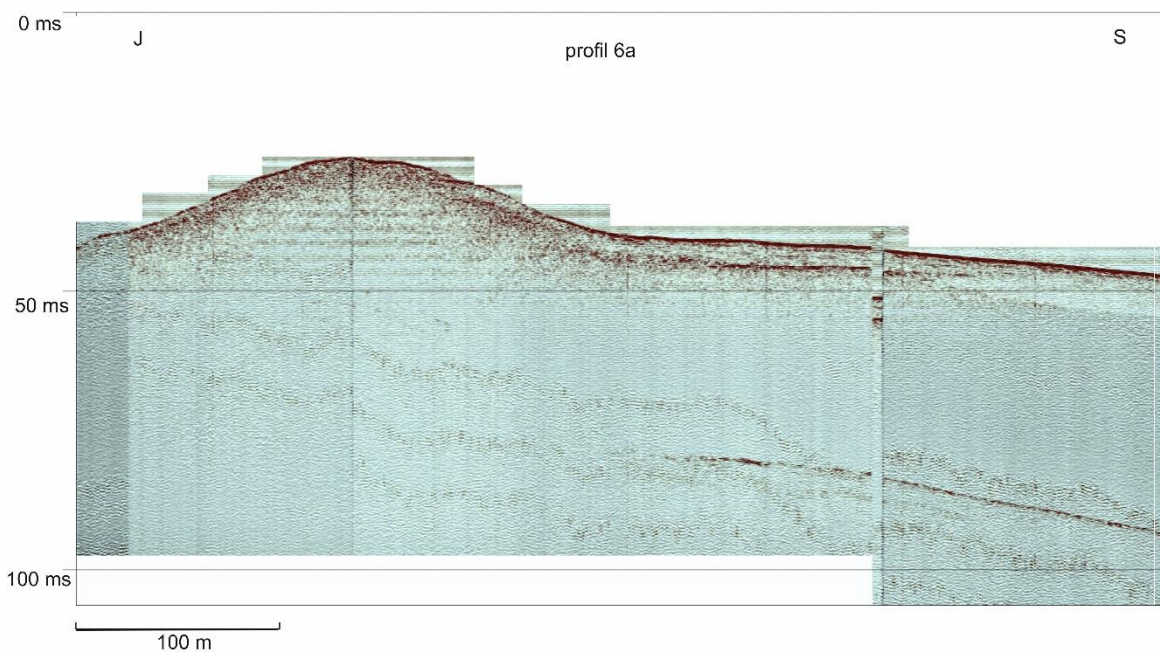
*Prilog 1. Tragovi profila visoke rezolucije u južnom dijelu Koločepskog kanala. Profili istaknuti crnim linijama su prikazani u daljnjem slijedu priloga. Sivim linijama su istaknuti profili koji su prikazani u rezultatima.*



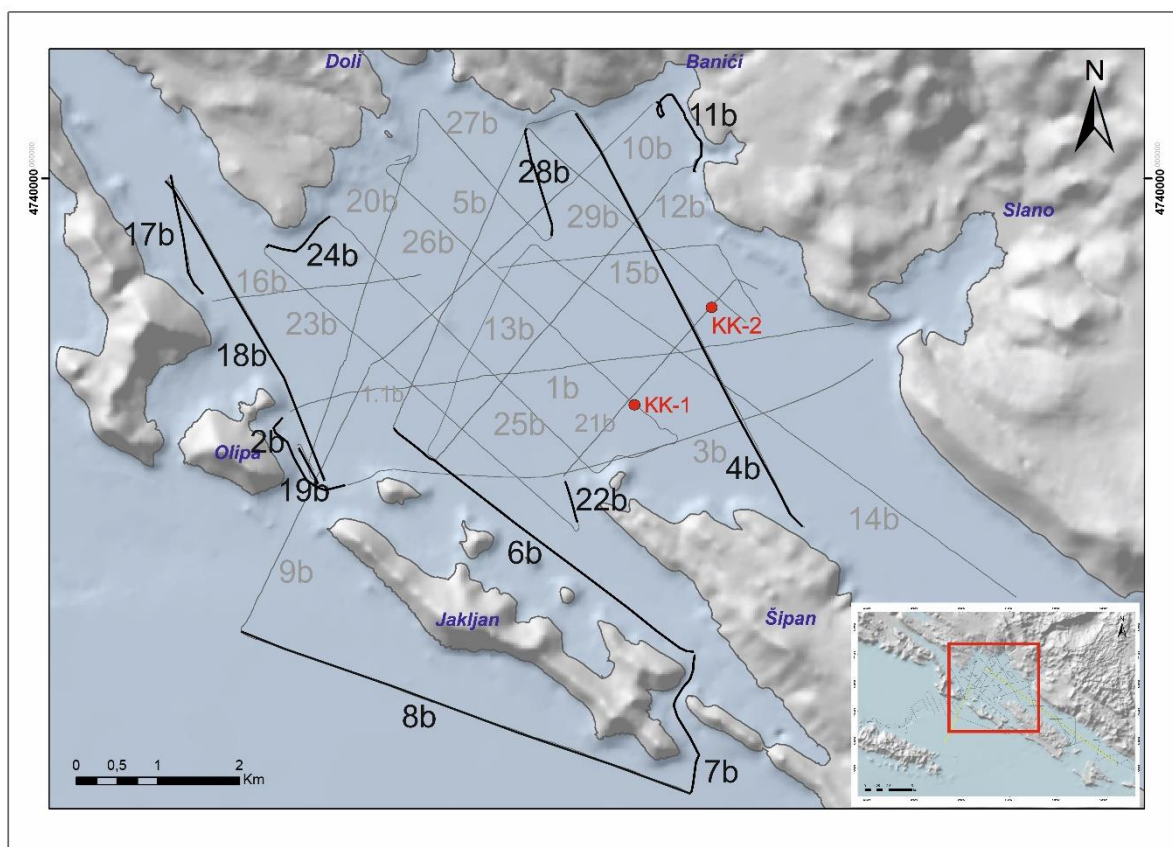
*Prilog 2. Seizmički profil 1a visoke rezolucije.*



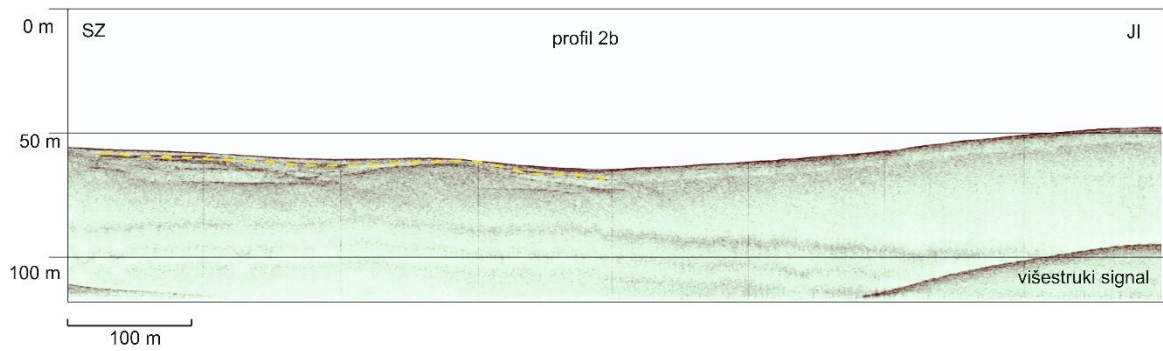
*Prilog 3. Seizmički profil 3a visoke rezolucije.*



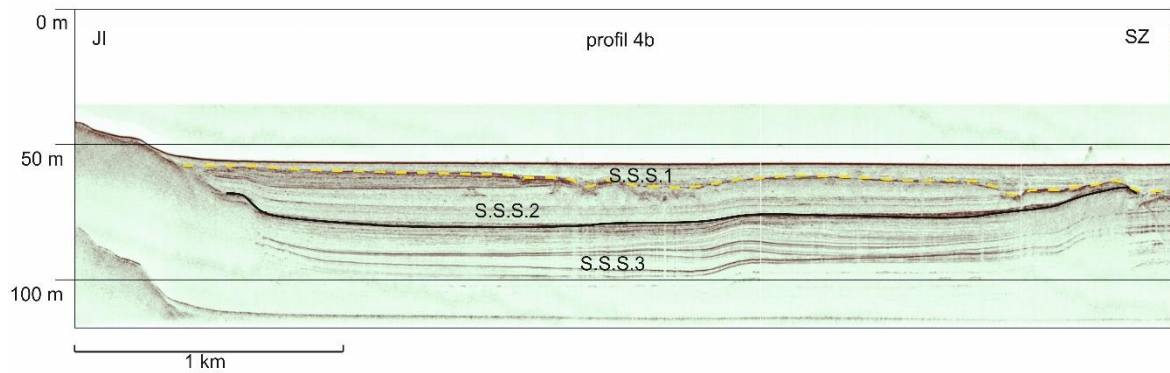
Prilog 4. Seizmički profil 6a visoke rezolucije.



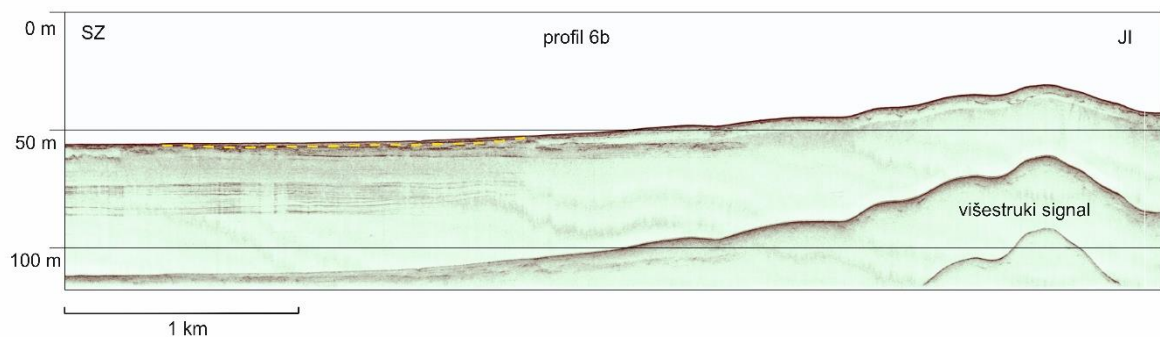
Prilog 5. Tragovi profila visoke rezolucije u srednjem dijelu Koločepskog kanala. Profili istaknuti crnim linijama su prikazani u daljnjem slijedu priloga. Sivim linijama su istaknuti profili koji su prikazani u rezultatima.



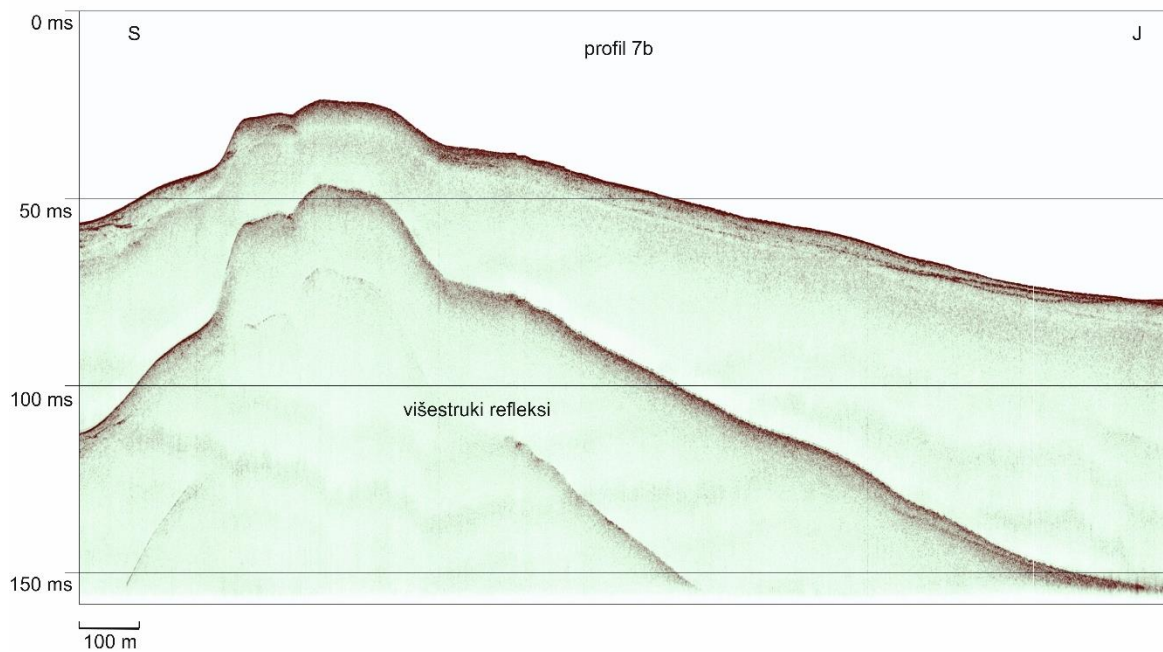
*Prilog 6. Seizmički profil 2b visoke rezolucije.*



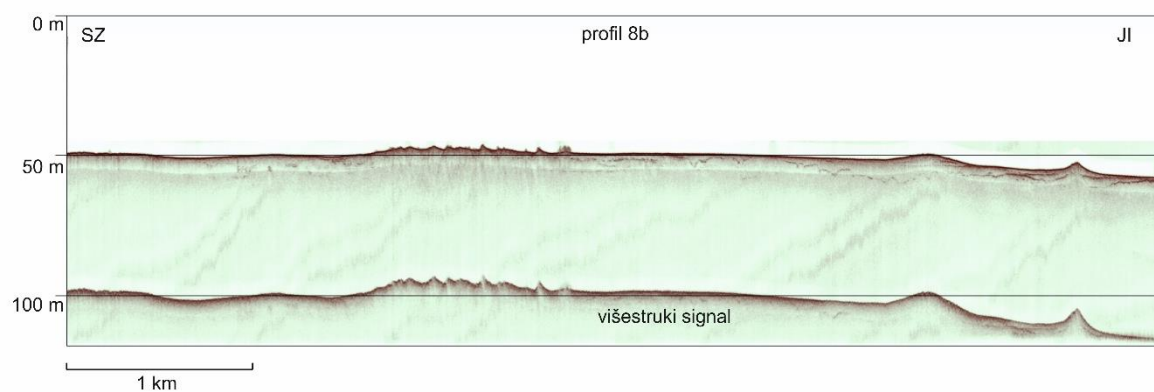
*Prilog 7. Seizmički profil 4b visoke rezolucije.*



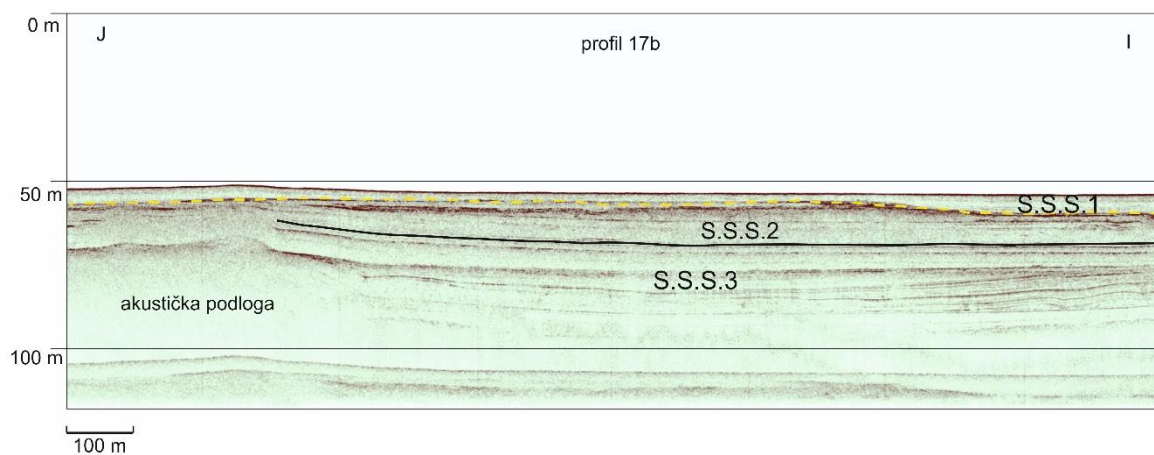
*Prilog 8. Seizmički profil 6b visoke rezolucije.*



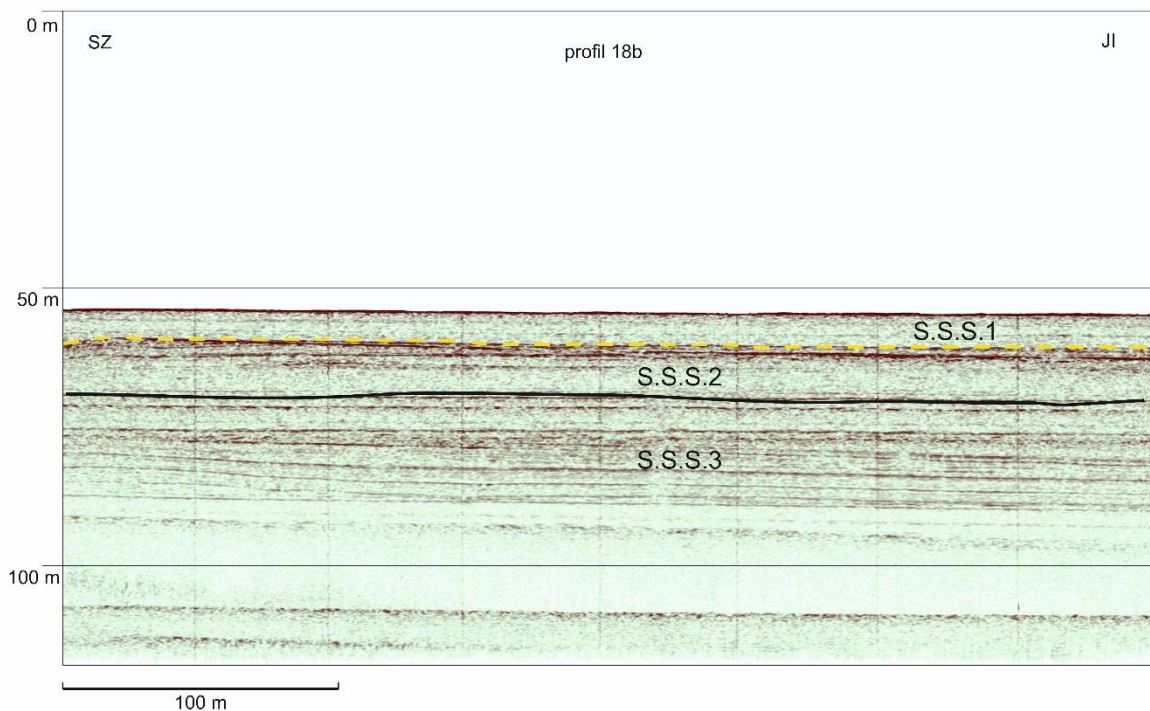
Prilog 9. Seizmički profil 7b visoke rezolucije.



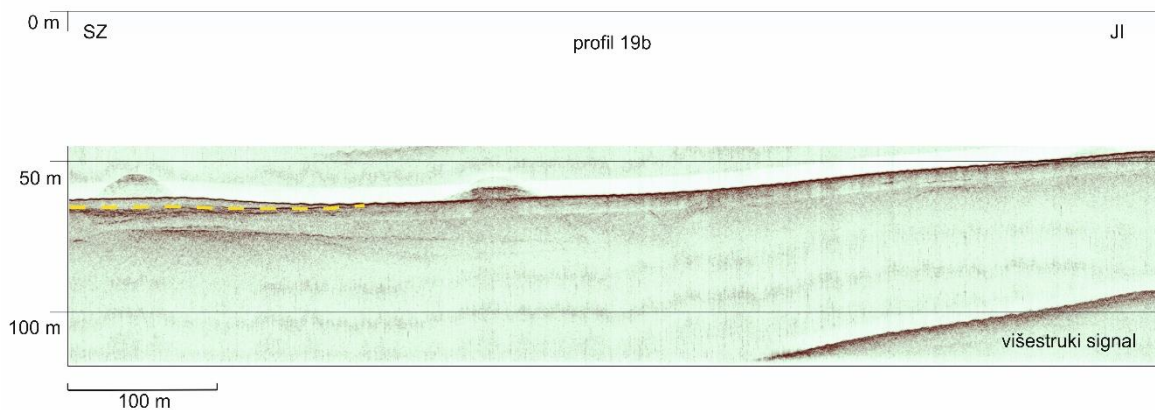
Prilog 10. Seizmički profil 8b visoke rezolucije.



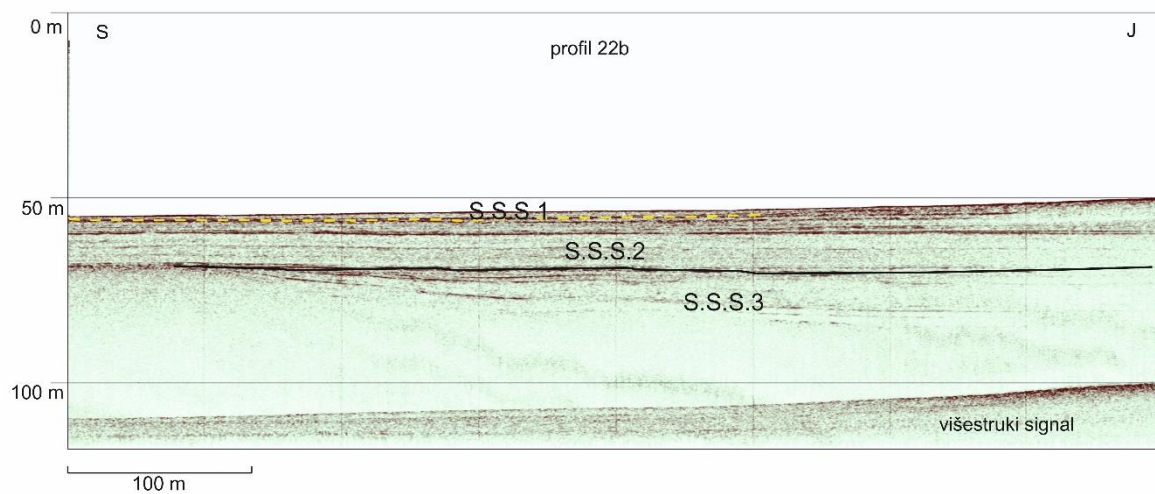
Prilog 11. Seizmički profil 17b visoke rezolucije.



