

**AZ EOCÉN-OLIGOCÉN ÁTMENET AZ ERDÉLYI-MEDENCÉBEN
FORAMINIFERA VIZSGÁLATOK ALAPJÁN**

DIPLOMAMUNKA

GEOLOGUS MESTERSZAK

FÖLDTAN-ŐSLÉNYTAN SZAKIRÁNY

KÉSZÍTETTE:

KICSI ANNA RÉKA

TÉMAVEZETŐ

DR. PÁLFY JÓZSEF

KONZULENSEK

DR. SILYE LÓRÁND

DR. OZSVÁRT PÉTER

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

FÖLDRAJZ ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET

ÁLTALÁNOS ÉS ALKALMAZOTT FÖLDTANI TANSZÉK



Budapest, 2023

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|---|----|
| 1. Bevezetés..... | 4 |
| 2. Az eocén-oligocén átmenet általános jellemzése..... | 8 |
| 2.1. Globális és regionális események..... | 8 |
| 2.2. Környezet- és éghajlatváltozás..... | 9 |
| 2.3. A határ rétegtani vonatkozásai | 10 |
| 3. Paleogén foraminiferák evolúciója és faunaváltozások az eocén-oligocén átmenet során. 13 | |
| 4. Földtani háttér | 18 |
| 4.1. Paratethys | 18 |
| 4.2. Erdélyi-medence fejlődéstörténete | 18 |
| 4.3. Az Erdélyi-medence paleogén képződményei | 20 |
| 4.4. A Berédi Márga Formáció..... | 22 |
| 5. Anyag és módszerek | 25 |
| 5.1. Mintavétel a vizsgált szelvényből | 25 |
| 5.2. Mintaelőkészítés és feldolgozás | 25 |
| 5.3. Adatelemzési módszerek..... | 28 |
| 5.3.1. Diverzitási indexek..... | 28 |
| 5.3.2. Klaszteranalízis | 29 |
| 5.3.3. Főkomponens-analízis (PCA) | 29 |
| 5.3.4. Nem-metrikus többdimenziós skálázás (NMDS)..... | 30 |
| 5.3.5. Trend-eltávolított korrespondencia analízis (DCA) | 30 |
| 5.3.6. Morfocsoport analízis..... | 30 |
| 5.3.6.1. Morfocsoportok leírása | 31 |
| 5.3.7. BFOI index | 35 |
| 6. Eredmények..... | 36 |
| 6.1. Bentosz foraminiferák taxonómiája | 36 |
| 6.1.1. Bentosz foraminiferák relatív gyakorisága..... | 37 |
| 6.2. Diverzitás..... | 37 |
| 6.3. Klaszter analízis | 40 |
| 6.4. Főkomponens-analízis..... | 41 |
| 6.5. NMDS | 43 |
| 6.6. DCA..... | 44 |

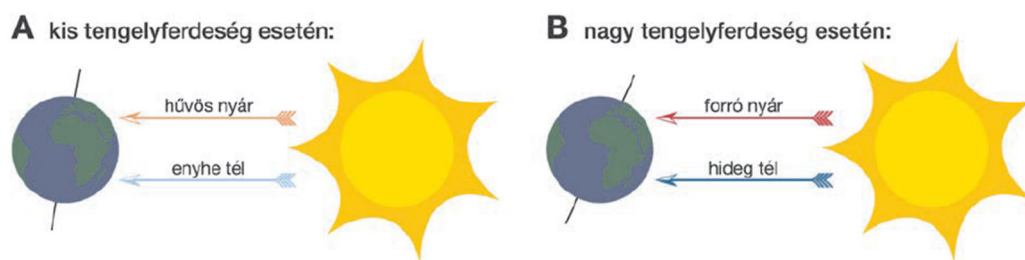
| | |
|---|----|
| 6.7. Morfocsoportok | 46 |
| 6.8. BFOI..... | 47 |
| 7. Diszkusszió | 49 |
| 7.1. Adatfeldolgozási módszerek értelmezése és összefüggései..... | 49 |
| 7.2. Foraminifera együttesek értelmezése | 55 |
| 7.3. Kitekintés a Magyarországi paleogén medencére | 59 |
| 8. Következtetések és összegzés | 60 |
| 9. Köszönetnyilvánítás | 62 |
| 10. Abstract..... | 63 |
| 11. Irodalomjegyzék | 64 |
| 12. Mellékletek | 76 |
| 12.1. Foraminifera táblák | 76 |
| 12.2. Román-magyar névjegyzék..... | 88 |
| 12.3. Taxon-gyakorisági adatok a vizsgált mintákban | 90 |