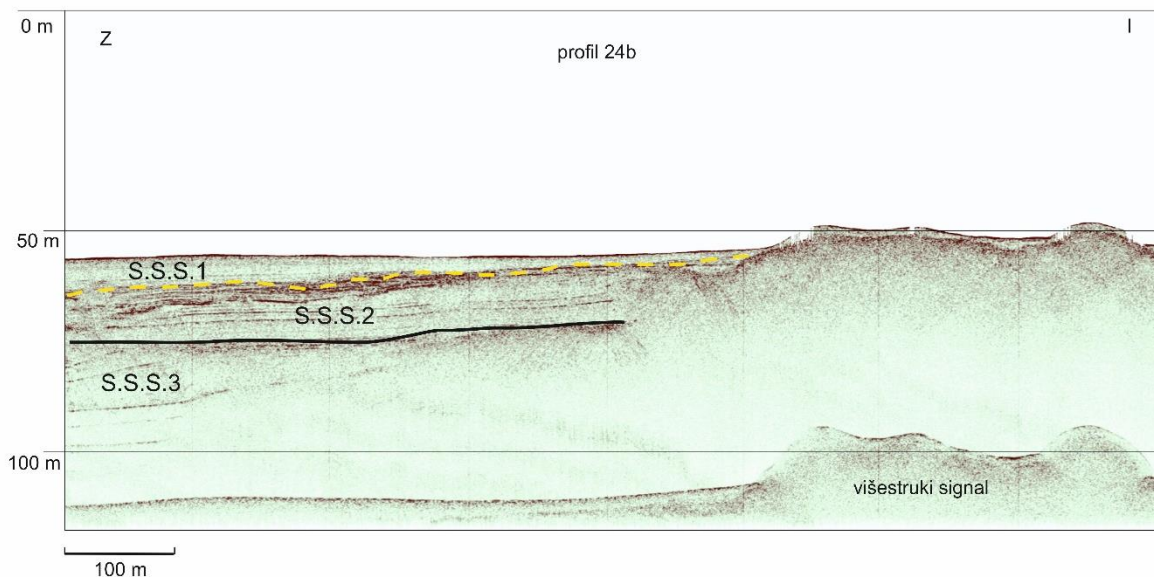
*Prilog 12. Seizmički profil 18b visoke rezolucije.*



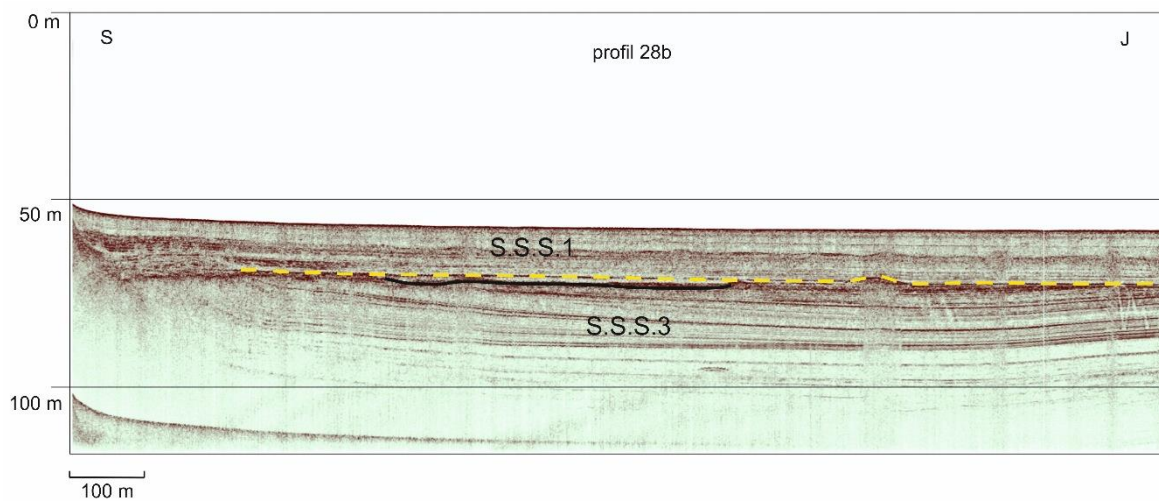
*Prilog 13. Seizmički profil 19b visoke rezolucije.*



*Prilog 14. Seizmički profil 22b visoke rezolucije.*

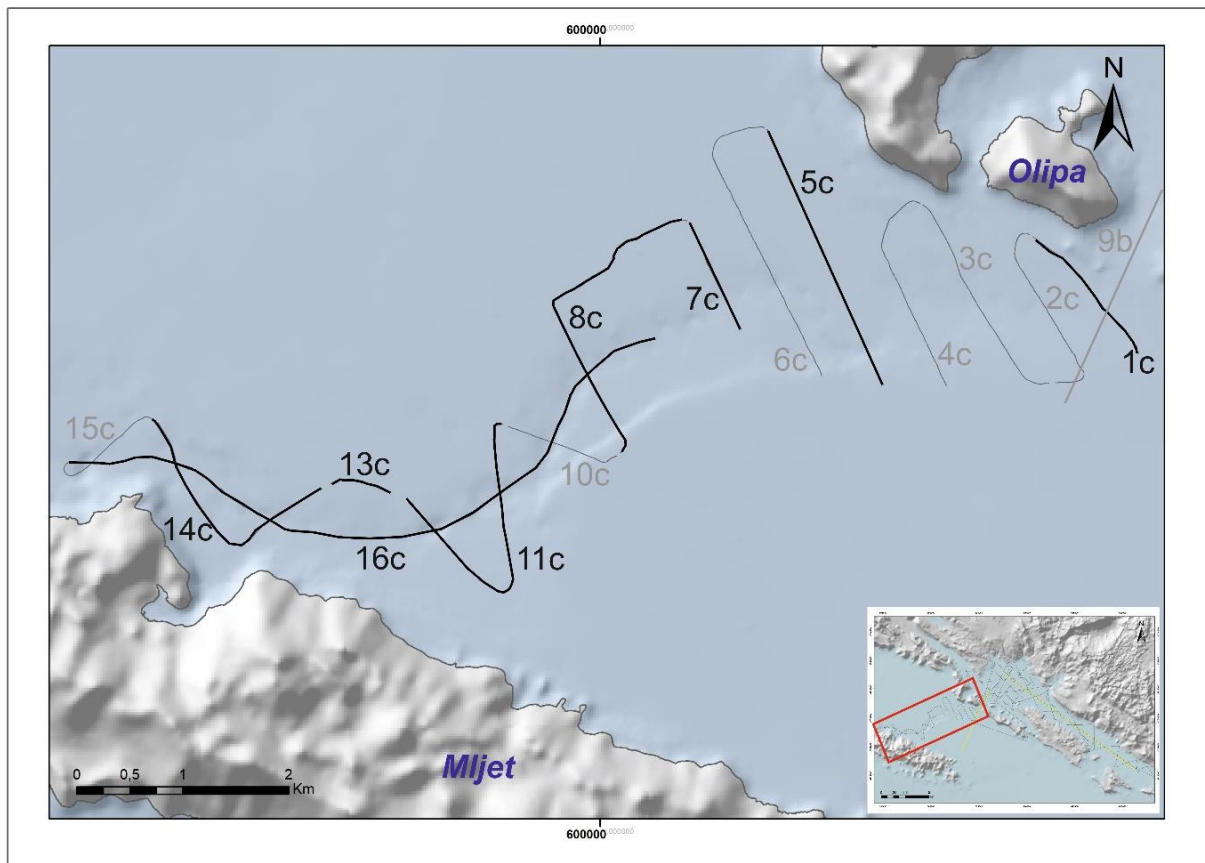


*Prilog 15. Seizmički profil 24b visoke rezolucije.*

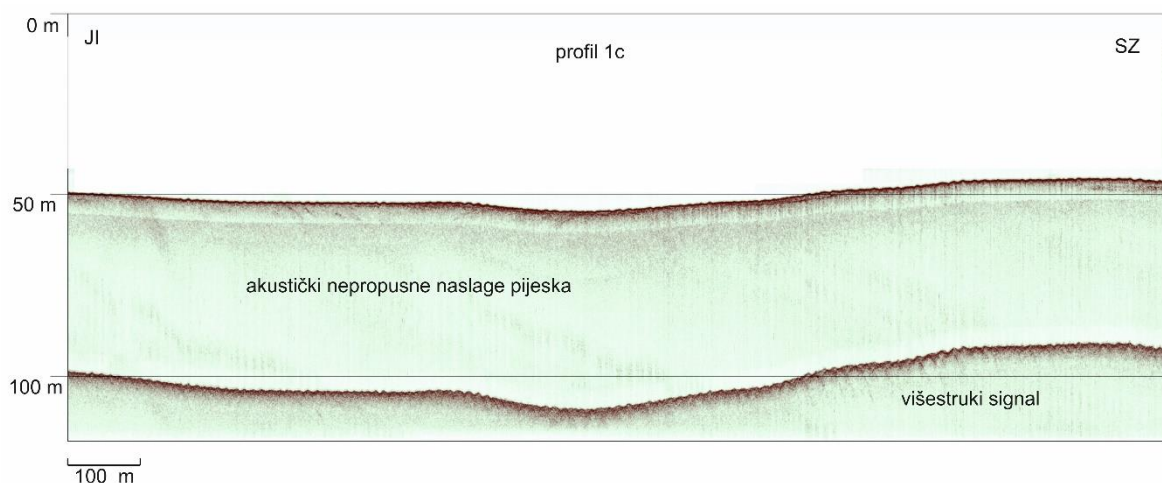


*Prilog 16. Seizmički profil 28b visoke rezolucije.*

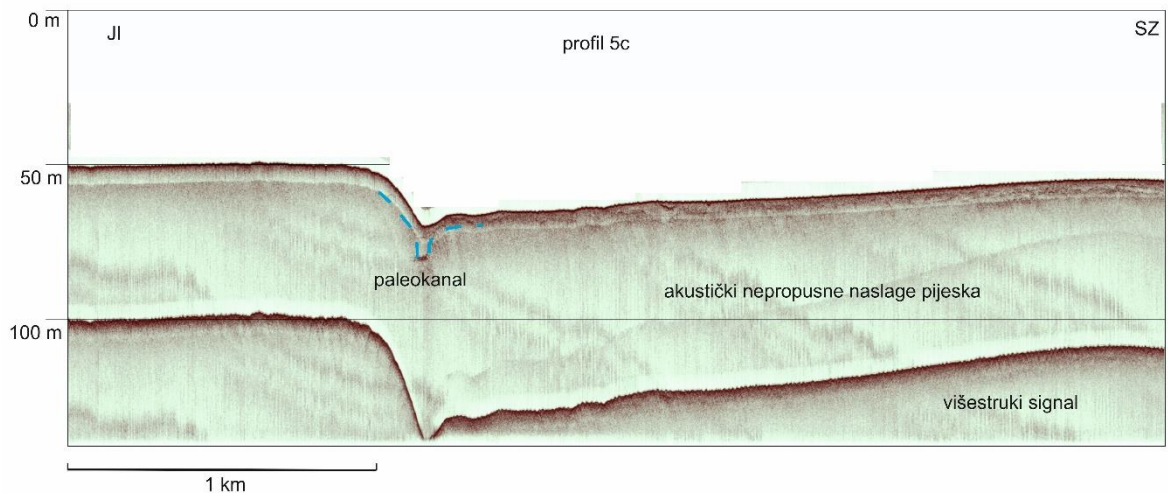




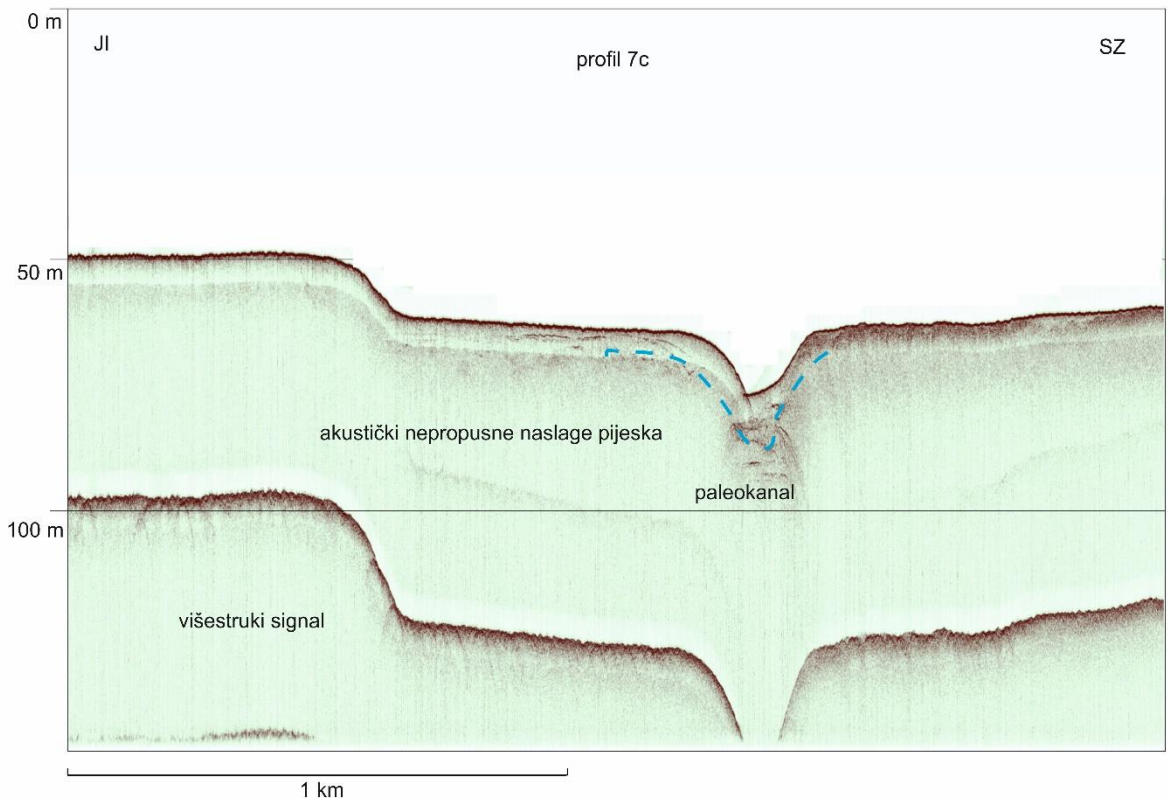
*Prilog 17. Tragovi profila visoke rezolucije u izvan Koločepskog kanala u Mljetskom kanalu. Profili istaknuti crnim linijama su prikazani u daljnjem slijedu priloga. Sivim linijama su istaknuti profili koji su prikazani u rezultatima.*



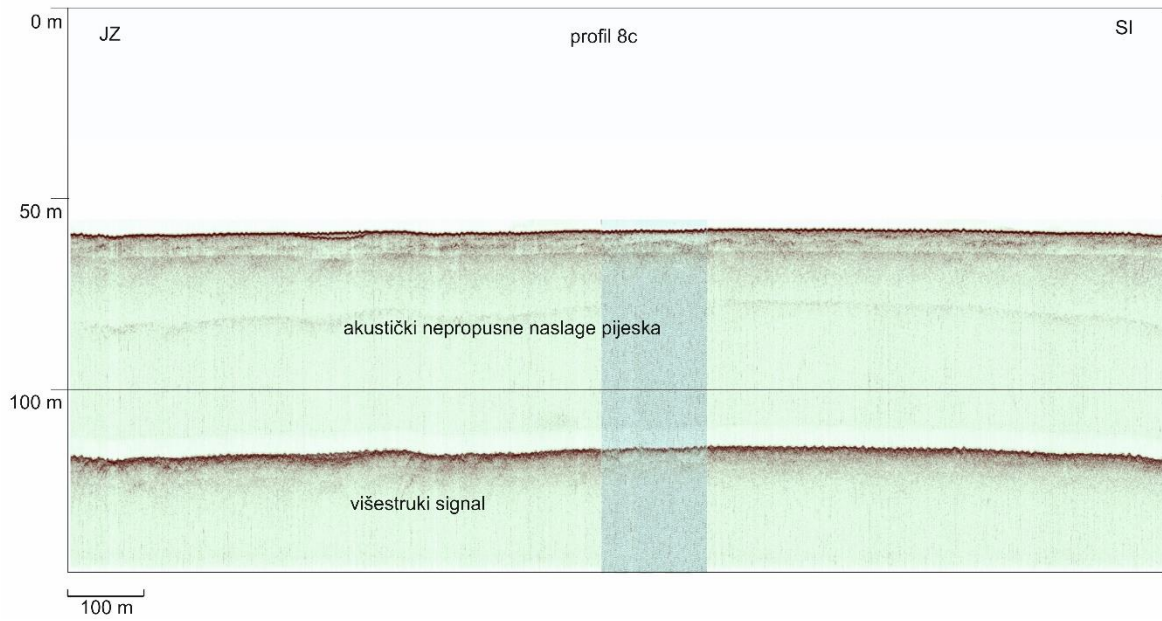
*Prilog 18. Seizmički profil 1c visoke rezolucije.*



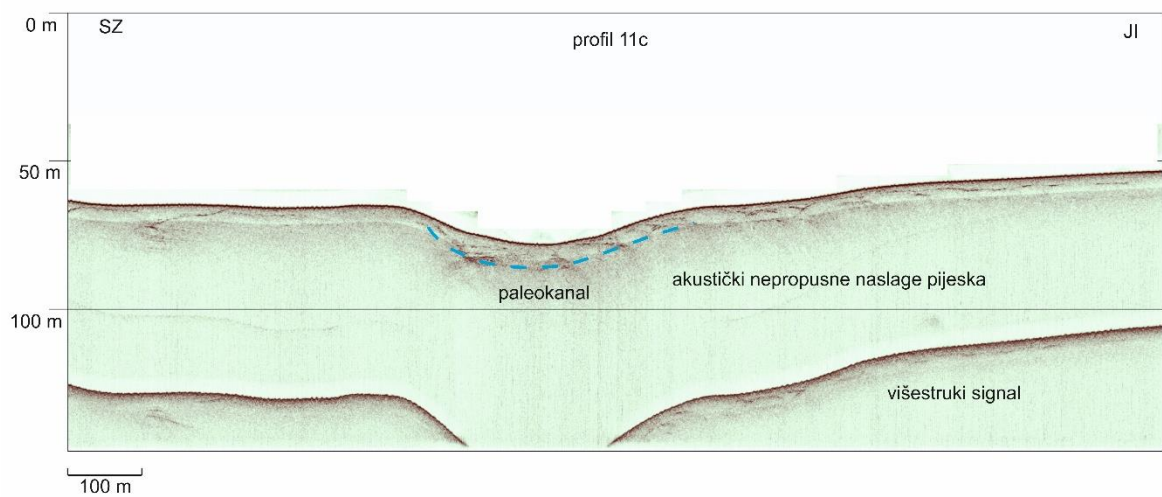
*Prilog 19. Seizmički profil 5c visoke rezolucije.*



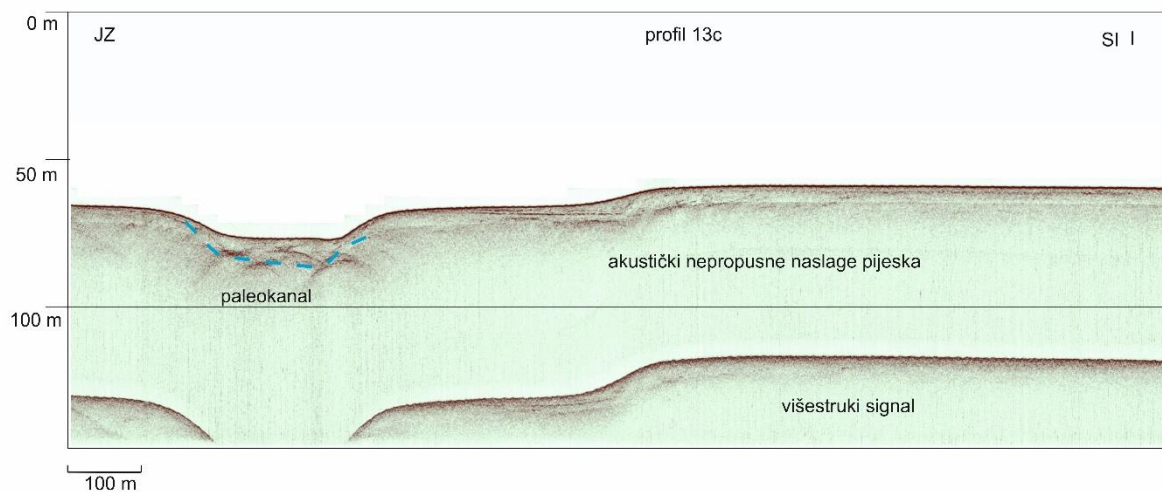
*Prilog 20. Seizmički profil 7c visoke rezolucije.*



Prilog 21. Seizmički profil 8c visoke rezolucije.



Prilog 22. Seizmički profil 11c visoke rezolucije.



Prilog 23. Seizmički profil 13c visoke rezolucije.



Prilog 26. Vrijednosti magnetskog susceptibiliteta i mjerenja spektralne analize u jezgrama KK-1 i KK-2.

Dubina jezgre (cm)	Jezgra KK-1				Jezgra KK-2			
	MS	L*	a*	b*	MS	L*	a*	b*
0-1	33,1	44,89	0,43	9,51	38,2	41,20	0,21	7,70
1-2	32,8	45,12	0,33	9,53	37,7	43,23	-0,09	9,09
2-3	33,7	43,71	0,12	7,81	37,9	42,93	-0,14	9,29
3-4	34,2	45,09	0,14	8,96	36,6	43,89	-0,50	7,61
4-5	32,4	44,89	0,05	8,52	35,3	43,60	-0,36	8,33
5-6	31,1	45,87	0,02	8,41	35,8	43,37	-0,59	7,88
6-7	33,7	44,29	-0,37	7,54	38,8	42,30	-0,45	6,91
7-8	32,5	45,22	-0,21	7,97	34,8	44,33	-0,55	5,60
8-9	30,2	45,44	-0,05	8,77	36,7	43,51	-0,50	8,03
9-10	25,5	44,95	-0,13	8,27	37,1	43,68	-0,54	8,05
10-11	25,7	44,89	-1,15	6,21	37	43,71	-0,47	8,13
11-12	25,2	44,35	-1,26	6,37	37	43,90	-0,50	8,14
12-13	25,6	44,73	-1,31	6,42	38	43,57	-0,43	7,95
13-14	23,5	45,40	-1,23	7,21	37,5	43,90	-0,44	8,57
14-15	25,2	44,57	-1,27	6,52	36,3	43,37	-0,59	8,20
15-16	19,5	44,50	-1,35	6,47	35	44,20	-0,32	7,83
16-17	19,2	43,88	-1,28	6,18	38,7	43,81	-0,45	8,31
17-18	20,2	44,85	-1,28	6,54	37,8	44,05	-0,54	7,36
18-19	17,5	45,03	-1,43	6,43	38,6	43,90	-0,57	7,75
19-20	18,5	44,63	-1,52	5,88	37,6	43,55	-0,53	5,78
20-21	17,2	44,96	-1,45	6,17	37,4	44,29	-0,62	5,53
21-22	15,3	44,55	-1,41	6,34	37,3	43,96	-0,56	7,18
22-23	15,9	45,33	-1,62	6,16	147,1	43,68	-0,54	8,01
23-24	13	45,28	-1,51	6,19	35,2	43,76	-0,66	7,60
24-25	13,3	45,41	-1,35	6,31	36,8	43,37	-0,73	7,16
25-26	13	45,16	-1,34	6,34	36,3	43,83	-0,58	7,37
26-27	14,7	45,39	-1,42	6,33	35,6	43,89	-0,70	7,44
27-28	9,9	44,56	-1,41	5,10	36,3	43,70	-0,60	7,68
28-29	11,9	45,10	-1,48	4,85	36,6	43,61	-0,62	7,85
29-30	9,2	45,68	-1,30	6,46	36,2	44,16	-0,58	7,88
30-31	10,2	44,67	-1,76	6,10	35,6	43,60	-0,75	7,36
31-32	10,5	45,66	-0,93	6,41	36,3	44,48	-0,72	6,66
32-33	8,8	44,55	-0,96	5,17	36,2	43,68	-0,68	6,01
33-34	8,9	48,68	-0,55	6,66	37,9	44,13	-0,72	5,16
34-35	8,6	45,63	-1,93	6,01	35,6	44,07	-0,66	5,69
35-36	9	45,51	-1,09	6,67	37,3	44,06	-0,80	5,20
36-37	8,3	46,27	-1,06	6,40	36,2	43,46	-0,78	7,31
37-38	9	46,52	-0,59	6,30	33,4	44,20	-0,77	6,26
38-39	8,3	46,07	-1,95	5,52	35,9	43,43	-0,78	7,01
39-40	8,3	46,00	-0,99	6,67	34,5	43,48	-0,84	7,02
40-41	8,6	45,74	-1,16	6,71	32,5	43,14	-0,70	6,93
41-42	9,1	45,65	-1,98	5,55	33,2	44,23	-0,76	7,37
42-43	8,4	45,89	-1,93	5,81	33	43,94	-0,75	7,05
43-44	8,2	45,40	-1,98	5,48	33	43,86	-0,70	6,14

44-45	7,8	46,23	-1,74	4,56	31,5	43,73	-0,73	7,27
45-46	8,2	45,72	-2,15	5,12	31,9	44,36	-0,68	7,35
46-47	8	46,23	-2,16	5,36	32,9	43,73	-0,73	7,23
47-48	8	46,15	-2,06	5,78	-965,6	43,03	-0,66	5,62
48-49	7,9	45,46	-2,16	5,38	34,9	43,62	-0,75	7,16
49-50	8,1	46,35	-1,99	5,69	35,8	43,36	-0,73	7,03
50-51	8,5	45,58	-2,01	5,75	36,1	43,76	-0,79	7,04
51-52	8,5	45,93	-2,05	5,85	35,7	44,23	-0,76	7,02
52-53	8,7	45,25	-2,08	5,47	33,4	44,02	-0,74	7,14
53-54	8,7	45,63	-1,99	5,85	34,4	44,05	-0,73	7,26
54-55	8,1	45,87	-1,99	5,70	34,8	43,90	-0,76	7,15
55-56	8,4	45,74	-1,91	5,84	35,6	43,67	-0,74	7,10
56-57	9,1	45,66	-2,05	5,54	35,3	43,80	-0,65	7,25
57-58	8,9	44,68	-2,01	5,38	35,9	44,13	-0,65	7,23
58-59	8,8	45,67	-1,92	5,79	35,2	43,18	-0,76	6,93
59-60	9,1	45,33	-1,93	6,03	36,9	43,35	-0,73	6,89
60-61	9,2	44,78	-1,67	4,35	34,6	43,67	-0,67	6,92
61-62	9,5	44,78	-1,87	5,46	35,1	44,22	-0,70	7,17
62-63	9,2	45,30	-1,94	5,89	35,7	43,74	-0,66	7,15
63-64	8,9	44,47	-1,81	5,33	36,9	43,74	-0,66	7,08
64-65	8,4	45,15	-1,59	5,85	-963,5	43,42	-0,65	6,84
65-66	9,3	45,45	-1,84	5,73	35,5	43,87	-0,57	7,17
66-67	9	45,62	-1,81	6,08	-162,6	43,76	-0,65	7,47
67-68	9	45,02	-1,75	5,96	36,9	43,74	-0,59	7,36
68-69	9,3	45,12	-1,61	6,10	36,2	43,70	-0,60	7,39
69-70	9,2	45,29	-1,77	5,73	36,8	43,81	-0,65	4,91
70-71	9,9	45,05	-1,46	6,48	37,4	44,13	-0,59	5,22
71-72	9,6	45,03	-1,56	6,00	35,9	43,57	-0,56	7,42
72-73	11,1	45,13	-1,41	6,26	35,4	43,61	-0,68	7,31
73-74	11	44,44	-1,43	6,10	36	43,76	-0,66	7,46
74-75	11	44,22	-1,28	6,53	35,1	43,89	-0,57	6,88
75-76	11,7	44,57	-1,27	6,49	35,8	43,96	-0,62	7,60
76-77	11,7	44,37	-1,31	6,28	33,5	44,02	-0,61	6,86
77-78	12	44,56	-1,21	6,60	34,3	43,73	-0,66	7,23
78-79	12,9	43,95	-1,21	5,56	33,8	43,51	-0,64	7,00
79-80	12	44,35	-1,28	5,96	32,7	43,43	-0,58	5,96
80-81	12,1	44,67	-1,26	6,36	35,4	43,58	-0,62	7,66
81-82	12,6	44,39	-1,31	6,37	33,6	43,70	-0,60	7,50
82-83	13,5	43,85	-1,16	6,17	26,4	44,22	-0,51	7,83
83-84	13,7	44,23	-1,28	6,44	26,7	44,35	-0,74	5,03
84-85	14,1	44,23	-1,22	6,51	24,8	44,82	-0,66	4,59
85-86	14,7	44,06	-1,18	5,13	26,4	44,25	-0,57	7,12
86-87	15,1	43,79	-1,24	6,55	28,9	44,16	-0,52	7,28
87-88	15	44,23	-1,28	6,68	25	44,89	-0,52	6,82
88-89	14	43,66	-1,07	5,71	25,2	44,22	-0,51	7,52
89-90	15,9	43,94	-1,08	6,42	23,7	44,36	-0,61	5,22
90-91	15,6	43,34	-1,06	4,50	22,6	44,10	-0,46	7,32
91-92	17	43,71	-1,06	5,54	15,9	44,22	-0,70	7,17
92-93	16,9	43,82	-1,10	6,25	14,3	44,18	-0,65	7,20
93-94	17	44,45	-0,97	6,84	12,2	44,32	-0,75	7,07
94-95	18,4	43,41	-0,92	6,84	12,4	44,69	-0,74	7,02
95-96	19,6	43,18	-0,82	6,26	10,4	44,66	-0,88	6,81

96-97	19,2	43,35	-0,86	5,69	9,7	44,83	-1,03	6,66
97-98	19,9	43,55	-0,76	7,00	9	45,11	-1,04	6,44
98-99	20,4	44,07	-0,76	7,52	8,8	44,98	-1,00	6,19
99-100	20,8	42,72	-0,78	4,59	9,6	45,15	-0,85	5,98
100-101	22	42,51	-0,95	4,15	10	44,69	-1,00	6,72
101-102	21,2	43,51	-0,76	6,09	9,1	44,63	-1,01	6,79
102-103	22	43,87	-0,76	5,71	9,3	44,93	-1,14	6,23
103-104	21,7	43,87	-0,70	6,13	8,5	44,93	-1,46	5,99
104-105	21,9	43,39	-0,85	6,47	8,4	45,55	-1,51	5,70
105-106	21,6	42,44	-0,77	6,24	8,8	43,94	-1,41	5,78
106-107	22	42,67	-0,72	6,37	8,4	44,07	-1,57	5,80
107-108	22,4	42,02	-0,77	6,08	8,3	44,18	-1,42	5,90
108-109	22	41,86	-0,80	5,95	8,3	44,93	-1,77	6,03
109-110	21,9	42,18	-0,75	4,36	8,2	43,96	-1,73	5,70
110-111	22,5	42,52	-0,82	4,80	8,9	44,45	-1,56	6,10
111-112	23,8	41,61	-0,78	5,93	8,5	43,48	-1,70	5,52
112-113	22,8	42,40	-0,64	5,72	7,8	44,56	-1,66	5,93
113-114	17	42,06	-0,76	5,93	8,3	44,38	-1,77	5,44
114-115	22,5	41,85	-0,87	5,67	8,5	44,63	-1,58	6,02
115-116	21,5	42,62	-0,80	6,08	8,3	44,38	-1,83	5,91
116-117	21,5	43,22	-0,88	6,34	8,8	44,60	-1,53	6,10
117-118	22,2	42,85	-0,82	6,26	8	44,79	-1,74	5,72
118-119	21	43,33	-0,80	6,44	8,3	45,15	-1,79	5,85
119-120	21,2	43,55	-0,82	6,43	7,9	44,33	-1,71	5,77
120-121	20,6	43,05	-0,74	6,84	8,2	44,53	-1,60	5,88
121-122	20,4	43,99	-0,81	6,95	8	44,87	-1,66	6,00
122-123	21,8	43,82	-0,83	6,50	7,9	44,69	-1,83	5,68
123-124	21,3	43,03	-0,86	6,35	8	44,05	-1,78	5,28
124-125	17,9	43,63	-0,81	6,97	-992,2	44,35	-1,84	5,80
125-126	21,1	43,59	-0,81	5,72	8,3	44,07	-1,70	5,69
126-127	20,1	43,64	-0,81	6,88	7,7	44,97	-1,76	6,10
127-128	18,1	43,45	-0,85	6,72	8,1	44,45	-1,75	5,77
128-129	22	42,80	-0,83	6,07	7,5	44,26	-1,86	5,55
129-130	18,4	42,85	-0,76	6,40	8	44,79	-1,74	5,78
130-131	22,7	42,70	-0,65	6,75	-991,8	43,89	-1,75	5,74
131-132	24,1	42,48	-0,83	6,79	-991,7	44,77	-1,49	5,23
132-133	23,7	42,28	-0,80	6,60	8,2	44,23	-1,73	5,90
133-134	24,6	41,06	-0,81	5,05	8,2	44,45	-1,62	6,03
134-135	23,2	42,67	-0,79	4,89	8,1	43,60	-1,68	5,79
135-136	23,6	41,39	-0,68	6,75	8,6	44,25	-1,73	5,99
136-137	21,2	43,46	-0,78	6,71	8,5	42,37	-1,68	5,35
137-138	21,8	43,15	-0,77	6,07	8,5	43,73	-1,65	5,67
138-139	22	42,95	-0,53	7,27	9,9	43,26	-1,69	5,83
139-140	24,8	42,91	-0,88	6,54	9,1	42,14	-1,59	5,28
140-141	23,3	43,11	-0,84	6,95	8,2	45,88	-1,02	3,46
141-142	26,5	42,31	-0,79	5,10	7,4	41,94	-1,63	4,33
142-143	26,1	42,43	-0,90	6,46	8	42,05	-1,61	3,53
143-144	27	42,93	-0,88	6,93	8,4	42,12	-1,73	5,11
144-145	29,7	41,10	-20,81	6,37	8,5	42,25	-1,84	5,03
145-146	29,3	43,81	-0,52	5,89	8,8	45,28	-1,64	4,62
146-147	33,7	40,31	-0,74	6,37	8,6	43,03	-1,80	5,16
147-148	27,5	40,45	-0,71	5,80	8,4	40,57	-1,57	3,34

148-149	28,2	41,23	-0,71	4,62	8,4	42,37	-1,68	3,16
149-150	27,1	41,54	-0,72	6,91	8,4	42,28	-1,91	5,05
150-151	26,7	42,23	-0,81	6,63	8,7	42,28	-1,84	4,87
151-152	30,2	41,06	-0,89	6,14	8,9	42,75	-1,73	5,23
152-153	35,1	40,09	-0,77	5,76	8,5	43,84	-1,82	5,53
153-154	34,9	39,05	-0,75	6,00	8,2	44,12	-1,89	5,50
154-155	38,5	39,50	-0,74	6,15	8,7	43,14	-1,78	5,31
155-156	39,1	38,41	-0,87	5,76	9,5	41,72	-1,68	4,99
156-157	40,2	36,12	-0,56	5,82	9,2	42,94	-1,69	5,11
157-158	42,5	36,82	-0,69	5,28	9,8	40,80	-1,59	4,61
158-159	40,3	37,46	-0,40	6,13	10,4	43,58	-1,61	5,76
159-160	43,2	38,14	-0,52	6,41	9,5	42,91	-1,56	5,51
160-161	43	38,09	-0,45	5,96	10	41,84	-1,44	4,84
161-162	44,5	36,87	-0,42	5,99	9,5	42,67	-1,75	5,20
162-163	44,3	38,63	-0,51	5,85	10,2	39,24	-1,64	4,60
163-164	45,7	38,86	-0,32	6,75	10,8	37,79	-1,32	4,52
164-165	45,8	38,71	-0,26	5,40	12,2	37,77	-1,40	4,69
165-166	45,1	37,33	-0,26	6,08	13,1	40,51	-1,29	5,58
166-167	46,2	37,41	-0,33	6,21	12,9	40,01	-1,32	4,80
167-168	46,5	36,11	-0,39	6,42	13,5	40,28	-1,41	5,07
168-169	45	38,04	-0,38	7,07	13,3	41,52	-1,58	5,15
169-170	44,6	37,94	-0,24	6,49	13,7	40,41	-1,16	5,56
170-171	48,5	37,72	-0,20	6,00	14,6	38,98	-1,23	5,35
171-172	46,5	38,52	-0,46	5,98	14,6	39,80	-1,29	4,66
172-173	47,9	37,77	-0,51	5,97	14,5	40,01	-1,39	4,96
173-174	45,7	36,74	-0,28	6,08	14,5	40,98	-1,12	5,63
174-175	48,1	37,50	-0,48	5,88	14,8	41,89	-1,22	5,76
175-176	49	39,61	-0,27	5,04	13,7	40,21	-1,20	5,53
176-177	47	36,78	-0,27	4,77	15,1	41,23	-1,14	5,69
177-178	45,1	38,23	-0,03	6,63	15	41,02	-1,18	5,67
178-179	45,7	38,06	-0,14	5,98	15,3	41,44	-1,17	5,52
179-180	47,7	38,76	-0,10	6,10	16	41,52	-1,16	5,37
180-181	45,9	39,29	-0,25	4,29	16,9	42,09	-1,04	6,10
181-182	46	38,54	-0,06	6,51	15,7	41,69	-1,19	5,66
182-183	45,2	39,05	-0,21	6,08	14,9	42,34	-1,27	6,02
183-184	45,7	38,15	-0,36	5,85	14	41,20	-1,22	5,45
184-185	35,4	37,00	-0,48	5,95	16,7	41,88	-1,15	5,95
185-186	41,2	35,86	-25,00	5,48	19	40,21	-0,76	5,69
186-187	45,5	37,78	-0,42	5,48	19,5	40,31	-0,74	5,97
187-188	44,6	37,66	-0,61	5,39	19,3	40,10	-0,70	5,84
188-189	46,1	38,34	-0,56	5,30	19,7	41,49	-0,95	5,87
189-190	45,5	39,49	-0,81	5,31	20,2	40,30	-0,74	5,95
190-191	47,1	37,48	-0,72	5,21	20,1	39,04	-0,68	5,52
191-192	46,7	39,42	-0,52	3,98	20,7	38,71	-0,66	5,48
192-193	45,8	38,21	-0,51	4,35	20,3	39,43	-0,68	5,47
193-194	44	37,66	-0,36	5,77	20,6	40,38	-0,73	5,85
194-195	42,8	36,76	-0,36	5,44	20,7	40,59	-0,76	5,87
195-196	46,9	37,02	-0,32	5,76	21,1	37,77	-0,75	4,95
196-197	43,6	36,78	-0,52	4,86	20,9	40,38	-0,95	5,28
197-198	42,7	38,32	-0,41	4,73	20	38,66	-0,90	4,26
198-199	43,5	37,18	-0,45	5,52	20,4	42,49	-0,83	5,21
199-200	43,5	36,70	-0,45	5,57	19,8	42,34	-0,85	4,35



200-201	41	36,57	-0,39	4,99	20,5	41,31	-0,91	5,72
201-202	38,9	37,00	-0,40	3,87	20,7	41,86	-0,95	5,85
202-203	41,5	37,42	-0,33	5,63	20,5	40,33	-1,03	5,15
203-204	43,7	38,00	-0,39	5,94	20,4	41,04	-1,18	5,17
204-205	38,9	37,66	-0,45	3,68	20,5	39,97	-0,95	5,26
205-206	42,7	37,12	-0,22	5,57	21,3	39,50	-0,89	5,15
206-207	41	37,44	-0,33	5,88	21,3	39,53	-0,89	4,90
207-208	39,2	37,00	-0,23	4,64	21,2	39,24	-0,94	4,72
208-209	38,8	36,42	-0,25	5,57	20,9	42,40	-0,91	4,98
209-210	40,4	36,61	-0,38	5,63	20	41,91	-0,94	5,86
210-211	36,4	36,42	-0,34	5,57	21,1	40,93	-0,77	5,88
211-212	41,7	36,02	-0,06	6,30	19,6	39,98	-0,50	4,94
212-213	42	37,17	-0,04	4,88	19,1	43,27	-0,61	3,01
213-214	43,4	37,09	-0,13	4,50	21,1	41,10	-0,59	4,00
214-215	43,9	35,47	-0,06	6,01	20,3	40,88	-0,71	3,79
215-216	40,2	35,16	0,06	6,58	20	40,00	-0,65	5,63
216-217	40,5	34,84	0,10	7,01	20,6	38,07	-0,70	4,72
217-218	43,4	34,78	0,00	6,45	21,5	40,48	-0,64	5,06
218-219	34,3	33,56	-0,19	5,81	20,6	40,28	-0,75	4,27
219-220	41,7	35,43	-0,24	4,29	20,3	42,34	-0,85	2,94
220-221	46,5	34,25	0,37	6,68	20,4	40,82	-0,72	5,50
221-222	48,2	34,72	0,26	6,74	19	43,23	-0,49	4,40
222-223	46,7	34,64	0,34	7,11	17,9	40,83	-0,71	5,79
223-224	33,3	35,98	0,36	6,75	15,4	41,31	-0,70	5,49
224-225	44,8	36,59	-0,05	4,75	14	41,06	-0,82	5,58
225-226	52	33,89	0,61	7,36	12,9	39,68	-0,71	5,24
226-227	51,6	34,96	0,30	7,16	14,3	38,85	-0,71	4,99
227-228	50,3	34,72	0,08	6,30	15,4	40,01	-0,72	5,07
228-229	42,4	36,91	-0,17	5,48	12,6	39,88	-0,67	4,38
229-230	43,3	35,65	-0,12	5,95	15	39,73	-0,62	5,68
230-231	40,2	35,79	-0,01	6,46	17,1	40,21	-0,83	5,75
231-232	53,3	34,70	0,17	6,91	17,4	39,78	-0,76	5,57
232-233	53,7	31,64	0,49	6,75	17	40,72	-0,81	5,64
233-234	50,8	34,64	0,16	6,85	17,8	40,01	-0,94	5,19
234-235	51,4	37,68	0,12	5,76	15,6	39,31	-0,78	5,23
235-236	54,7	35,90	-0,08	5,36	17,5	40,61	-0,76	5,59
236-237	61,5	34,21	0,46	7,22	18,1	40,69	-0,81	5,85
237-238	53,3	34,70	0,26	7,41	18	42,45	-0,70	4,36
238-239	54,3	34,94	-0,06	6,88	18,1	41,15	-0,80	4,81
239-240	53,9	33,13	0,50	7,43	18,7	40,06	-0,79	5,39
240-241	51	33,89	0,79	0,05	19	39,38	-0,76	5,11
241-242	54,5	34,06	0,53	7,39	19,1	40,59	-0,76	5,76
242-243	59,2	33,56	0,37	7,15	18,2	40,48	-0,71	5,68
243-244	59,3	33,43	0,44	7,04	16,8	41,39	-0,68	5,89
244-245	61	33,63	0,38	7,58	16,2	41,64	-0,71	6,06
245-246	62,4	34,00	0,52	7,44	18,7	40,91	-0,70	6,28
246-247	54,9	34,39	0,12	6,93	19,3	40,25	-0,75	5,59
247-248	48,9	33,39	0,24	6,01	19	41,18	-0,86	6,17
248-249	51,3	33,45	0,54	7,61	17,8	40,74	-0,73	5,21
249-250	55,6	36,32	0,24	6,96	17,7	40,36	-0,80	5,59
250-251	47,4	35,57	0,30	7,72	18,4	42,64	-0,73	4,56
251-252	61,2	34,98	0,39	7,49	18,5	40,99	-0,69	6,03

252-253	54,4	35,04	0,10	7,65	18,4	40,77	-0,80	6,06
253-254	56,7	33,98	0,61	7,77	18,6	41,44	-0,75	5,86
254-255	65,8	34,15	0,82	8,48	20,7	41,80	-0,61	4,55
255-256	58,3	34,76	0,45	7,77	22,7	41,22	-0,57	6,65
256-257	57,1	35,36	0,62	6,86	21,7	44,33	-0,49	5,94
257-258	47,9	34,41	1,04	8,67	23,5	40,01	-0,57	5,11
258-259	32,1	34,51	1,40	8,95	23,1	42,28	-0,73	3,45
259-260	28,5	34,75	1,34	8,89	18,2	42,00	-0,75	3,45
260-261	32,9	36,79	2,05	10,58	19,9	40,01	-0,65	4,27
261-262	38,6	36,91	1,64	8,72	19,2	41,22	-0,72	6,23
262-263	21,9	36,64	0,79	6,55	18,9	41,15	-0,66	6,16
263-264	40,5	36,23	1,49	8,76	19,5	39,88	-0,67	5,90
264-265	17	39,17	3,35	11,86	20,2	41,98	-0,64	5,73
265-266	19,2	39,83	3,66	12,17	20,5	40,69	-0,81	5,69
266-267	14,8	37,35	2,73	10,15	19,1	40,26	-0,75	5,73
267-268	18,4	39,12	3,20	12,49	19,9	39,66	-0,64	5,56
268-269	15,9	37,41	4,08	14,74	16,5	41,77	-0,89	5,83
269-270	12,50	38,67	3,11	12,33	15,6	40,10	-0,56	5,80
270-271	13,00	37,21	4,55	15,43	16,7	39,85	-0,53	5,53
271-272	32,60	36,12	3,91	14,92	15,2	41,89	-0,66	4,25
272-273	12,10	36,68	2,77	10,08	16,2	40,31	-0,59	5,97
273-274	14,70	36,96	3,03	10,86	16,9	42,22	-0,74	5,88
274-275	13,40	38,19	3,09	11,37	16,2	45,15	-0,53	3,90
275-276	13,40	39,29	3,50	12,92	15,8	41,80	-0,47	4,44
276-277	18,20	41,02	1,24	8,86	15,1	39,51	0,54	7,53
277-278	12,60	43,05	3,50	16,15	/	41,36	0,51	8,96
278-279	15,60	33,98	7,60	25,53				
279-280	13,20	34,49	8,04	22,46				
280-281	13,90	35,38	8,24	26,39				
281-282	15,10	35,04	8,38	25,40				
282-283	16,70	39,66	4,24	15,66				
283-284	10,50	42,55	3,94	15,79				
284-285	11,50	43,55	3,90	16,49				
285-286	11,40	42,56	4,14	17,16				
286-287	13,50	38,58	5,43	19,11				
287-288	11,40	36,25	5,95	19,54				
288-289	14,60	41,34	3,57	15,24				
289-290	13,20	42,12	2,99	12,11				
290-291	12,70	52,05	2,05	8,04				
291-292	12,80	40,41	2,75	10,43				
292-293	11,90	42,16	2,86	11,37				
293-294	14,00	42,06	3,53	15,29				
294-295	12,10	38,93	4,61	17,15				
295-296	11,10	39,69	2,56	11,53				
296-297	11,40	38,16	2,23	9,07				
297-298	12,00	41,43	3,57	12,71				
298-299	11,90	47,06	3,03	10,21				
299-300	8,90	44,71	2,64	10,19				
300-301	9,80	42,24	3,67	14,11				
301-302	9,20	46,12	3,27	13,41				
302-303	11,00	39,86	6,95	23,63				
303-304	10,00	44,31	3,36	12,49				

304-305	9,60	45,06	2,97	10,61
305-306	10,10	43,21	4,34	16,43
306-307	10,00	43,53	4,53	16,99
307-308	9,50	43,75	4,79	18,17
308-309	9,10	45,38	3,95	15,27
309-310	9,70	46,12	3,86	15,56
310-311	9,80	43,74	4,97	18,28
311-312	11,40	43,53	4,66	17,08
312-313	10,20	39,41	7,63	24,34
313-314	9,50	44,46	3,37	12,16
314-315	9,10	46,28	3,10	10,35
315-316	9,50	43,71	4,72	16,81
316-317	8,80	47,13	3,44	12,99
317-318	8,30	48,77	3,62	12,95
318-319	7,00	46,59	2,83	12,24
319-320	8,30	53,96	2,33	9,29
320-321	9,00	50,21	3,79	16,41
321-322	8,90	51,97	2,74	12,33
322-323	9,50	46,30	4,51	18,00
323-324	7,20	49,35	3,17	14,35
324-325	8,30	51,59	3,16	13,69
325-326	13,50	43,85	3,72	16,58
326-327	12,00	47,39	2,88	10,31
327-328	12,60	44,15	3,79	16,62
328-329	11,90	44,30	3,24	15,17
329-330	10,60	41,28	5,68	20,93
330-331	10,70	43,60	5,29	18,92
331-332	14,90	40,67	6,13	22,88
332-333	11,50	41,24	4,66	19,46
333-334	13,80	37,75	4,85	19,20
334-335	10,60	37,87	4,93	14,64
335-336	18,40	48,51	4,54	12,04
336-337	11,80	47,09	4,63	13,28
337-338	16,30	33,89	5,86	16,27
338-339	11,70	35,96	4,90	16,42
339-340	11,50	39,49	4,82	18,99
340-341	13,30	41,95	4,13	17,65
341-342	11,60	40,49	4,04	19,31
342-343	13,60	40,24	5,31	22,15
343-344	9,50	41,87	4,66	18,19
344-345	8,40	40,58	5,02	21,55
345-346	13,10	48,33	2,95	9,75
346-347	10,60	39,63	4,53	17,77
347-348	8,70	45,34	3,29	14,76
348-349	31,40	45,53	3,60	14,36
349-350	11,20	41,04	4,18	18,24
350-351	9,70	35,90	3,74	14,61
351-352	10,40	36,66	2,12	12,13
352-353	11,00	28,46	3,93	13,50
353-354	12,40	31,73	4,09	14,74
354-355	11,20	36,91	2,13	8,86
355-356	10,80	39,05	1,54	7,11

356-357	10,40	42,98	1,66	6,92
357-358	10,30	40,05	1,86	8,37
358-359	10,30	44,81	1,59	6,04
359-360	12,10	37,44	2,09	8,66
360-361	11,80	36,70	2,94	13,74
361-362	11,90	38,72	2,12	9,90
362-363	12,10	38,55	1,88	9,01
363-364	10,10	37,82	2,28	11,16
364-365	10,00	38,25	2,24	8,99
365-366	10,10	39,71	1,98	7,34
366-367	10,80	45,28	1,52	6,58
367-368	9,60	35,04	1,99	7,85
368-369	11,20	37,13	2,39	8,82
369-370	10,60	36,36	2,51	10,53
370-371	7,80	35,26	1,83	7,77
371-372	8,90	36,04	1,98	7,94
372-373	10,00	34,94	2,07	8,49
373-374	9,90	35,14	2,69	11,54
374-375	10,00	35,95	2,73	12,06
375-376	9,80	36,44	2,01	8,06
376-377	9,90	36,46	3,01	11,99
377-378	9,70	36,85	2,37	10,87
378-379	10,10	36,64	2,77	11,95
379-380	10,20	37,66	2,51	10,45
380-381	11,40	35,98	2,48	12,45
381-382	10,80	37,17	2,56	10,03
382-383	11,20	35,84	3,48	16,28
383-384	12,70	36,11	2,66	11,77
384-385	12,20	35,38	3,05	13,70
385-386	11,30	35,45	2,62	12,03
386-387	9,40	34,78	2,93	12,15
387-388	9,70	35,18	2,78	12,50
388-389	10,00	36,15	2,49	9,07
389-390	10,10	35,55	2,37	9,49
390-391	10,70	33,60	1,59	6,33
391-392	12,40	28,32	1,52	7,20
392-393	11,30	35,88	1,88	8,01
393-394	10,70	35,12	1,82	8,24
394-395	11,80	34,00	2,63	10,75
395-396	11,80	32,76	1,61	7,55
396-397	14,00	34,82	1,79	8,07
397-398	12,60	33,58	1,68	8,14
398-399	14,20	31,41	1,99	9,62
399-400	14,20	35,41	1,50	7,06
400-401	17,40	36,96	1,89	8,86
401-402	21,00	34,92	1,80	7,74
402-403	17,00	37,04	1,66	7,59
403-404	14,00	34,00	1,45	7,34
404-405	14,50	34,29	1,93	8,15
405-406	16,30	34,76	2,05	8,23
406-407	16,70	34,17	2,10	8,35
407-408	18,20	33,11	1,73	7,55

408-409	21,60	34,41	1,85	7,78
409-410	18,70	35,08	1,37	6,19
410-411	24,10	33,02	1,73	7,51
411-412	25,50	33,43	1,67	7,41
412-413	21,40	32,01	1,14	6,47
413-414	23,70	36,19	1,15	5,00
414-415	31,00	34,35	1,75	8,20
415-416	33,60	35,04	1,99	8,71
416-417	31,40	34,57	1,77	8,01
417-418	24,20	34,37	1,66	8,18
418-419	20,70	34,70	1,60	7,11
419-420	23,40	33,79	1,70	7,81
420-421	27,90	33,85	1,80	7,97
421-422	28,10	34,08	1,82	8,00
422-423	31,50	33,89	1,53	7,62
423-424	30,20	33,46	1,48	7,34
424-425	26,30	34,27	1,56	7,74
425-426	23,00	33,89	1,62	7,68
426-427	25,90	35,18	1,56	6,85
427-428	29,20	35,88	1,46	7,00
428-429	33,50	34,98	1,45	7,89
429-430	31,90	35,51	1,25	7,23
430-431	29,40	34,93	1,45	7,64
431-432	23,20	35,10	1,38	7,80
432-433	29,00	34,92	1,36	7,86
433-434	35,40	35,69	1,70	8,32
434-435	34,10	35,06	1,64	7,83
435-436	23,70	33,60	1,59	7,59
436-437	26,60	34,18	1,92	8,41
437-438	24,40	34,51	1,58	8,06
438-439	28,20	34,80	1,43	7,99
439-440	29,10	35,84	1,54	8,29
440-441	29,10	33,62	1,78	7,68
441-442	23,20	34,94	1,45	6,44
442-443	26,10	35,49	1,68	8,33
443-444	23,60	34,02	1,63	7,37
444-445	25,30	34,98	1,81	8,25
445-446	24,20	33,71	1,51	6,67
446-447	23,20	33,37	1,38	6,29
447-448	31,10	34,41	1,31	6,12
448-449	22,90	34,16	1,46	6,34
449-450	23,30	34,02	1,35	7,37
450-451	21,50	34,86	1,35	6,48
451-452	20,40	32,89	0,95	6,01
452-453	128,00	34,14	1,18	6,96
453-454	25,80	32,54	1,00	6,09
454-455	22,00	32,78	1,13	7,43
455-456	20,70	32,70	1,31	7,11
456-457	21,50	33,60	1,41	7,38
457-458	23,80	34,13	1,55	7,65
458-459	21,40	36,78	1,14	5,83
459-460	21,60	34,82	1,70	7,82

460-461	26,50	29,20	0,81	6,06
461-462	25,40	34,16	1,28	7,51
462-463	24,30	34,70	1,87	8,07
463-464	21,10	31,67	1,00	5,55
464-465	21,70	38,16	1,84	9,43
465-466	25,60	36,44	1,93	9,12
466-467	23,30	34,33	1,84	8,37
467-468	23,20	36,36	1,42	5,97
468-469	18,40	38,75	1,43	5,82
469-470	19,40	31,94	1,83	7,26

Prilog 27. Rezultati granulometrijskih analiza jezgre KK-1.

Uzorak (cm)	Raspodjela čestica	FOLK AND WARD METODA (m)				FOLK AND WARD METODA (opisno)			
		Prosječna veličina	Sortiranost	Asimetričnost	Zaoštrenost	Prosječna veličina	Sortiranost	Asimetričnost	Zaoštrenost
3	Unimodalna	6,073	2,847	-0,165	0,902	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
10	Unimodalna	5,672	2,722	-0,180	0,918	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
20	Unimodalna	5,627	2,759	-0,177	0,901	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
30	Unimodalna	6,135	2,856	-0,182	0,907	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
40	Unimodalna	6,209	2,860	-0,179	0,911	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
50	Bimodalna	6,257	2,777	-0,170	0,898	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
60	Unimodalna	6,578	2,872	-0,216	0,916	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
70	Unimodalna	6,249	2,889	-0,188	0,897	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
80	Bimodalna	5,600	2,714	-0,176	0,889	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
90	Unimodalna	5,882	2,744	-0,187	0,904	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
100	Unimodalna	5,453	2,773	-0,188	0,901	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
110	Bimodalna	5,385	2,703	-0,156	0,882	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
120	Unimodalna	6,476	2,930	-0,207	0,910	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
130	Unimodalna	6,458	2,950	-0,194	0,908	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
138	Unimodalna	6,713	2,912	-0,207	0,916	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
140	Unimodalna	6,716	2,924	-0,194	0,907	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
150	Unimodalna	5,981	2,740	-0,199	0,917	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
160	Trimodalna	6,018	2,781	-0,186	0,886	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
170	Unimodalna	5,271	2,818	-0,189	0,907	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
180	Polymodalna	5,027	2,767	-0,145	0,892	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
190	Trimodalna	4,614	2,909	-0,135	0,911	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
200	Polymodalna	4,522	2,870	-0,116	0,903	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
210	Bimodalna	4,729	2,800	-0,102	0,881	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
220	Trimodalna	4,546	2,964	-0,114	0,899	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
230	Polymodalna	4,251	2,730	-0,069	0,906	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
240	Polymodalna	4,790	2,661	-0,101	0,954	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
250	Polymodalna	4,194	2,727	-0,086	0,884	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
260	Trimodalna	4,374	2,728	-0,089	0,873	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
270	Trimodalna	6,247	3,016	-0,141	0,840	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
280	Unimodalna	6,908	3,072	-0,209	0,870	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
290	Bimodalna	6,977	3,325	-0,165	0,847	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
300	Unimodalna	8,316	2,719	-0,010	0,943	srednji silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
310	Bimodalna	8,248	3,119	0,090	0,895	srednji silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
320	Bimodalna	11,01	3,011	-0,349	0,946	srednji silt	slabo sortirani	Very Fine Skewed	Mesokurtic
330	Bimodalna	6,951	3,461	-0,084	0,850	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
340	Bimodalna	5,631	3,232	-0,078	0,878	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
350	Polymodal	0,598	15,26	-0,037	0,540	glina	vrlo slabo sortirani	Symmetrical	Very Platykurtic
358	Unimodalna	8,251	2,406	-0,140	0,925	srednji silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
360	Trimodalna	4,505	2,916	-0,097	0,916	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
370	Unimodalna	5,447	2,259	-0,031	1,046	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
380	Trimodalna	0,290	15,32	0,582	0,553	glina	vrlo slabo sortirani	Very Coarse Skewed	Very Platykurtic
390	Trimodalna	13,94	4,433	-0,244	0,733	srednji silt	vrlo slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
400	Unimodalna	6,038	2,274	-0,051	0,998	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
410	Trimodalna	6,469	2,382	-0,095	1,208	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Leptokurtic
420	Trimodalna	0,241	13,63	0,644	0,548	glina	Very Poorly Sorted	Very Coarse Skewed	Very Platykurtic
430	Bimodalna	6,716	2,290	-0,106	1,014	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
440	Trimodalna	6,148	2,407	-0,094	1,078	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
450	Trimodalna	6,375	2,376	-0,085	1,134	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Leptokurtic
460	Trimodalna	6,467	2,328	-0,095	1,064	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
469	Trimodalna	6,962	2,204	-0,040	1,134	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Leptokurtic
475	Unimodalna	8,420	2,357	-0,170	0,949	srednji silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic

Prilog 27a. Rezultati granulometrijskih analiza jezgre KK-1.

Uzorak (cm)	D <sub>50</sub> (µm)	pijesak %	vrlo sitni pijesak %	vrlo krupni silt %	krupni silt %	srednji silt %	sitni silt %	vrlo sitni silt %	glina %
3	6,728	0,00	0,00	1,74	17,53	25,42	22,87	16,25	16,19
10	6,313	0,00	0,00	0,48	14,69	26,74	24,75	16,78	16,57
20	6,268	0,00	0,00	0,52	15,07	26,32	24,17	16,79	17,14
30	6,882	0,00	0,00	1,71	17,89	25,92	22,62	15,69	16,17
40	6,942	0,00	0,00	1,87	18,14	25,79	22,68	15,60	15,92
50	6,938	0,00	0,00	1,56	17,94	26,11	22,76	16,43	15,20
60	7,547	0,00	0,00	2,12	19,93	26,69	21,63	14,44	15,19
70	7,056	0,00	0,00	1,97	18,76	25,73	21,99	15,36	16,19
80	6,238	0,00	0,00	0,38	14,63	26,68	23,99	17,33	16,99
90	6,605	0,00	0,00	0,74	16,05	26,95	23,82	16,20	16,24
100	6,110	0,00	0,00	0,35	14,19	26,53	24,16	16,82	17,94
110	5,934	0,00	0,00	0,33	13,56	25,96	24,29	18,19	17,66
120	7,401	0,00	0,00	2,37	19,82	25,88	21,48	14,62	15,83
130	7,312	0,00	0,00	2,61	19,69	25,36	21,55	14,86	15,92
138	7,650	0,00	0,00	2,69	20,56	26,00	21,40	14,32	15,03
140	7,587	0,00	0,00	2,90	20,63	25,45	21,35	14,61	15,07
150	6,748	0,00	0,00	0,70	16,46	27,40	23,87	15,70	15,88
160	6,763	0,00	0,00	1,01	17,22	26,43	22,38	16,81	16,14
170	5,913	0,00	0,00	0,36	13,48	25,97	24,26	17,08	18,85
180	5,518	0,00	0,00	0,30	12,37	24,71	24,18	19,08	19,36
190	5,005	0,00	0,00	0,54	11,08	22,58	24,52	19,05	22,22
200	4,915	0,00	0,00	0,38	11,11	22,85	22,86	21,32	21,47
210	5,042	0,00	0,00	0,47	11,40	22,69	24,55	19,70	21,19
220	4,861	0,00	0,00	0,71	11,44	21,67	23,73	19,33	23,11
230	4,449	0,00	0,00	0,21	8,85	21,14	24,57	22,88	22,35
240	5,051	0,00	0,00	0,24	10,24	23,07	25,54	22,49	18,43
250	4,447	0,00	0,00	0,16	8,21	21,62	24,86	22,02	23,13
260	4,626	0,00	0,00	0,18	9,06	22,13	24,87	21,20	22,57
270	6,853	0,00	0,00	3,05	19,93	22,86	20,10	16,92	17,15
280	7,944	0,00	0,00	3,98	22,78	23,77	19,43	14,18	15,87
290	7,761	0,0	0,0	7,3	22,5	20,0	19,0	14,4	16,9
300	8,181	0,0	0,2	8,7	18,3	24,6	25,0	15,4	7,8
310	7,428	0,0	1,6	12,3	15,3	18,9	25,0	16,8	10,0
320	13,91	0,0	0,2	14,3	31,3	20,3	14,7	9,1	10,0
330	7,261	0,0	0,4	9,9	19,4	18,3	19,7	15,2	17,2
340	5,794	0,0	0,0	3,8	17,5	19,1	22,1	17,5	19,9
350	0,714	0,0	0,1	4,4	9,4	10,0	10,7	8,4	57,0
358	8,771	0,0	0,0	2,7	22,7	29,6	24,2	14,1	6,7
360	4,757	0,0	0,0	0,0	11,6	20,6	24,8	20,0	23,0
370	5,534	0,0	0,0	0,7	9,2	22,8	34,1	22,4	10,8
380	0,085	0,0	0,3	5,1	8,2	9,2	10,1	8,8	58,4
390	17,45	0,4	16,1	22,8	12,6	11,0	13,3	11,2	12,6
400	6,146	0,0	0,0	0,6	11,6	25,9	32,3	20,3	9,3
410	6,539	0,0	0,0	1,0	13,0	25,3	34,5	17,1	9,1
420	0,065	0,0	0,0	2,3	7,4	9,6	10,9	9,5	60,2
430	6,996	0,0	0,0	1,0	13,7	29,6	30,1	17,7	7,9
440	6,240	0,0	0,0	0,8	12,4	25,4	31,5	19,6	10,3
450	6,454	0,0	0,0	1,2	12,6	25,6	33,4	18,1	9,1
460	6,627	0,0	0,0	0,9	13,0	27,3	32,1	18,3	8,5
469	6,955	0,0	0,0	1,0	14,1	27,4	35,0	16,9	5,6
475	9,077	0,0	0,0	2,2	23,3	31,3	23,6	13,4	6,2



Prilog 28. Rezultati granulometrijskih analiza jezgre KK-2.

Uzorak (cm)	Raspodjela čestica	FOLK AND WARD METODA (m)				FOLK AND WARD METODA (opisno)			
		Prosječna veličina	Sortiranost	Asimetričnost	Zaoštrečnost	Prosječna veličina	Sortiranost	Asimetričnost	Zaoštrečnost
0-1	Polymodalna	4,540	2,932	-0,119	0,928	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
10-11	Unimodalna	4,940	2,839	-0,129	0,919	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
20-21	Unimodalna	5,004	2,860	-0,132	0,923	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
30-31	Unimodalna	5,271	3,017	-0,121	0,917	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
40-41	Unimodalna	5,575	2,881	-0,088	0,881	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
50-51	Unimodalna	5,539	2,850	-0,091	0,888	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
60-61	Unimodalna	5,842	2,872	-0,105	0,881	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
70-71	Unimodalna	5,775	2,957	-0,114	0,880	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
80-81	Bimodalna	5,495	3,063	-0,103	0,888	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
90-91	Unimodalna	5,887	2,931	-0,105	0,872	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
100-101	Bimodalna	7,214	3,084	-0,144	0,860	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
110-111	Unimodalna	7,898	3,137	-0,206	0,861	srednji silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
120-121	Unimodalna	7,938	3,126	-0,205	0,862	srednji silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
130-131	Unimodalna	7,368	3,163	-0,192	0,877	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
140-141	Bimodalna	6,626	3,076	-0,167	0,866	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
150-151	Bimodalna	6,708	2,994	-0,175	0,861	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
160-161	Polymodalna	6,207	2,943	-0,139	0,852	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
170-171	Bimodalna	6,283	2,971	-0,141	0,847	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Platykurtic
180-181	Bimodalna	5,218	2,525	-0,031	1,043	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
190-191	Bimodalna	5,277	2,676	-0,003	0,984	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
200-210	Polymodalna	5,270	2,458	-0,057	1,075	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
210-211	Bimodalna	4,951	2,797	-0,028	0,884	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Platykurtic
220-221	Unimodalna	4,949	2,561	-0,004	0,943	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
230-231	Unimodalna	5,862	2,446	-0,054	1,039	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
240-241	Trimodalna	5,972	2,439	-0,082	1,044	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
250-251	Bimodalna	6,157	2,297	-0,108	1,051	sitni silt	slabo sortirani	Fine Skewed	Mesokurtic
260-261	Bimodalna	5,142	2,649	-0,015	0,983	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic
270-271	Unimodalna	5,296	2,583	-0,016	0,995	sitni silt	slabo sortirani	Symmetrical	Mesokurtic

Prilog 28a. Rezultati granulometrijskih analiza jezgre KK-2.

Uzorak (cm)	D <sub>50</sub> (µm)	pijesak %	vrlo krupni silt %	krupni silt %	srednji silt %	sitni silt %	vrlo sitni silt %	glina %
0-1	4,925	0,00	0,00	0,12	0,21	0,24	0,20	0,22
10-11	5,312	0,00	0,00	0,12	0,22	0,25	0,19	0,20
20-21	5,384	0,00	0,01	0,13	0,23	0,25	0,19	0,20
30-31	5,621	0,00	0,02	0,15	0,22	0,23	0,18	0,20
40-41	5,852	0,00	0,02	0,16	0,22	0,23	0,19	0,18
50-51	5,828	0,00	0,02	0,16	0,22	0,24	0,19	0,18
60-61	6,201	0,00	0,02	0,17	0,23	0,23	0,18	0,17
70-71	6,154	0,00	0,02	0,17	0,22	0,23	0,18	0,18
80-81	5,772	0,00	0,02	0,17	0,21	0,22	0,18	0,19
90-91	6,244	0,00	0,02	0,18	0,22	0,23	0,18	0,17
100-101	7,895	0,00	0,07	0,22	0,22	0,20	0,15	0,15
110-111	9,081	0,00	0,08	0,24	0,22	0,18	0,13	0,14
120-121	9,112	0,00	0,08	0,24	0,22	0,18	0,13	0,14
130-131	8,369	0,00	0,07	0,23	0,22	0,19	0,14	0,15
140-141	7,360	0,00	0,04	0,21	0,23	0,20	0,15	0,16
150-151	7,493	0,00	0,03	0,22	0,24	0,20	0,15	0,16
160-161	6,760	0,00	0,02	0,19	0,23	0,21	0,18	0,17
170-171	6,849	0,00	0,03	0,20	0,23	0,21	0,17	0,17
180-181	5,234	0,00	0,01	0,11	0,21	0,29	0,23	0,15
190-191	5,167	0,00	0,01	0,13	0,20	0,27	0,23	0,16
200-210	5,360	0,00	0,01	0,10	0,22	0,30	0,23	0,14
210-211	4,968	0,00	0,01	0,13	0,21	0,23	0,22	0,19
220-221	4,891	0,00	0,00	0,11	0,20	0,28	0,24	0,17
230-231	5,945	0,00	0,01	0,12	0,24	0,31	0,21	0,12
240-241	6,131	0,00	0,01	0,12	0,25	0,30	0,21	0,11
250-251	6,417	0,00	0,01	0,11	0,28	0,32	0,19	0,09
260-261	5,099	0,00	0,01	0,12	0,20	0,27	0,23	0,16
270-271	5,267	0,00	0,01	0,12	0,20	0,29	0,23	0,15

Prilog 29. Vrijednosti analize organskog i anorganskog ugljika i ukupnog dušika u jezgri KK-1 i KK-2.

Dubina uzorka (cm)	Jezgra KK-1					Dubina uzorka (cm)	Jezgra KK-2				
	TOC%	TIC%	C/N	CaCO <sub>3</sub> %	netopivi ostatak (%)		TOC%	TIC%	C/N	CaCO <sub>3</sub> %	netopivi ostatak (%)
3-4	0,92	4,07	17,13	33,88	54,88	0-1	0,75	3,63	8,97	30,22	58,81
10-11	0,56	4,52	9,61	37,66	52,88	10-11	0,69	3,78	9,51	31,45	58,56
20-21	0,57	4,59	9,32	38,21	53,83	20-21	0,66	3,83	9,43	31,94	57,27
30-31	0,58	4,48	9,36	37,36	53,08	30-31	0,64	4,65	9,01	38,76	57,30
40-41	0,58	4,73	8,96	39,41	51,18	40-41	0,62	4,02	9,11	33,46	56,84
50-51	0,95	4,39	16,09	36,53	51,14	50-51	0,62	4,07	8,88	33,89	55,99
60-61	0,56	4,65	9,55	38,72	52,46	60-61	0,68	3,99	9,91	33,26	56,92
70-71	0,55	4,76	10,19	39,63	51,33	70-71	1,41	3,49	21,76	29,08	55,92
80-81	0,60	4,10	9,57	34,12	55,86	80-81	0,61	4,11	9,19	34,22	55,59
90-91	0,61	4,14	9,24	34,48	57,10	90-91	0,61	4,30	9,90	35,85	55,30
100-101	0,63	3,93	10,26	32,70	59,06	100-101	0,57	4,82	9,32	40,19	50,81
110-111	0,61	3,97	11,43	33,08	58,20	110-111	0,59	4,91	9,91	40,90	50,16
120-121	0,55	4,27	10,87	35,56	55,14	120-121	0,98	4,72	16,92	39,32	50,93
130-131	0,54	4,03	10,58	33,54	55,38	130-131	0,59	4,78	10,10	39,86	51,13
138-139	0,63	3,63	12,11	30,23	58,11	140-141	0,61	4,60	10,78	38,31	52,44
140-141	0,83	3,68	14,80	30,66	57,63	150-151	0,60	4,60	9,95	38,35	53,15
150-151	0,82	3,69	15,55	30,73	57,48	160-161	0,61	4,35	10,99	36,25	54,57
160-161	0,63	3,42	11,38	28,48	62,30	170-171	0,72	4,02	11,59	33,51	57,21
170-171	0,63	3,42	11,50	28,45	61,74	180-181	0,68	4,15	11,65	34,56	56,97
180-181	1,62	2,57	27,56	21,44	63,16	190-191	0,70	3,90	10,90	32,46	59,14
190-191	0,71	2,83	9,45	23,56	66,70	200-201	1,02	3,51	15,54	29,22	59,57
200-201	0,71	3,02	11,28	25,13	65,14	210-211	0,71	3,75	10,67	31,26	59,84
210-211	0,70	2,96	10,36	24,67	65,58	220-221	0,68	3,86	10,54	32,18	58,57
220-221	0,77	2,62	11,92	21,82	68,73	230-231	2,49	2,16	38,79	18,01	58,21
230-231	0,76	2,46	10,94	20,50	69,46	240-241	0,65	4,05	10,55	33,77	57,80
240-241	0,78	2,27	12,00	18,91	70,70	250-251	0,69	3,57	11,21	29,77	59,77
250-251	0,74	2,63	11,68	21,92	66,89	260-261	0,88	4,28	13,78	35,63	57,08
260-261	0,70	2,76	11,64	23,00	67,01	270-271	0,70	4,15	10,92	34,55	57,99
270-271	0,27	1,97	7,36	16,42	77,01						
280-281	0,25	4,83	8,59	40,22	47,12						
290-291	0,23	3,10	4,99	25,84	67,94						
300-301	0,20	4,77	8,08	39,75	55,12						
310-311	0,20	4,70	10,53	39,18	55,83						
320-321	0,23	5,71	8,88	47,54	47,32						
330-331	0,33	3,49	11,50	29,04	60,71						
340-341	0,33	3,17	9,51	26,42	63,38						
350-351	0,49	3,62	8,93	30,17	62,17						
358-359	0,67	3,05	9,53	25,44	68,49						

360-361	0,74	3,16	10,07	26,36	67,25
370-371	0,82	3,19	10,32	26,58	65,48
380-381	0,92	3,96	11,06	32,98	59,87
390-391	1,06	4,15	11,41	34,57	59,08
400-401	1,21	3,32	10,53	27,70	64,86
410-411	1,35	3,75	11,72	31,22	61,81
420-421	1,37	3,77	11,01	31,40	61,56
430-431	1,37	4,21	11,30	35,09	57,46
440-441	1,37	4,30	11,12	35,85	56,69
450-451	1,37	5,19	11,56	43,20	49,69
460-461	1,40	4,76	12,11	39,68	52,27
469-470	1,94	3,30	15,04	27,50	61,26
470-475	1,66	3,19	11,88	26,60	64,37

Prilog 30. Tablični prikaz vrijednosti odabranih elemenata u jezgri KK-1.

Dubina jezgre (cm)	Al-cps	K-cps	Ti-cps	Mn-cps	Fe-cps	Br-cps	Rb-cps	Sr-cps	Zr-cps
0	1159,7	4009,6	1441,7	235,2	17453,2	484,9	594,35	4768,45	813
1	1159,2	4161,8	1475,7	286	18403,3	498,95	678,4	5092,9	878,8
2	1153,7	4333,1	1571,3	278,4	19021,5	505,35	741,15	5416,95	910,6
3	1183,1	4345,3	1548,9	255,9	18908,9	515,65	704,7	5413,7	950,3
4	1187,9	4350,2	1523,9	247,9	18665,1	488,1	666,7	5434,4	958,75
5	1199,4	4380,4	1580,3	215,6	18518,4	480,55	664,05	5527,75	917,4
6	1248,1	4365,1	1531,6	265,5	18551,5	497,05	625,35	5671,65	947,85
7	1191,8	4250,5	1543,7	305,8	18370,5	489,7	676,4	5716,95	959,65
8	1309	4450,2	1549,2	243,3	18641,6	508,75	705	5417,65	934,05
9	1210,8	4212,1	1502,1	234,2	17886,6	491,2	668,25	5583,15	930,95
10	1129,6	4109,5	1516,8	247,6	18397,7	501,65	671,3	5601,5	927,05
11	1171,8	4262,7	1511,9	238,2	18755,8	517	727,4	5805,75	980
12	1276,4	4367,4	1527	238	19100,4	471,2	650,75	5950,55	917,15
13	1253,5	4400,3	1573,5	240,3	19207,5	511,75	668,75	5981,5	959,35
14	1317,3	4435,3	1543,8	233,5	19002,6	480,4	639,85	6068,5	1015,5
15	1301,8	4364,3	1579,2	202,6	18355,4	479,3	651,65	6009,25	976,15
16	1046,8	4043,7	1446,6	219	19628,1	491,35	640,1	5843,55	858,55
17	1122,5	3978,5	1435,9	244,4	17211,7	469,35	629,3	5835,9	851,65
18	1143,3	4045	1446,9	197,4	17581,1	493,4	626,9	5710,4	826,55
19	1079,1	4019,4	1437,8	253,9	17786,3	504,7	600,8	5576,95	875,85
20	1017,6	3739,9	1400,2	220,5	17190,1	496,85	604,75	5674,75	881,25
21	1177,2	4187,7	1453	247,9	17872,5	492,35	628,35	5394,8	883,1
22	1052,9	3981	1437,1	266,7	17525,5	503,65	653,65	5324,7	827,6
23	1065,7	3987	1482,2	244,7	17755,3	498,7	607,8	5608,95	862,8
24	1224,2	4179,7	1478,4	258,2	17972,2	508,05	631,35	5794,25	867,1
25	1060,8	4119,9	1468,2	262,8	17591,8	504,85	625,3	5885,45	885,45
26	953,6	3816,5	1363,9	264,4	17516,9	492,5	589,5	5796,05	898,45
27	1050,4	4089,6	1473,9	255,5	17938	486,55	661,35	5797,6	893,35
28	1052,4	4022,4	1435,9	283	17948,9	490,25	647,2	5899,55	891,7
29	1186,8	4228,7	1448,4	296,1	18430,4	500,55	643,2	6028,65	901,95
30	1247,3	4214,8	1439,4	242,3	18091,6	461,1	589,5	5887	877,6
31	1317	4373,6	1459,9	228,3	18328,3	489,15	644,5	6016,35	911,7
32	1271,4	4283,7	1527,8	232,4	18196,5	476,45	642,65	6174,95	916,05
33	1295,4	4262,9	1486,4	284,4	18107,2	461,6	659,1	6229,35	912,65
34	1278,7	4284,3	1502,7	286	18129,1	487,7	639,25	6016,5	865,8
35	1138,2	3921,5	1452,8	242,4	17315,7	475,5	631,25	5861,3	860,6
36	1263,3	4163,3	1445,6	254,4	17842,8	491,9	639,95	6090,35	892,2
37	1194,1	4043,9	1487,4	238,9	18243,9	479,55	629,85	6203,95	906,95
38	1171,9	4120,1	1473,3	266	18177,7	485,2	618,1	6191,2	885,9
39	1182,3	4092,2	1489,5	313,7	18262,8	501,35	588,15	6076,7	880,15

40	1160	4183,8	1446,1	231,3	17834,6	483,2	649,35	6225,55	876,9
41	1161,2	4032,4	1456,6	275,1	17771,5	513,65	656,5	6212,9	900,55
42	1124,6	3992,7	1427,8	269,5	18125,5	496,2	642,7	6160,2	868,35
43	1214,3	4150,5	1427,4	266,9	18086,6	458,6	693,1	6138,75	880,95
44	1103,3	3950,9	1440,8	293	17841	491,4	636,15	6108,95	880,25
45	1019,5	3842,9	1390,9	323,1	17278,5	470,1	600,55	6102,7	887,45
46	1116,1	3898,3	1468,8	278,9	17161,3	472,8	620,85	6344,9	898,8
47	1153,9	3951,1	1465,4	274,2	17120,9	461,95	634,7	6327,8	915,85
48	1236,1	4028,4	1408,7	274,5	17172,1	472,75	606,6	6351,25	845
49	1256,4	4079,8	1459,9	265,8	17971,2	455,55	603,45	6338,1	893,35
50	1252,4	4015,9	1475,6	285,7	17693,6	469,7	593,35	6422,05	918,5
51	1257,9	4122,7	1490	252,2	18517,5	457,8	620,15	6169,95	860,5
52	1190,8	3905	1399,5	260,8	17050,4	467,55	592	6068,7	879,25
53	1197,6	4007,7	1419,6	252,8	17222,9	451,3	646,15	5984,05	877,15
54	1219	4146	1433,3	251	17942,3	453,25	633,65	5898	842,75
55	1307	4336,6	1499,9	214,5	18671,7	460,8	656,35	5664,5	835,1
56	1315,4	4338,7	1574,5	239,6	18393,7	474,9	674,5	5821,25	891,4
57	1376,3	4489,5	1558,7	242,9	18878	447,85	684,3	5685,1	946
58	1354,4	4449,9	1547,3	268,4	19308	459,4	671,35	5809,9	920,85
59	1344	4370,9	1522,3	296,2	19005,2	445,55	653,05	5980,4	939,4
60	1333,1	4184,2	1487,5	277,5	17872,2	457,85	656,05	6140,45	897,75
61	1292,6	4185,8	1515,6	285,1	18232,5	439,3	629,05	6026,3	881,9
62	1288,7	4110,2	1436,8	282,6	18022,9	463,15	635,8	6036,65	899,4
63	1169,7	3977,4	1396,6	280	17649,4	456,25	611,7	6130,95	861,95
64	1184,5	3963,3	1403,8	256,9	16994,7	440,3	596,45	6313,35	871,6
65	1203	4124,5	1521,4	289,7	18481,5	431,35	689,9	5200,6	921,55
66	1240	4340,3	1498,7	269	18931,2	445	752,65	4964,65	901,7
67	1231,2	4291,7	1536,3	253,8	18778,7	479,5	728,45	4944,55	908,25
68	1359,9	4592,3	1626,2	244,8	19675,7	474	772,3	4930,3	955,7
69	1400,7	4688,6	1688,5	265,7	19716,6	503,9	795,55	4884,8	952,5
70	1340,6	4701,7	1643,5	260,3	20512,3	488,9	789,65	4881,35	910,25
71	1334,8	4739,8	1718,7	301,9	20084,3	495,4	776,75	4973,7	944,25
72	1339,4	4822,5	1777	312,7	20186,5	524,15	818,8	4924,55	961,55
73	1314,8	4765,8	1660,9	279,2	20074,8	543,9	786,35	4894,3	940,95
74	1155,2	4489,7	1634,8	306,7	19790,4	543,25	788,9	4742,5	936,6
75	1105,9	4204,7	1543,8	276,6	19197,1	478,4	750,7	4480,1	879,65
76	1153,2	4253,2	1529,3	262,6	18669,5	456,05	748,2	4521,15	889,25
77	1134,2	4101,1	1546,9	241,3	18366,6	465,55	699,55	4410,65	858,8
78	1120,7	4131	1527,9	248,6	18506,6	469,45	705,15	4401,1	873,55
79	1250,9	4478,3	1624,6	248,5	19217,9	475,65	700,3	4510,85	894,85
80	1290,4	4482,1	1591	317,5	19602,2	471,9	735,65	4681,7	910,15
81	1324	4614	1629,5	285,9	19590,4	488,8	741,45	4868	949,45
82	1302,3	4598,3	1649,1	255,1	19586,4	517,5	762,6	4797,4	918,45
83	1273,9	4566	1710,2	277,8	19449,2	498,5	720,4	4619,35	914,35
84	1261,4	4382,6	1585,9	235,5	19079,5	466,6	698,75	4565,5	916,8

85	1282	4415,8	1595	296,6	19411,5	482,95	738,05	4680,65	912,75
86	1377	4659,4	1665,9	311,7	20182,7	501,2	716,65	4506,5	996,85
87	1370,9	4755,9	1692,4	288,9	20969,8	488,05	781,3	4561,8	907,2
88	1376,8	4699,6	1686,2	333,9	20201,6	504,2	734,05	4829,65	899,45
89	1393,6	4709,9	1648,1	273,8	21131,9	493,4	836,2	4490,8	964,55
90	1451,1	4828,9	1744,2	253,2	20838,9	495,75	807,65	4355,2	1000
91	1476,2	5048,3	1798,5	294,6	20566,9	513	823,2	4262,25	998,4
92	1464,1	4879,8	1754,6	298,7	20521,5	485,3	792,25	4197,95	969,75
93	1437,3	4724,4	1635,6	258,1	19918,8	514,95	771,95	3915	944,55
94	1463,1	4815,2	1690	278,7	19650,4	466,4	700,75	4001,1	937,2
95	1423,9	4775,8	1710,3	333,6	19904,7	480,9	777,15	3890,55	913
96	1381,4	4781,3	1712,7	311,1	20273,5	509,65	771,6	4144,25	890,6
97	1396,9	4781,8	1694,6	304	20678,5	519	777,7	4159,6	955,15
98	1502,9	4985,9	1754,1	313,8	20608,7	511,75	814,7	4283,7	1010,3
99	1568,9	5020	1888	310,5	20755,9	509,15	786,9	4177,2	1019,75
100	1490,1	4931,8	1845,7	315	21128,3	544,55	833,9	4164,1	1007,8
101	1510,8	4995	1787	340	21388,8	513,7	813	4143,75	1055,85
102	1437,3	4850,6	1753,8	330,9	20813,9	518,2	831,35	4185,6	999,5
103	1392,8	4844,3	1690,9	343	20374,8	522,2	812,85	3885,6	1000,85
104	1318,7	4584,5	1666,3	243,8	19858,1	546,05	754,5	3895,15	909,65
105	1369,2	4556,2	1644,3	315,9	19665,2	530,7	742,1	4044,6	903,7
106	1422,9	4775,1	1668,3	340,2	20087	533,15	759,45	4400,4	949,95
107	1467,1	4846,9	1733,1	323,4	20509,6	533,15	785,2	4187,45	1009,95
108	1410,1	4846,7	1674,3	325,7	20230,5	524,6	781,7	4116,8	1002,5
109	1332,5	4654,5	1599,3	279,1	19748,4	517	761,1	4022,3	970,05
110	1297,3	4440,6	1560,9	293,2	19091,8	503,35	691	3993,55	929,75
111	1334,3	4498,8	1588,7	279,8	19075,3	507,75	668,05	4104,8	902,05
112	1322,3	4302,3	1506,5	275,5	18102,9	492,05	664,95	4128,5	944,55
113	1303,2	4127,6	1439,4	285,9	18357,1	543,65	654,75	3933,6	918,05
114	1298,9	4350,7	1556,7	276,2	19825,1	556,75	679,35	4076,45	938,65
115	1337,1	4425,7	1565,4	297,6	18879,8	545,3	636,65	4359,55	1025,25
116	1289,1	4358,2	1562,5	303,4	18569	541,55	675,85	4351,5	1007,05
117	1230,5	4087,3	1514,8	333	17982,9	549,2	666,75	4250	998,95
118	1196,1	4104,7	1476,2	300,7	18838	609,9	631,05	4040,35	953,65
119	1284	4360,2	1566,4	283	19400,3	616,45	723,35	4255,1	1005,6
120	1199,5	4295,5	1547,8	255,9	19495,7	612,3	664,9	4159,75	1045,8
121	1206,6	4113,4	1511,5	318,8	19132,4	550,5	653,2	4032	1020,3
122	1189,2	4084,8	1518,4	287,6	18364,7	561,2	674,1	4011,75	1019,95
123	1184,1	4003,8	1487,2	300,7	18189	571,85	627,65	4132,15	952,2
124	1239,3	4230,8	1553,3	326,8	18703,1	522,4	667	3976,05	970,3
125	1289,8	4492,8	1617,5	330,4	19133,6	566,95	728,9	3943,45	976,55
126	1298,3	4342,8	1575,9	319,5	19254,2	595,5	768,2	3916,4	1060,45
127	1251,3	4220,5	1530,4	384,1	18624,9	574,15	682,75	4143,4	1026,25
128	1282,1	4450,6	1559,6	404,4	19154,5	623,55	729	3711,15	1127,9
129	1243,3	4403,9	1570,7	332,1	19454,6	622,95	773,85	3695,75	1193,95

130	1236,6	4416	1570,4	345,9	20032,2	605,95	769,8	3508,6	1183,2
131	1204,6	4321,3	1434,8	304,3	19459,7	580,25	693,4	3591,3	1115,4
132	1200,6	4222,7	1554,1	296,9	19150,6	568,5	652,7	3587,75	1028,05
133	1016	3547,9	1315,4	308	16443,1	520,8	575,1	3554,4	900,8
134	1028,2	3884,6	1480,4	336,5	18740,4	628,3	787,25	3870,7	1097,2
135	898,5	3869,9	1497,8	340,7	19398,8	635,35	801,8	3801,7	1238,2
136	738,2	3717,6	1480,9	351,8	20034,8	671,5	892,35	3460,4	1309,15
137	710,8	3468,6	1368,9	354,3	18705,2	624,25	740,55	3718,3	1166,6
138	717,8	3424,1	1472,7	351	18944,4	597,95	687,4	3531,9	1094,85
139	714,8	3422,6	1428	288,9	19470,7	589,25	761,9	3255,1	1125,35
140	883,6	3698,8	1484,7	290,4	19671,3	509,95	679,65	3115,15	1062,8
141	746,8	3336,7	1411,8	360	18005,4	493,75	678,2	3148,9	1022
142	874,7	3644,8	1559,4	290,3	19219,7	575,85	681,4	3366,55	979
143	925,2	3529,8	1375,4	246,5	17961,9	592,9	625,3	3803,5	985,75
144	860,7	3412,8	1391,4	323,3	18386,8	623,05	648,15	3691,4	998,85
145	891,8	3697,3	1508,7	328,1	19411,6	591,35	678,15	3650,75	977,05
146	1016,1	3734,9	1548,1	316,7	19610,1	560,2	658,95	3193,95	988
147	789,3	3315	1415,6	316,1	18495,5	537,35	633,5	3225,05	953
148	857,6	3505,1	1475,4	286,2	18882,5	505,6	634,05	3362,6	973,15
149	1009,9	3788,7	1635,6	294,9	19454	506,65	701,85	3057,2	957,15
150	1155,4	4056,6	1742	295,3	20391	462,4	735,1	3084,35	1033,9
151	1071,1	4206,5	1814,1	347,9	21925,3	496,7	727,25	3132,75	998,7
152	1116,4	4378,2	1852,6	385,2	21977,2	496,5	792,75	3134,8	1104
153	1156,8	4377,1	1827	352,6	22588,1	474,05	738	3175,15	1029,5
154	1142,6	4302,6	1851,4	340,9	23896,3	512,5	839,75	3111,4	1057,7
155	1084,9	4388,3	1738,3	332,2	23332,6	510,45	829,25	3115,35	1104
156	932,6	4109,7	1659,6	329,4	22979	506,5	782	3127,1	1092,45
157	1023,4	4170,3	1843,7	365,4	23707,1	508,55	825,35	3204,5	1088,1
158	1016,9	4280,7	1866,2	327,9	22721,1	497,7	784,75	3143,75	1077,75
159	1003,9	3888,8	1701	307	21512	499,55	750,2	2946,5	1019,7
160	889,4	3888,8	1549,2	334,5	20656,6	541,55	776,2	3017,25	1084,3
161	856,3	3846,5	1657,7	313,2	20865,5	562,85	724,55	3284,45	1006,15
162	971,1	4108,9	1636,7	342,6	21822,7	583,85	782,65	3341,55	1128,05
163	1059,4	4246	1780,5	390,9	23269,3	544,9	790,2	3651,4	1124,85
164	1031,1	4209,2	1843,4	345,7	23463,2	525,8	776,85	3292,8	1124,9
165	1080	4305,8	1880,9	353,2	22872	497,55	801,45	3175,7	1078,5
166	1107,6	4262,4	1902,7	374,7	22506,8	485,85	773,4	3039,2	1041,95
167	1044,9	4190,8	1850,8	384,1	22180,7	487,25	792,4	3137,1	1047,7
168	1120,2	4132	1897,8	379,9	21939,8	462,55	731,65	2998,85	981,75
169	1050,4	3913,7	1757,8	329,5	20902,5	478,3	738,65	2818,4	1006,75
170	956,6	3654,4	1661,8	317,7	19693	470,7	719,85	2924,95	927,85
171	1240,6	4322,2	1839,8	316,3	22208,1	480,2	779,1	2983,1	985,75
172	1345,4	4852,3	1987,3	364,7	24957	514,7	867,45	3092,8	1067,8
173	1369,8	5007,3	2079,3	363,3	25849,3	508,95	864,9	3261	1051,75
174	1469,4	5225,5	2142,2	364,9	26441,7	507,8	867,65	3309,3	1109,15



175	1443,5	5170,6	2064,8	339,2	26135,7	517,25	902,1	3328,5	1161,55
176	1154,3	4827,3	2082,6	374,9	25593,4	537,45	919,45	3436,05	1149,2
177	947,9	4334,9	1948,8	353,5	24444,5	508	865,35	3286,8	1065,5
178	888,5	3813,4	1698	299,4	21549,1	489,7	731,2	3135,75	945,65
179	944,4	4003	1773,1	335,6	21859,3	477	768,8	2957,7	945,65
180	1113	4338,3	1873,7	301,7	22899,8	459,6	832,6	3090,35	1004,55
181	1108,2	4437,3	1884,2	336,9	23475,3	495,55	874,9	3162,1	1054,65
182	1297,1	4733,9	1981,4	415,9	25003,2	504,9	871,5	3188,5	1107,65
183	1460,7	5105,4	2090,5	414,3	26396	501,15	926	3224,5	1104,6
184	1505,5	5271,9	2196,6	429,7	25808,8	549	954,4	3145,55	1149,9
185	1433,7	5199,8	2279,9	345,5	25789,9	503,45	911,1	3168,6	1135,45
186	1392	5044,2	2067,7	358,6	25822,2	522,7	943,55	3183,05	1165,45
187	1342,2	5069,9	2124,6	367,7	26024,4	516,85	926,9	3333,7	1187,85
188	1391,6	5155,7	2190,5	311,5	25905	535,2	914,75	3207,55	1131,7
189	1543,6	5443,6	2294,9	327	26534,1	538,4	976,85	3246,05	1205,15
190	1429,8	5305,4	2225,8	346,3	27165,8	537,65	952,4	3213,85	1178,15
191	1410,8	5201,2	2202,9	378,5	26840,8	531,6	927,25	3286,25	1156,5
192	1279,9	4814,6	2091,7	321,5	25759,3	516,2	888,4	3421,15	1065,9
193	1244,1	4525,7	1913,3	319,9	23491,1	505,55	859,7	3056,75	1070,65
194	1324,4	4726,7	2017,9	351	24196	494,65	810,55	2918,1	1055,3
195	1327,8	4903,8	2050	383,7	24875,4	519,7	839,45	3617,95	1045,65
196	1458,3	5129,7	2155,5	386,4	25929,5	548,8	926,9	3320	1160,85
197	1282,9	4832,6	2094,4	353,5	25134,1	515,5	860,25	3312,2	1107,5
198	1244,9	4675,1	2039,5	368,6	24464,8	510,45	860,9	2914,05	1098,9
199	1198,4	4393,7	1897,4	362,9	22862,4	490,75	790,3	2847,4	965,05
200	994,3	3801,9	1669,9	314,2	20858,3	473,05	749,3	2627,2	918,05
201	926,1	3865,6	1764,5	313,5	22119,1	492	810,95	3002,7	1013,3
202	820,3	3589	1710,4	300,9	22445,9	522	838,05	3076,35	1041,7
203	924,5	3937,8	1835,6	363,7	23280,5	501,75	814,4	3362,05	1047,45
204	1242,5	4839,2	2156,8	391	25646,7	537,3	895,85	2888,3	1169,55
205	1244,5	4813,7	2254,9	340,2	26306,9	504,9	817,7	3408,4	1152,8
206	1253,1	5018,1	2328,3	393,3	27657,8	548,7	977,75	2718,95	1311,25
207	1347,1	5173,5	2389,1	408,8	27722,8	525,6	990,25	2837,95	1366,5
208	1456,1	5252,5	2431,6	363,7	27105,5	539,2	922,15	3199,3	1349,05
209	1539,9	5219,3	2400,8	404,6	26066,7	553,3	916,85	3272,75	1324,1
210	1289,7	4970,1	2337	406,6	25541,3	529,05	891,75	3066,8	1315,55
211	1107,4	4465	2226	389,6	24953,7	476,5	772,3	3742,8	1089,65
212	1017,5	4181,2	2084,9	378,8	26416,7	479,45	698,35	4325,1	1101,65
213	1044,5	4448	2238	351,6	26930,8	529,65	899,8	2924,2	1247,3
214	995,5	4405,7	2270,6	319,7	26243,5	524,05	843,5	3571,4	1222,05
215	1001,7	4595,8	2331,3	373,8	27044,2	522	905,9	2613,9	1307,2
216	992,6	4459,6	2121,8	347,2	26146,6	594	889,2	2603,3	1231,25
217	1055,3	4681,6	2267,7	323	27443,7	582	988,8	2622,25	1254,45
218	1116,7	4759,5	2586,6	411,5	29700,5	581,15	1087,3	2173,85	1512,85
219	1280,7	5146,6	2677,8	384,5	29839,3	499,95	996,9	2494,5	1499,1

220	1156,9	4704,8	2467,8	378,9	28232	537,95	945,5	2781,65	1436,95
221	1315,8	4880,5	2470,8	315,3	28496,3	559,05	948,55	2121,85	1381,85
222	1211,1	4827,2	2134,7	350,5	25632	543,2	875,05	2639	1174,8
223	1156,4	4542,5	2094,7	355,5	24867,9	506,65	876,75	2377,75	1202,75
224	1036,8	4039,1	1948,5	342,1	23359	500,1	825,45	2268,6	1156,95
225	1096	4531,4	2282,6	331,8	27268,1	549,4	950,05	2018,65	1418,35
226	1075,6	4895	2513,5	348,3	29264,3	567,6	1011,2	2203,3	1523,3
227	1558,1	5458,4	2669	394	29844,2	566,35	1035,9	2301,95	1516,9
228	1493	5247,2	2534,2	370,1	28807,1	545,25	981,1	2643,35	1451,05
229	1368,7	4899,2	2426	339,4	27838,2	539,8	936,4	2378,95	1486,6
230	1253,9	4733,2	2383,4	400,2	27132,3	526,5	913,45	2612	1379,1
231	1380,2	4944,4	2442,2	333,9	27092,5	490,4	896,8	2615,15	1427,3
232	1440,6	5179,4	2658	389,1	28679,8	490,7	977,85	2400,45	1560,9
233	1419,2	5361,1	2771,9	365,9	30343,2	541,3	1047,2	2386,8	1536,05
234	1353,9	5281,8	2687,9	365,4	29929,3	533,65	1010,15	2371,7	1479,6
235	1322,8	5215,2	2605,3	572,2	29313,3	545,8	1025,95	2657,5	1563,95
236	1365,4	5354,9	2644,9	407,2	29543,2	493,15	955,55	2653,65	1575,7
237	1245,8	5167,3	2678,3	431,4	30126	519,1	1020,15	2484,65	1480,05
238	1395,5	5274,1	2678,8	373,2	30098,2	484,2	965,15	2975,4	1435,7
239	1289,9	5066,7	2678,8	436,2	29475,4	476,4	913,9	3166,75	1423,15
240	1105,7	4670,7	2443,5	408	27655,2	456,45	815	3437,85	1280,45
241	878,7	3511,4	1902,7	322,2	22127,5	461,95	697	2714,85	1112,7
242	1154,3	4410,2	2110,6	315,9	24209,8	424,75	748	2803,95	1072,4
243	951,4	4345,8	2277,1	377,8	26725	455,05	800,85	3108,35	1219,55
244	1093,4	4863,2	2458,3	411,2	28799,7	527,15	963	2681,05	1443,4
245	1236,4	4890,9	2550,8	392,9	29333,2	527,3	984,65	2785,35	1322,9
246	1347,1	4978,8	2473,8	434,5	28581,2	536,7	865,55	3136	1336,8
247	1316,8	4852,9	2590,4	452,1	27750,8	477,6	793	3232,1	1315,05
248	1392,7	5061,4	2485,6	359,4	28911,7	495,85	908,55	2869,4	1334,8
249	1595,2	5411,8	2737,7	346	29731,2	551,4	931,55	2602,35	1354,45
250	1484,2	5090,1	2639,6	382,8	28746,1	521,2	846,85	3224	1361,5
251	1449,4	5074,2	2746,5	340,1	28155	465	951,9	2615,3	1505
252	1541,6	5077,9	2951,5	309,5	27168,7	406,75	1113,15	2312,95	1710,05
253	1296,3	4876,6	3003,4	276,2	26303,4	397,45	1186,6	1592,45	1861,5
254	1127,3	4458,3	2687,5	277,9	26088,3	413,2	1038,55	2131,05	1684,25
255	1013,4	4367	2710,2	303,5	25228,7	407,45	1024,35	2031,95	1670,25
256	1312,9	4796,7	2924,7	235,5	25087,5	380,1	1090,75	1907	1754,75
257	1604,8	5255,8	3230,6	214,5	24841	325,8	1135	1492,6	1951,15
258	1822	5649,2	3323,4	194,9	25680,2	307,8	1264	1194,55	2104,2
259	2005,8	5862,5	3345,5	222,9	25458	293,55	1238,55	1165,35	2087,5
260	1943,2	5679,9	3213,6	188,6	24521	302,25	1164,7	1146,25	1935,85
261	1928,9	5382,5	3052,1	171,5	22917,1	244,55	1129,15	1069,85	1772,65
262	2021,5	5449	3107,6	163,5	24601,7	273,8	1136,45	1124,7	1870,65
263	2134,5	5804,6	3281,1	184,5	27656,1	261,7	1148,75	1113,8	1901,7
264	2036,6	5806,8	3292,1	180,1	34344,6	262,7	1099,1	1019,9	1889,35

265	2025,6	5609,5	3194,1	173,4	34591,4	257,15	1130,45	1078,65	1920,9
266	1924,8	4935,2	2897,4	225,9	40859,3	236,8	925,45	973,2	1718,95
267	1938,1	4805,9	2703,6	179,7	30606	237,9	890,25	1044	1622,7
268	2112,6	5062,6	2773	178,4	18916,4	233,65	1041,25	1211	1725,8
269	2430,9	5472,6	2931,7	187	20238,8	223,85	1064,5	1517,55	1801,75
270	2334,1	5472,4	3007,1	169,3	20496,8	237,25	1041,45	1234,95	1865,55
271	2341,6	5489,8	3055,6	189,5	20912,3	239,95	1065,25	1240,8	1838,4
272	2179,4	5302,8	2965,2	167,9	23328,9	229,95	1077,9	1194,25	1647,6
273	1887,7	4326	2212,8	174,2	17002	235	760,45	1476,8	1458,75
274	1564,3	3246,8	1696,1	186,9	12388,6	210,3	630,7	1418,7	1319,9
275	1430,9	3069,4	1469,7	271,1	22115,6	192,2	488,9	1248	828,75
276	1115,5	2612,9	1359,1	304,5	43192,4	236,5	482,65	1049,95	790,2
277	1312,7	2937	1533,4	346,1	38068,7	232,1	529,65	1242,75	916,55
278	1403,8	2887,7	1489	356,8	33651,8	207,3	503	1417,85	933,9
279	1650,3	3367,3	1698,8	289,3	20005,8	209	666,45	1162,45	1161,1
280	1943,4	3877,2	1902,9	309,9	18577,9	207,65	702,05	1241,6	1205,85
281	1983,9	4171,5	2192,2	477,9	20030,7	226,6	811,5	1340	1456,2
282	2027,9	4395,2	2237,5	404,8	20343	213,6	834,7	1396,15	1411,6
283	1956,2	4318,8	2204,4	353,5	22736,5	245,7	810,8	1345,6	1341,05
284	1881,6	4181,9	2229,9	320,8	26046,7	241	774,35	1262,45	1398,6
285	1857,6	4369,9	2303,1	311,2	23577,6	243,35	823,4	1252,35	1495,15
286	1884,4	4534,9	2400,3	272,6	19482,2	230,65	924,9	1255,4	1521,6
287	1832,2	4382	2351,4	287,2	18280,2	251,05	843,6	1375,85	1513,85
288	1861,3	4360,1	2479,8	250,8	20084,2	230,75	883,4	1319,35	1751,85
289	1944,7	4792,3	2626,7	286,3	19045,8	244,55	965,8	1359	1744,75
290	1897	4701	2556	263,6	22099,2	249,55	936,05	1447,2	1603
291	1870,2	4556,3	2508	232	23601,1	248,7	908,8	1293,8	1704
292	2022,9	4614,6	2621,3	195,4	20363,2	253,55	908,75	1315,25	1885,5
293	1868,2	4199,9	2510,1	178,6	20024,7	226,55	807,1	1364,95	2174,2
294	1761,9	4022,9	2233,2	278,5	14226,4	233,2	749,35	1594,5	2221,65
295	1738,6	3716,3	1986,4	288,6	14144,1	213,75	689,9	1543,85	1685,3
296	1604,3	3463,6	1894,5	229,5	11589,4	221,7	646,65	1502,35	1470,2
297	1437,3	3012,5	1678,4	265,3	13843,5	184,85	584,6	1557,35	1495,25
298	1445,5	3223,9	1861,2	228	12013,8	204,05	596,35	1763,35	1690,55
299	1537,8	3526	1924,4	214,5	21873,4	195,8	621,45	1585,6	1500,15
300	1645,6	3718,1	1947	213,6	15061,8	229,1	692,25	1563,55	1354,4
301	1639	3691,4	1972,7	267,7	14326,5	242,95	748,6	1586,55	1431,4
302	1546,2	3538,6	1884,8	252,9	15436	220,65	693,1	1464,1	1458,75
303	1511,2	3546,6	1898,5	253	16321,5	234	672,9	1434,85	1589,9
304	1323,6	3123,7	1937,7	292,1	16044,8	219,6	602,4	1368,8	1645,85
305	1156,2	2866,2	1612,7	302,1	12169,6	210,85	592,65	1403,65	1675,75
306	1345,4	3282,5	1768,1	295,4	14405,5	220,7	645,3	1341,4	1527,45
307	1387,3	3224,1	1863,5	287,1	15239,3	221,15	649,55	1345,5	1679,65
308	1454	3326	1887,1	255,1	17347,9	211,65	644	1317,6	1576,3
309	1468,6	3371,3	1733,9	276,5	21262,6	199,25	617,65	1243,4	1336,5

310	1608	3612,6	1837,4	270,5	13422,3	207,15	705,75	1347,7	1269,45
311	1566,2	3409,9	1706,5	306,5	11805,9	208,25	692,05	1366,95	1259,05
312	1413,8	3132,1	1760,2	268,8	13216,1	211,6	611,35	1355,7	1432
313	962,5	2150,2	1414,5	280,8	10881,4	201,3	504,15	1376,85	1620,65
314	1167,4	2735,4	1689,4	267,2	10547,8	202,25	548,75	1461,1	1640,1
315	641,4	1592,3	1169,3	299,5	8033	192,4	408,6	1407,6	1552,7
316	587	1187	965,3	190,6	7461,4	179,3	281,95	1405,6	1214,3
317	778,9	1698,5	1092,8	230,9	11512,4	230,75	366,6	1566,2	1074,05
318	881,3	1962,1	1151,5	353,4	9371,8	204,7	406,7	1423,35	1259,8
319	890,4	1992,2	1026	392,5	11763,9	208,3	435,6	1434,65	1373,15
320	827,7	1854,7	1078,6	349,5	8708,3	237,55	444,75	1558,5	1233,15
321	857,3	1925,2	1174,5	357,9	10232,4	233,65	457,6	1636,8	1221,45
322	795,2	1587,1	1217,1	248,3	12362,3	207,45	396,25	1587,3	1078,35
323	938,1	1960,1	1228,9	254,6	10447,8	214,1	433,7	1577,6	1225,55
324	1132,5	2645,9	1274,8	269,1	17377,8	211,8	494,75	1699,55	1101,2
325	1218,3	3305,7	1348,2	230,7	21621	231	564,9	1682,45	1184,25
326	1154,6	3132,5	1417,6	234,4	22658,4	237,9	450,95	1779,7	1056,35
327	1066,9	3088,9	1546	250,2	33716,9	276,05	502,6	1496,1	936,65
328	1048,4	2913,9	1546,9	301,6	36079,7	275,45	538,85	1655,95	955,15
329	1209,8	3649,4	1559,2	314,8	37172,3	282	771,8	1412,35	1309,15
330	1118,6	3487,2	1599,6	297,9	42937,2	261,95	732,15	1218,1	1176,35
331	823,4	2488,7	1648,9	411,7	50981,4	277,65	513,5	833,3	818,95
332	617,7	2041,2	1649,6	524,2	71591,7	406,35	649,25	640,7	602,35
333	1035,8	3225,6	1658,4	374,5	47189,1	274,15	600,65	992,65	883,6
334	1258,8	3675,6	1664,9	334,8	38406,4	257,2	607,7	1162,4	981,7
335	1230,9	3843,7	1680,1	294,6	44999,3	290,85	694,4	1191,8	1198,7
336	1119,8	3583	1691,2	250,3	45446,2	265,85	694,05	1056,75	1079,05
337	824,9	2729,6	1705,6	222,9	29267,8	249,75	487,2	1397,8	986,55
338	761,1	2454,7	1710,1	268,6	26621,5	238,65	500,9	1418,2	1001,3
339	852,1	2761	1712,9	287	28544,9	256	555,3	1555	1090,05
340	898,2	2892,5	1722,1	243,2	28180,3	241	578,05	1669,85	1114,35
341	1191,3	3374,6	1724	242,3	38242,5	280,8	715,15	1369,6	1212,3
342	1147,6	3468,7	1736,9	229,8	44310,9	289,8	785,05	1372,25	1215,6
343	1177,2	3594,7	1737,7	247,3	35899	344,05	832,15	1611,95	1314,5
344	915,3	2860,6	1738,6	203,2	33847,5	306,1	679,9	1496,15	1257,4
345	850,3	2614,2	1741,9	324,7	25733,5	297,05	653,15	1521,1	1323,45
346	831,1	2785,3	1743	220,1	29834,4	258	606,3	1351,95	1120,05
347	996,8	3124,9	1746,7	271,3	34863,9	254,9	691,3	1214,95	1119,45
348	1096,7	3199,9	1752,9	230,6	28411,4	238,7	662,15	1189,75	1066,4
349	1393,5	3671,3	1784,9	146,8	32361,4	263,85	697,7	1120,35	1140,1
350	1577,8	4128,7	1790	230,7	30553,3	273,9	813,55	1265,55	1345,85
351	1894,2	4761,7	1792,7	196,9	24738,5	277,55	1027,9	1648,95	1544,3
352	2182,4	5166,6	1792,8	210,3	21109,6	297,85	1084,4	1768,8	1625,4
353	2166,5	5075,6	1794,5	199,5	20045,8	274,65	1025,75	1972,5	1587,35
354	2083,7	4815,4	1798,1	168,8	19538,4	269,6	963,6	1785,8	1453,6

355	1800,9	3964,1	1808,5	134,4	16737	240,05	821,35	1434,75	1266,7
356	2018,1	3922,2	1810,6	107,7	17334	254,05	800,9	1861,25	1317,4
357	1966,3	3913,9	1821,5	100,9	22202,9	273,45	831,9	1714,35	1332,8
358	1949,1	3940,8	1824,4	135,9	23226,6	241,8	775,15	1927,35	1327,85
359	2097	4217,1	1848,2	138,3	20280,7	286,05	859,1	2097,8	1436,2
360	1959,4	3849,3	1848,4	188,3	19542,3	283,05	799,15	2154	1359,75
361	2018,8	3921,9	1849	112,5	17921,4	273,95	770,25	2115	1326,8
362	1938,9	3791,6	1863,5	123,2	18431,1	270,55	806,2	1953,75	1363,05
363	1923,1	3827,5	1882	128,9	19298,8	280,95	810,7	1907,3	1496,55
364	1945,8	3897,8	1887	103	18527,5	271,7	877,95	1990,6	1397,8
365	1926	3963,5	1896,8	130,5	19201,5	291,2	883,7	2010,85	1405,7
366	1955,9	3998,4	1897,1	121,4	19003,3	267,25	856,9	1906,05	1379,9
367	1990,5	4087,7	1906,2	137,3	18274,3	303,15	903,05	2217,3	1494,7
368	2041,9	4231,7	1907,9	125,1	19933,1	291,8	952,8	1970,45	1548,95
369	2027,9	4322,2	1917,3	109,7	21762,1	294,5	912,35	1911,75	1462,3
370	2043	4360,9	1917,7	118,1	23158,2	329,2	937	1938,75	1570,3
371	1835	4068,4	1925,1	114,8	22209,1	313,3	969,65	2092,35	1574,45
372	1769,8	3857	1931,5	106	22851,9	312,35	849,95	2032,85	1473,7
373	1520,1	3119,7	1941,5	121,8	19486,2	248,45	630,55	2333,05	1252,5
374	1731,9	3583,1	1944,9	69,9	19448,4	292,65	815,1	2036,7	1350,9
375	1742,5	3681,5	1947,3	111,3	18278,6	306,1	801,35	2537,6	1408,4
376	1898,1	3570,7	1951	94,9	18707,2	290,5	762,05	3074,55	1429,35
377	1866,2	3692,7	1951,9	102,5	19511,6	330,1	771,75	2568,55	1387,3
378	1610,8	3271,6	1960,5	123,3	18053,4	286,8	746,45	2684,25	1288,55
379	1626,7	3342,3	1962,1	75,8	24461,2	279,85	767	1973,05	1275
380	1617,4	3291,6	1962,9	111,2	20618,2	295,85	706,35	2093,8	1260,55
381	1501	3182,3	1969	130,3	22995,1	297,1	697,65	2378,45	1288,8
382	1494,9	2964,4	1973	95,8	18039,9	315,9	612,85	3051,7	1307,45
383	1599,7	3277,6	1973,3	102,4	16492,2	310,6	744,7	2876,15	1359,7
384	1545	3317	1974,2	98,6	17313,5	322,8	810,75	2752,8	1371,6
385	1543,2	3273,4	1984,2	142,2	14519,8	318,6	732,05	2892,65	1335,05
386	1482,7	3343	1986,3	115,8	15262,8	322,1	765,95	2799,35	1365,7
387	1204,6	2726,5	1987,7	77,7	13360,8	281,95	616,5	2898,35	1268,4
388	1079,1	2465,3	1991,5	78,7	13913,4	303,3	588,25	2735,35	1309,2
389	1316,4	3085,3	1995,9	107,9	14236,7	339,4	802,9	2962,05	1408,15
390	1488,3	3436,2	2006,9	136,4	15708	357,1	804,05	2586,6	1432,15
391	1564	3425,3	2008,1	91,1	16347,5	344,45	792,8	2181,2	1318,25
392	1554	3376,9	2018,6	82,7	16110,8	308,5	778,2	2073,6	1337,9
393	1463,7	3341,1	2023,6	216,2	16638,8	325,85	837,35	2086,15	1356,7
394	1374,5	3304,8	2030,3	164,8	17587,3	330,4	836,45	2100,6	1396,4
395	1398,7	3406,4	2033,7	165,4	19405	352,4	862,2	1982,25	1396,5
396	1411,1	3428,1	2043,2	197,3	19294,1	332,1	872,45	2001,7	1385,25
397	1364	3256,1	2044,7	545,1	23832,4	300,05	811,4	1985,5	1272,7
398	1493,8	3315,4	2050,7	313,8	18799,4	303,2	794,95	2381,2	1469,1
399	1270,7	3150,4	2053,6	369,8	21216	341,5	779,2	2023,45	1315,05

400	1331,8	3343,4	2059,3	304,1	18477,1	353,6	839,9	1999,75	1372,5
401	1377,6	3343,6	2060,3	210,1	16086,6	342	867,85	2133,1	1393,1
402	1372,8	3216,6	2064	133,3	15325,9	307,4	816,8	2282,8	1362,55
403	1458,5	3267	2066,9	143,7	15257,7	321,2	785,2	2024,3	1388,2
404	1548,2	3404,2	2067,7	251,5	15805,1	332,9	787,5	1896,85	1385,9
405	1584,1	3565,6	2073,5	155,8	16458,5	357,15	865,75	2101,4	1539,95
406	1563,8	3535,2	2085,3	142,9	17038,4	415,75	931,2	2191,6	1510
407	1316,5	3045,3	2087,1	220,1	16437,9	348,9	758,4	2750,75	1470,85
408	1317,8	2980,5	2092,2	222,1	16645	343,3	746,2	2676,2	1375,55
409	1309,9	3051,1	2096,8	222,2	16783	346,3	786,6	2522,35	1318,8
410	1294,4	2925,1	2098,4	224,8	16919,9	328,6	725,75	2690,3	1365,15
411	1173,9	2426,1	2111,8	424,5	18588,2	279,5	542,4	3135,8	1174,95
412	1182,5	2273,5	2112,7	440,9	19200,8	271,85	517,15	3261,7	1252,4
413	1431,1	3031,7	2113,1	342,6	18011,6	310,6	743,3	2722,65	1198,25
414	1423,4	3218,7	2117,8	305,1	18601,4	336,1	783,65	2367,4	1316,4
415	1435,3	3343,5	2126,3	231,6	17295,1	343,3	796,9	2641,7	1367,85
416	1533,7	3284,6	2130,2	206,9	17187,5	307,7	801,45	3171,1	1408,6
417	1616,4	3432,8	2135,4	241,4	18502	343,45	819,05	3316,95	1498,55
418	1529,9	3300,7	2136,3	241,2	19252,1	352,45	747,7	3231,75	1362,95
419	1311,4	3089,2	2146	263,5	20948	349,15	759,5	3052,15	1363,2
420	1210,9	3061,2	2148,6	249,9	22365,2	362,5	796,65	2577,15	1300,55
421	1392	3271,2	2149,2	331,5	18325,4	354,4	805,55	2770,45	1358,65
422	1530,2	3390,7	2152,4	286,4	20934,4	359,4	819,4	2635,95	1332,15
423	1467,6	3469,9	2157	325,9	17737,7	352,85	819,9	2950,9	1420,35
424	1289,3	3019,1	2164,8	320,2	20072,2	332,15	758	3403,55	1277,15
425	1072,4	2602,6	2165	337,3	21351,5	327,2	658,5	3066,25	1238,7
426	1188,8	2754	2168,5	384,3	20763,3	336,85	683,45	3053,65	1222,4
427	1212,2	2769,5	2168,7	405,8	19893,8	317,6	688,35	3140,8	1238,45
428	1261,3	3031,2	2171,1	390,4	18563	348,2	740,25	2814,5	1312,55
429	1125	2847,5	2175,8	385,5	20083,1	367,55	733,45	2808,35	1247,95
430	991,6	2467,2	2192,1	453,5	19578,4	334,75	695,35	3108,4	1109,75
431	1155,1	2720,1	2194	310,4	17721,8	340,8	694,25	2813,15	1245,25
432	1355,7	3042,7	2202	319,8	17782,4	335,75	784,65	2915,8	1368,6
433	1314,9	3153,8	2206,1	356,2	19523,3	362,25	772,8	3235,4	1371,95
434	1402,1	3302,2	2208,7	379,2	21240,1	345,2	790,95	3100,1	1347,15
435	1238,9	2830,8	2214,3	536	26081,7	311,6	651,7	3180,65	1289,8
436	1218,2	3009	2217	431,4	22889,6	353,1	758,45	3008,9	1265,9
437	1064,7	2703,5	2218,9	460,1	20976,1	325,65	679,3	3441,2	1284,2
438	1258,2	3004,3	2219,5	399,3	19725,8	346,5	722,5	3027,25	1377,45
439	1128,9	2669,8	2222,5	402,3	21400,6	349,35	683,2	3176,6	1201,6
440	1256,3	2967,8	2224,4	298	18985,8	339,6	731,05	3120,35	1303,35
441	1353	2801,9	2225,9	276,3	16248,5	328,25	682,1	3371,8	1254,65
442	1268,7	2657,7	2226,7	203,1	16592,1	340,4	678,15	3359,15	1261,85
443	1500	3147,2	2228,3	233,7	16202,4	349,3	758,75	3103,8	1285,1
444	1558,3	3199,4	2232,1	248,8	16611,2	369,2	770,95	3032,55	1406,45

445	1423,4	2769	2232,6	241,7	16518,2	345,6	647,35	3842,6	1166,75
446	1311,8	2354	2233,3	247,5	15065,8	320,05	580,95	3543,15	1161,8
447	1428,4	2700,9	2269,6	282	16698,6	348,85	581,85	3505,65	1211,7
448	1394,3	2674,6	2277,9	266,8	16339,5	360,15	630,15	3290,05	1162,9
449	1206,7	2021,3	2288,2	239,2	16151,3	338,2	505,5	4085,3	1043,45
450	1227,6	2361,3	2290,5	238,9	16991,3	319,95	556,8	3920,45	1185,05
451	1365,5	2617,2	2292,4	164	16397,6	381,35	609,65	3146,45	1165,65
452	1382,6	2738,1	2292,4	174,3	15261,8	351,75	611,3	3055,75	1179,1
453	1426,4	2735,4	2301,7	250,5	14627,8	345,95	622,7	3121,85	1199,1
454	1480,3	2837,2	2331,6	264	15537,2	359,35	671,75	3115,75	1289,3
455	1444,2	2885,1	2349,4	503,2	20594,3	342,1	650,5	2754,75	1153,55
456	1317,9	2822,2	2353	406,3	19986,5	367	646,15	2782,85	1179,85
457	1228	2555,5	2375,5	558,6	21814,2	317,85	565,55	3027,55	1054,75
458	1290,1	2656,2	2384,6	430,9	19530,8	347,05	625,95	3243,15	1165,8
459	1510,3	2949,2	2437,2	444,3	20259,6	354	672,2	3589,95	1243,5
460	1501,5	3128,6	2494,3	500,3	22888,9	355,15	771,3	3083,1	1273,6
461	1356,3	3112,5	2555,9	965,6	33843,2	331,1	657,4	2452,3	1108,25
462	1322	2932,7	2585,9	898,3	31481,6	355,05	689,15	2939,15	1122,7
463	1463,2	3199,1	2622,8	681,9	24830,7	368,45	714,55	2758,5	1182,5
464	1676,9	3496,8	2689,9	452,4	20515	401,25	856,75	2771,7	1350,05
465	1742,1	3534,8	2719,2	463,2	20647,3	368,35	793,5	2777,4	1374,85
466	730,8	1024,1	2829,1	199,7	9380,9	201	334,05	1310,4	625,05

Prilog 31. Tablični prikaz vrijednosti odabranih omjera u jezgri KK-1.

Dubina jezgre (cm)	Ca/Fe	Si/Ca	Sr/Ca	Zr/Ti
0	3,186	0,178	0,086	0,564
1	3,202	0,170	0,086	0,596
2	3,212	0,162	0,089	0,580
3	3,330	0,164	0,086	0,614
4	3,280	0,170	0,089	0,629
5	3,395	0,166	0,088	0,581
6	3,600	0,161	0,085	0,619
7	3,628	0,160	0,086	0,622
8	3,392	0,177	0,086	0,603
9	3,485	0,165	0,090	0,620
10	3,428	0,159	0,089	0,611
11	3,502	0,158	0,088	0,648
12	3,687	0,160	0,085	0,601
13	3,688	0,160	0,084	0,610
14	3,808	0,162	0,084	0,658
15	3,967	0,158	0,083	0,618
16	3,362	0,147	0,089	0,593

17	3,894	0,149	0,087	0,593
18	3,679	0,158	0,088	0,571
19	3,579	0,153	0,088	0,609
20	3,754	0,144	0,088	0,629
21	3,421	0,169	0,088	0,608
22	3,406	0,158	0,089	0,576
23	3,574	0,155	0,088	0,582
24	3,746	0,161	0,086	0,587
25	3,839	0,150	0,087	0,603
26	3,793	0,133	0,087	0,659
27	3,651	0,152	0,089	0,606
28	3,807	0,142	0,086	0,621
29	3,711	0,156	0,088	0,623
30	3,772	0,163	0,086	0,610
31	3,757	0,167	0,087	0,624
32	3,944	0,161	0,086	0,600
33	4,025	0,157	0,085	0,614
34	3,879	0,162	0,086	0,576
35	3,931	0,151	0,086	0,592
36	3,987	0,157	0,086	0,617
37	3,998	0,149	0,085	0,610
38	4,000	0,150	0,085	0,601
39	3,931	0,152	0,085	0,591
40	4,152	0,148	0,084	0,606
41	4,199	0,144	0,083	0,618
42	4,032	0,141	0,084	0,608
43	4,072	0,151	0,083	0,617
44	4,050	0,142	0,085	0,611
45	4,180	0,136	0,085	0,638
46	4,296	0,140	0,086	0,612
47	4,440	0,145	0,083	0,625
48	4,445	0,149	0,083	0,600
49	4,231	0,151	0,083	0,612
50	4,364	0,149	0,083	0,622
51	4,095	0,151	0,081	0,578
52	4,336	0,147	0,082	0,628
53	4,103	0,156	0,085	0,618
54	3,952	0,159	0,083	0,588
55	3,715	0,167	0,082	0,557
56	3,771	0,169	0,084	0,566
57	3,723	0,170	0,081	0,607
58	3,668	0,170	0,082	0,595
59	3,780	0,165	0,083	0,617
60	4,222	0,159	0,081	0,604
61	4,105	0,157	0,081	0,582



62	4,114	0,158	0,081	0,626
63	4,175	0,150	0,083	0,617
64	4,279	0,149	0,087	0,621
65	3,687	0,160	0,076	0,606
66	3,460	0,171	0,076	0,602
67	3,531	0,171	0,075	0,591
68	3,186	0,187	0,079	0,588
69	3,159	0,192	0,078	0,564
70	3,024	0,190	0,079	0,554
71	3,148	0,187	0,079	0,549
72	3,075	0,191	0,079	0,541
73	3,023	0,190	0,081	0,567
74	2,856	0,178	0,084	0,573
75	2,897	0,175	0,081	0,570
76	2,958	0,185	0,082	0,581
77	2,969	0,180	0,081	0,555
78	3,037	0,178	0,078	0,572
79	3,042	0,186	0,077	0,551
80	3,120	0,187	0,077	0,572
81	3,179	0,189	0,078	0,583
82	3,127	0,188	0,078	0,557
83	3,070	0,190	0,077	0,535
84	3,162	0,185	0,076	0,578
85	3,160	0,185	0,076	0,572
86	3,035	0,193	0,074	0,598
87	2,926	0,198	0,074	0,536
88	3,145	0,193	0,076	0,533
89	2,880	0,201	0,074	0,585
90	2,818	0,210	0,074	0,573
91	2,811	0,216	0,074	0,555
92	2,813	0,217	0,073	0,553
93	2,736	0,222	0,072	0,577
94	2,705	0,223	0,075	0,555
95	2,668	0,226	0,073	0,534
96	2,710	0,216	0,075	0,520
97	2,772	0,212	0,073	0,564
98	2,872	0,216	0,072	0,576
99	2,855	0,223	0,071	0,540
100	2,806	0,216	0,070	0,546
101	2,696	0,217	0,072	0,591
102	2,781	0,211	0,072	0,570
103	2,693	0,217	0,071	0,592
104	2,752	0,208	0,071	0,546
105	2,843	0,208	0,072	0,550
106	2,925	0,208	0,075	0,569

107	2,876	0,209	0,071	0,583
108	2,899	0,206	0,070	0,599
109	2,930	0,203	0,070	0,607
110	2,971	0,203	0,070	0,596
111	3,035	0,203	0,071	0,568
112	3,296	0,190	0,069	0,627
113	3,174	0,195	0,068	0,638
114	2,925	0,197	0,070	0,603
115	3,292	0,191	0,070	0,655
116	3,330	0,190	0,070	0,645
117	3,361	0,182	0,070	0,659
118	3,130	0,184	0,069	0,646
119	3,105	0,191	0,071	0,642
120	3,135	0,184	0,068	0,676
121	3,202	0,178	0,066	0,675
122	3,227	0,181	0,068	0,672
123	3,217	0,181	0,071	0,640
124	3,011	0,195	0,071	0,625
125	2,859	0,207	0,072	0,604
126	2,899	0,203	0,070	0,673
127	3,197	0,184	0,070	0,671
128	2,916	0,202	0,066	0,723
129	2,859	0,204	0,066	0,760
130	2,649	0,206	0,066	0,753
131	2,728	0,204	0,068	0,777
132	2,743	0,208	0,068	0,662
133	3,034	0,185	0,071	0,685
134	2,868	0,172	0,072	0,741
135	2,762	0,160	0,071	0,827
136	2,225	0,156	0,078	0,884
137	2,546	0,146	0,078	0,852
138	2,363	0,148	0,079	0,743
139	2,006	0,167	0,083	0,788
140	2,104	0,190	0,075	0,716
141	2,295	0,171	0,076	0,724
142	2,291	0,180	0,076	0,628
143	2,713	0,171	0,078	0,717
144	2,496	0,167	0,080	0,718
145	2,331	0,180	0,081	0,648
146	2,205	0,202	0,074	0,638
147	2,036	0,190	0,086	0,673
148	2,207	0,185	0,081	0,660
149	2,206	0,207	0,071	0,585
150	2,179	0,225	0,069	0,594
151	1,927	0,223	0,074	0,551

152	1,941	0,237	0,073	0,596
153	1,897	0,231	0,074	0,563
154	1,829	0,224	0,071	0,571
155	1,845	0,222	0,072	0,635
156	1,829	0,200	0,074	0,658
157	1,870	0,207	0,072	0,590
158	1,976	0,207	0,070	0,578
159	1,992	0,205	0,069	0,599
160	1,901	0,199	0,077	0,700
161	1,872	0,198	0,084	0,607
162	1,936	0,202	0,079	0,689
163	1,835	0,216	0,086	0,632
164	1,876	0,203	0,075	0,610
165	1,901	0,211	0,073	0,573
166	1,924	0,217	0,070	0,548
167	1,908	0,215	0,074	0,566
168	1,930	0,232	0,071	0,517
169	1,827	0,229	0,074	0,573
170	1,840	0,226	0,081	0,558
171	1,713	0,259	0,078	0,536
172	1,648	0,268	0,075	0,537
173	1,572	0,275	0,080	0,506
174	1,620	0,277	0,077	0,518
175	1,719	0,264	0,074	0,563
176	1,651	0,227	0,081	0,552
177	1,455	0,223	0,092	0,547
178	1,460	0,221	0,100	0,557
179	1,514	0,234	0,089	0,533
180	1,612	0,246	0,084	0,536
181	1,699	0,236	0,079	0,560
182	1,616	0,258	0,079	0,559
183	1,594	0,284	0,077	0,528
184	1,560	0,301	0,078	0,523
185	1,515	0,298	0,081	0,498
186	1,510	0,289	0,082	0,564
187	1,518	0,280	0,084	0,559
188	1,429	0,302	0,087	0,517
189	1,455	0,315	0,084	0,525
190	1,403	0,305	0,084	0,529
191	1,436	0,297	0,085	0,525
192	1,418	0,278	0,094	0,510
193	1,465	0,283	0,089	0,560
194	1,476	0,301	0,082	0,523
195	1,513	0,281	0,096	0,510
196	1,376	0,313	0,093	0,539

197	1,383	0,293	0,095	0,529
198	1,306	0,304	0,091	0,539
199	1,436	0,281	0,087	0,509
200	1,458	0,257	0,086	0,550
201	1,244	0,265	0,109	0,574
202	1,144	0,252	0,120	0,609
203	1,222	0,252	0,118	0,571
204	1,211	0,318	0,093	0,542
205	1,187	0,305	0,109	0,511
206	1,086	0,320	0,090	0,563
207	1,110	0,332	0,092	0,572
208	1,091	0,363	0,108	0,555
209	1,189	0,362	0,106	0,552
210	1,166	0,340	0,103	0,563
211	1,184	0,293	0,127	0,490
212	1,058	0,270	0,155	0,528
213	0,943	0,314	0,115	0,557
214	0,925	0,313	0,147	0,538
215	0,903	0,325	0,107	0,561
216	1,052	0,293	0,095	0,580
217	0,950	0,321	0,101	0,553
218	0,676	0,423	0,108	0,585
219	0,702	0,463	0,119	0,560
220	0,682	0,456	0,144	0,582
221	0,715	0,481	0,104	0,559
222	1,034	0,358	0,100	0,550
223	1,046	0,338	0,091	0,574
224	0,979	0,336	0,099	0,594
225	0,782	0,396	0,095	0,621
226	0,802	0,362	0,094	0,606
227	0,864	0,452	0,089	0,568
228	0,888	0,433	0,103	0,573
229	0,777	0,464	0,110	0,613
230	0,780	0,445	0,123	0,579
231	0,878	0,422	0,110	0,584
232	0,768	0,459	0,109	0,587
233	0,703	0,481	0,112	0,554
234	0,755	0,439	0,105	0,550
235	0,847	0,399	0,107	0,600
236	0,840	0,412	0,107	0,596
237	0,749	0,411	0,110	0,553
238	0,837	0,410	0,118	0,536
239	0,787	0,410	0,136	0,531
240	0,794	0,381	0,157	0,524
241	0,839	0,361	0,146	0,585

242	0,964	0,369	0,120	0,508
243	0,856	0,328	0,136	0,536
244	0,872	0,335	0,107	0,587
245	0,827	0,384	0,115	0,519
246	0,855	0,412	0,128	0,540
247	0,779	0,450	0,149	0,508
248	0,772	0,456	0,129	0,537
249	0,751	0,509	0,117	0,495
250	0,764	0,475	0,147	0,516
251	0,744	0,503	0,125	0,548
252	0,716	0,541	0,119	0,579
253	0,632	0,541	0,096	0,620
254	0,678	0,463	0,121	0,627
255	0,627	0,477	0,129	0,616
256	0,667	0,560	0,114	0,600
257	0,743	0,608	0,081	0,604
258	0,774	0,621	0,060	0,633
259	0,791	0,652	0,058	0,624
260	0,779	0,675	0,060	0,602
261	0,816	0,668	0,057	0,581
262	0,751	0,704	0,061	0,602
263	0,709	0,712	0,057	0,580
264	0,611	0,656	0,049	0,574
265	0,675	0,575	0,046	0,601
266	0,610	0,509	0,039	0,593
267	0,918	0,450	0,037	0,600
268	1,597	0,456	0,040	0,622
269	1,594	0,478	0,047	0,615
270	1,509	0,482	0,040	0,620
271	1,494	0,484	0,040	0,602
272	1,337	0,453	0,038	0,556
273	3,158	0,230	0,028	0,659
274	6,049	0,141	0,019	0,778
275	3,591	0,115	0,016	0,564
276	1,743	0,101	0,014	0,581
277	2,204	0,105	0,015	0,598
278	2,552	0,109	0,017	0,627
279	3,701	0,144	0,016	0,683
280	3,438	0,188	0,019	0,634
281	2,840	0,221	0,024	0,664
282	3,056	0,207	0,022	0,631
283	2,610	0,211	0,023	0,608
284	1,966	0,229	0,025	0,627
285	2,088	0,246	0,025	0,649
286	2,396	0,266	0,027	0,634

287	2,638	0,252	0,029	0,644
288	2,300	0,268	0,029	0,706
289	2,496	0,277	0,029	0,664
290	2,246	0,256	0,029	0,627
291	1,881	0,287	0,029	0,679
292	2,017	0,337	0,032	0,719
293	2,243	0,303	0,030	0,866
294	4,299	0,212	0,026	0,995
295	4,279	0,201	0,026	0,848
296	5,292	0,189	0,024	0,776
297	4,772	0,165	0,024	0,891
298	6,016	0,152	0,024	0,908
299	2,930	0,165	0,025	0,780
300	4,372	0,172	0,024	0,696
301	4,599	0,170	0,024	0,726
302	4,208	0,167	0,023	0,774
303	3,794	0,170	0,023	0,837
304	3,836	0,164	0,022	0,849
305	5,170	0,145	0,022	1,039
306	4,260	0,153	0,022	0,864
307	4,147	0,156	0,021	0,901
308	3,601	0,165	0,021	0,835
309	2,887	0,164	0,020	0,771
310	4,666	0,170	0,022	0,691
311	5,393	0,161	0,021	0,738
312	4,840	0,153	0,021	0,814
313	5,871	0,124	0,022	1,146
314	6,102	0,141	0,023	0,971
315	7,966	0,096	0,022	1,328
316	9,405	0,085	0,020	1,258
317	7,075	0,072	0,019	0,983
318	9,056	0,078	0,017	1,094
319	7,179	0,083	0,017	1,117
320	9,822	0,076	0,018	1,050
321	8,064	0,080	0,020	1,004
322	4,543	0,125	0,028	1,051
323	5,900	0,123	0,026	0,961
324	3,226	0,145	0,030	0,668
325	2,172	0,185	0,036	0,574
326	2,188	0,168	0,036	0,587
327	1,430	0,159	0,031	0,491
328	1,423	0,150	0,032	0,550
329	1,057	0,223	0,036	0,587
330	0,829	0,229	0,034	0,561
331	0,702	0,169	0,023	0,512

332	0,399	0,164	0,022	0,447
333	0,770	0,201	0,027	0,443
334	1,165	0,201	0,026	0,447
335	0,869	0,233	0,030	0,524
336	0,842	0,212	0,028	0,496
337	1,550	0,136	0,031	0,578
338	1,744	0,127	0,031	0,592
339	1,680	0,135	0,032	0,611
340	1,748	0,138	0,034	0,641
341	1,117	0,195	0,032	0,590
342	0,842	0,218	0,037	0,562
343	1,107	0,208	0,041	0,574
344	1,285	0,152	0,034	0,663
345	2,111	0,116	0,028	0,774
346	1,571	0,138	0,029	0,643
347	1,083	0,187	0,032	0,576
348	1,296	0,205	0,032	0,559
349	1,047	0,277	0,033	0,540
350	1,192	0,293	0,035	0,567
351	1,606	0,316	0,042	0,574
352	1,994	0,332	0,042	0,575
353	2,200	0,311	0,045	0,584
354	2,188	0,312	0,042	0,569
355	2,106	0,333	0,041	0,574
356	2,451	0,302	0,044	0,594
357	1,788	0,311	0,043	0,599
358	1,824	0,292	0,045	0,595
359	2,257	0,289	0,046	0,616
360	2,539	0,257	0,043	0,613
361	2,590	0,275	0,046	0,632
362	2,374	0,283	0,045	0,622
363	2,296	0,277	0,043	0,657
364	2,366	0,281	0,045	0,610
365	2,223	0,285	0,047	0,613
366	2,183	0,296	0,046	0,586
367	2,414	0,286	0,050	0,627
368	2,077	0,307	0,048	0,599
369	1,731	0,333	0,051	0,586
370	1,709	0,328	0,049	0,599
371	1,931	0,279	0,049	0,646
372	1,985	0,252	0,045	0,627
373	2,899	0,178	0,041	0,642
374	2,454	0,235	0,043	0,623
375	2,884	0,220	0,048	0,633
376	3,047	0,212	0,054	0,659

377	2,676	0,226	0,049	0,650
378	2,829	0,204	0,053	0,653
379	1,808	0,236	0,045	0,624
380	2,427	0,203	0,042	0,649
381	2,321	0,184	0,045	0,660
382	3,416	0,159	0,050	0,723
383	3,512	0,177	0,050	0,691
384	3,019	0,192	0,053	0,683
385	3,666	0,186	0,054	0,665
386	3,438	0,185	0,053	0,668
387	4,304	0,146	0,050	0,762
388	3,968	0,141	0,050	0,730
389	3,608	0,164	0,058	0,731
390	3,268	0,190	0,050	0,643
391	3,164	0,199	0,042	0,624
392	3,016	0,204	0,043	0,647
393	2,847	0,201	0,044	0,641
394	2,827	0,187	0,042	0,661
395	2,420	0,196	0,042	0,625
396	2,357	0,207	0,044	0,640
397	1,938	0,191	0,043	0,618
398	2,608	0,197	0,049	0,667
399	2,138	0,187	0,045	0,616
400	2,274	0,209	0,048	0,618
401	2,680	0,208	0,049	0,629
402	2,930	0,198	0,051	0,670
403	2,998	0,207	0,044	0,688
404	3,045	0,211	0,039	0,643
405	3,024	0,207	0,042	0,679
406	3,022	0,196	0,043	0,680
407	3,280	0,164	0,051	0,709
408	3,101	0,170	0,052	0,671
409	2,902	0,180	0,052	0,663
410	3,085	0,167	0,052	0,707
411	3,194	0,140	0,053	0,713
412	2,972	0,139	0,057	0,810
413	2,645	0,190	0,057	0,602
414	2,287	0,212	0,056	0,637
415	2,508	0,211	0,061	0,636
416	2,797	0,206	0,066	0,656
417	2,708	0,209	0,066	0,651
418	2,758	0,184	0,061	0,651
419	2,371	0,175	0,061	0,691
420	2,038	0,178	0,057	0,623
421	2,751	0,180	0,055	0,639



422	2,389	0,201	0,053	0,598
423	3,005	0,179	0,055	0,660
424	2,840	0,152	0,060	0,651
425	2,654	0,128	0,054	0,670
426	2,503	0,153	0,059	0,656
427	2,581	0,157	0,061	0,692
428	2,578	0,183	0,059	0,669
429	2,365	0,163	0,059	0,641
430	2,485	0,141	0,064	0,637
431	2,625	0,159	0,060	0,660
432	2,728	0,179	0,060	0,656
433	2,726	0,169	0,061	0,632
434	2,550	0,174	0,057	0,611
435	2,170	0,153	0,056	0,680
436	2,248	0,162	0,058	0,638
437	2,747	0,128	0,060	0,709
438	2,750	0,153	0,056	0,681
439	2,784	0,131	0,053	0,638
440	2,983	0,151	0,055	0,680
441	3,787	0,147	0,055	0,679
442	3,735	0,140	0,054	0,733
443	3,521	0,172	0,054	0,651
444	3,425	0,181	0,053	0,693
445	4,062	0,143	0,057	0,677
446	4,786	0,123	0,049	0,751
447	3,999	0,142	0,053	0,697
448	4,118	0,136	0,049	0,679
449	4,810	0,108	0,053	0,736
450	4,309	0,117	0,054	0,760
451	3,728	0,148	0,051	0,703
452	3,865	0,157	0,052	0,675
453	4,162	0,152	0,051	0,684
454	3,877	0,159	0,052	0,708
455	2,766	0,166	0,048	0,643
456	2,677	0,169	0,052	0,647
457	2,430	0,158	0,057	0,628
458	2,663	0,164	0,062	0,650
459	2,715	0,179	0,065	0,634
460	2,365	0,183	0,057	0,641
461	1,529	0,175	0,047	0,578
462	1,620	0,173	0,058	0,607
463	1,963	0,196	0,057	0,574
464	2,322	0,230	0,058	0,628
465	2,292	0,236	0,059	0,645
466	2,222	0,235	0,063	0,580

## 12. ŽIVOTOPIS

Dragana Janeš (rođ. Šolaja) rođena je 17. siječnja 1984. godine u Bjelovaru. Srednjoškolsko obrazovanje stekla je u Ekonomsko-birotehničkoj školi u Bjelovaru. Završila je diplomski studij geologije, smjer geologija s paleontologijom na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu 2010. godine. Godine 2017. zapošljava se na Hrvatskom geološkom institutu kao asistentica na projektu DARLINGe (Danube Region Leading Geothermal Energy) kada započinje sa radom na temi doktorske disertacije u sklopu projekta HRZZ-a „LoLADRIA“ (Lost Lake Landscapes of the Eastern Adriatic Shelf – Nestali jezerski krajobrazi istočnog dijela Jadranskog mora). Godine 2019. zapošljava se kao asistentica na ZAG-u - Zavodu za gradbeništvo, Ljubljana u Odjelu za materijale, Laboratoriju za kamen, agregat i reciklirane materijale. Od 2020.-2024. godine. radi u Ministarstvu poljoprivrede kao viši stručni savjetnik u Odjelu za javnu nabavu i kontrolu rada Uprave ribarstva. U srpnju 2024. godine prelazi u Ministarstvo zaštite okoliša i zelene tranzicije na mjesto više savjetnice gdje radi do danas.

Tijekom doktorskog studija boravila je šest mjeseci na Sveučilištu Uppsala, Geocentrum na Odjelu Earth Sciences, Švedska, u sklopu programa ERASMUS.

Tijekom doktorskog studija sudjelovala je na radionicama: 1<sup>th</sup> MOPP-MEDFLOOD project Workshop-Modeling Paleo Processes – Sveučilište u Bremenu, Njemačka; LoLADRIA 2017 – radionica o istraživanju potopljenih paleookoliša, Park prirode „Telašćica“, Sali, Dugi otok i „DIG – 2<sup>nd</sup> Workshop on Dinaric Glaciation“, INQUA – Starigrad Paklenica.

## 12.1. POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

### Znanstveni radovi u časopisima

1. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan; Brunović, Dea; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren; Papatheodorou, George; Geraga, Maria; Durn, Tanja; Christodoulou, Dimitris; Razum, Ivan.

Late Quaternary Evolution of a Submerged Karst Basin Influenced by Active Tectonics (Koločep Bay, Croatia) // *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (2022), 7; 881 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni).

2. Rman, Nina; Lenuta Bălan, Lidia; Bobovečki, Ivana; Nóra Gál, Nora; Jolović, Boban; Lapanje, Andrej; Marković, Tamara; Milenić, Dejan; Skopljak, Ferid; Rotár-Szalkai, Ágnes; Samardžić, Natalija; Szócs, Teodóra; **Šolaja, Dragana**; Toholj, Nenad; Vijdea, Anca-Marina; Vranješ, Ana.

Geothermal sources and utilization practice in six countries along the southern part of the Pannonian basin // *Environmental Earth Sciences*, 79 (2020), 1; 1-12 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni).

3. Mezga, Kim; Vrhovnik, Petra; **Šolaja, Dragana**; Gullón, Lidia; Mauko Pranjić, Alenka; Garcia Uriarte, Ainara .

Explore the briefcase - learning about raw materials through non-conventional teaching tools // *Geologica Macedonica*, 33 (2019), 2; 159-166 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni).

### Sažeci u zbornicima skupova

1. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan; Papatheodorou, George; Hasan, Ozren; Brunović, Dea.

Geomorphology of a submerged karst isolation basin in the seismically active area of the Koločep Bay // *6th Regional Meeting on Quaternary Geology: Seas, Lakes and Rivers* /Jamšek Rupnik, Petra; Novak, Ana (ur.). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 2021. str. 90-91. (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

2. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan; Papatheodorou, George; Hasan, Ozren, Ilijanić, Nikolina; Gerarga, Maria.

The Koločep Channel – A Sedimentary Record of Late Quaternary Paleoseismics History in a Submerged Karst Isolation Basin // *6. hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka. 6th Croatian Geological Congress with international participation.* / Horvat, Marija; Matoš, Bojan, Wacha, Lara (ur.). Zagreb: Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2019. str. 188-189. (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

3. **Šolaja, Dragana**; Marković, Tamara; Rotár-Szalkai, Ágnes; Maros, Gyula; Bereczki, László; Markos, Gábor; Babinszki, Edit et al..

Delineation of the Deep Geothermal Aquiferes in the DARLINGE Project Area // *6. hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka. 6th Croatian Geological Congress with international participation.* / Horvat, Marija; Matoš, Bojan, Wacha, Lara (ur.). Zagreb: Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2019. str. 187-188. (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

4. Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Brunović, Dea; Ilijanić, Nikolina; Papatheodorou, George; Geraga, Maria; Christodoulou, Dimitris; Čurić, Matej; Meštrović, Ivor; **Šolaja, Dragana**; Bakašun, Marko.

Submerged paleolandscapes of karst rivers Zrmanja, Cetina, Neretva and Koločep in the Eastern Adriatic Coast (Croatia) // *6. hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem. Knjiga sažetaka. 6th Croatian Geological Congress with international participation.* / Horvat, Marija; Matoš, Bojan, Wacha, Lara (ur.). Zagreb: Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, 2019. str. 84-84 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

5. Marković, Tamara; **Šolaja, Dragana**; Larva, Ozren.

Chemical and isotopic characteristics of thermal waters in northwestern part of Croatia // *Proceedings of 4<sup>th</sup> conference of the IAH CEG (Central European Group of IAH) and guide of geotrip of the IAH karst Commission* / Stevanović, Zoran; Živanović, Vladimir; Milanović, Petar (ur.). Beograd, Srbija, 2019. str. 85. (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

6. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan; Papatheodorou, George.

Tektonika i geomorfologija Koločepskog kanala // *Simpozij studenata doktorskih studija PMF-a*, Sveučilište u Zagrebu, 2019. (predavanje, ostalo).

7. 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) // *5. slovenski geološki kongres, Velenje* / Novak, Matevž ; Rman, Nina (ur.). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2018. 45-45 (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

8. Rman, Nina; Lidia-Lenua, Bălan; Ivana, Bobovečki; Nóra, Gál; Boban, Jolović; Andrej, Lapanje; Marković, Tamara; Dejan, Milenić; Ferid, Skopljak; Ágnes, Rotár-Szalkai; Natalija, Samardžić; Teodóra, Szócs; **Šolaja, Dragana**; Nenad, Toholj; Anca-Marina, Vijdea; Ana, Vranjes.

Utilization of thermal water in six Danube Region countries, the DARLINGE project // *5. slovenski geološki kongres, Velenje* / Novak, Matevž; Rman, Nina (ur.). Ljubljana: Geološki zavod Slovenije, 2018. str. 77-77. (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

9. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan; Papatheodorou, George.

Koločepski kanal – potopljeni krški bazen // *Simpozij studenata doktorskih studija PMF-a*, Sveučilište u Zagrebu, 2018. (predavanje, ostalo).

10. Marković, Tamara ; **Šolaja, Dragana** ; Bobovečki, Ivana ; Šostarić, Filip ; Strejček, Damir ; Brkić, Željka ; Larva, Ozren ; Dolić, Mario ; Pomper, Nataša ; Borović, Staša ;

Dumbir, Ana-Maria ; Hlaban, Nataša ; Barilar, Karolina ; Šalković, Ivana ; Frbežar, Ksenija ; Kuhta, Mladen

Geothermal potential of Krapinsko-Zagorska County – Croatia // *44<sup>th</sup> Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists (IAH) - "Groundwater Heritage and Sustainability"* / Posavec, Kristijan; Marković, Tamara (ur.). Dubrovnik, Hrvatska, 2017. str. 421-421 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

11. **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<sup>th</sup> 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. 66-67 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

12. **Šolaja, Dragana**.

Structural analysis of neotectonic activity in the Lonja-Ilova Basin Between Daruvar and Kutina (North Croatia) // *5<sup>th</sup> International Students Geological Conference / Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series, 8* / Pál-Molnár, Elemér (ur.). Budimpešta, Mađarska, 2014. str. 118. (predavanje, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni).

#### Poglavlja u knjizi

1. **Šolaja, Dragana**; Miko, Slobodan.

The Koločep Channel // *44<sup>th</sup> Annual Congress of the IAH „Groundwater Heritage and Sustainability“ Dubrovnik. Excursion guidebook, Arboretum Trsteno - Koločep Bay – Ston* / Marković, Tamara; Martinjak, Jasminka; Pomper, Nataša (ur.). Zagreb: Hrvatski geološki institut, 2017. str. 7-13.

2. Šram, Dejan; Vengust, Ada; Rman, Nina; Lapanje, Sndrej; Marković, Tamara; **Šolaja Dragana**; Larva, Ozren; Avanić, Radovan; Ádám, László; Gál, Nóra; Mérés, Enikő; Szócs, Teodóra; Rotár-Szalkai, Ágnes.

The Slovenian – Hungarian – Croatian pilot area // *Cascades and Calories: Geothermal Energy in the Pannonian Basin for the 21<sup>st</sup> Century and Beyond* / Nádor, Annamária (ur.). Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 2019, str. 99-114.