1. BEVEZETÉS

A Föld története során számos klíma- és környezetváltozás formálta a bolygót, mint élőhelyet és ezáltal a Föld élőlényeit is. A földtörténeti múlt klímaváltásai, ezek ok-okozati összefüggései, lefolyási mechanizmusai és a hatásainak megértése támpontot nyújthatnak a jelen és a jövő éghajlati változásaihoz (Bradley, 2014). A klímarendszer változásai eltérő intenzitással és időintervallumokban mennek végbe az extrém meleg éghajlattól (évi átlaghőmérséklet 10°C a poláris zónákban), a hűtőházként értelmezhető, a sarki régiók eljegesedésével járó glaciális körülményekig (Zachos et al., 2001).

Az eocén-oligocén határon bekövetkezett melegezből hűtőházba történő váltás egyike a kainozoikum legjelentősebb globális klímaváltozásainak. Jelentőségét növeli, hogy ez az időszak alatt alakult ki az Antarktiszon permanens jégtakaró is. A jelentős lehűléssel járó klímaváltozás ~500 000 év alatt zajlott le, ami egy fontos lépés volt a ma ismert, jéggel borított Föld kialakulásához (Coxall & Pearson, 2007).

A klíma változásai nem meglepőek, hiszen a Föld pályageometriája és a tektonikai lemezek örökös mozgásban vannak. Több nagyléptékű globális klímaváltozás a bolygónk orbitális paramétereinek a periodikus és kváziperiodikus oszcillációjából ered, ami a beeső napsugárzás mértékét és eloszlását szabályozza (Berger, 1978; Zachos et al., 2001). A tengelyferdeség vagy oblikvitas, azaz a Föld forgástengelye és az elliptikával bezárt szöge $65,5$ és 68° között változik, átlagosan 41 ezer éves periódusokban (Laepple & Lohmann, 2009). Az orbitális excentricitás, azaz a lapultság, a keringési pályának középpontja és egyik fókuszpontja közötti távolságnak a váltakozása. Elkülöníthető rövid és hosszú excentricitási ciklus, utóbbi a Jupiter és a Vénusz gravitációs kölcsönhatásából adódik, mivel a Jupiter tömege jelentősen nagyobb, mint a Vénuszé, így kvázi állandónak tekinthető ennek a ciklusnak a 405 ezer éves periódusa. A rövid excentricitás több különböző ciklus átlagának tekinthető, így kevésbé stabil, de nagyjából 100 ezer év körül mozog (Vallner et al., 2020). A precesszió, a Föld forgása során a bolygó tengelyének elmozdulása, ami 21 ezer éves periódusokban (a két domináns precessziós ciklus kb $23,5$ ezer és 19 ezer éves periódusidővel bír) a Nap és a Hold forgatónyomatékának hatására következik be. (Vallner et al., 2020)



1. ábra: Tengelyferdeség hatása a klímára (Vallner et al., 2020)

A felsorolt paramétereknek a változása hatással van a klímára, például minél nagyobb a tengelyferdeség szögértéke, annál nagyobb lesz a különbség az északi és déli féltekére érkező napsugarak beesési szöge között az adott évszakban (1.ábra), ezáltal élesednek az évszakok közötti különbségek (Vallner et al., 2020). Ezek a paraméterek viszont önmagukban nem okoznak drasztikus változást (például jégkorszakot), csak a változás ütemét és időtartamát indukálják (Zachos et al., 2001).

A paleoklimatológia tudománya a múltbeli éghajlatváltozásokat vizsgálja különböző módszerek segítségével, például oxigén izotóp analízis (jégfurat, korallzátony és óceáni üledékből vett fossziliák izotópanalízise), statisztikai elemzések, továbbá több különböző geológiai, geomorfológiai és őslénytani módszer. Így az úgynevezett proxik segítségével becsülnek bizonyos környezeti tényezőket és rekonstruálják a földi klíma egy-egy időszaknak, kornak vagy korszaknak megfelelő állapotát. Ezek a klímára érzékeny proxik információkat nyújtanak a globális hőmérsékletről, jégborítottságról, áramlatokról, szénkörforgásról, atmoszferikus CO₂ tartalomról és kontinentális mállásról is. Egy ezektől eltérő módszer az összes proxy és geológiai adat alapján, valamint az elmúlt bő másfél évszázadban mért adatokra hagyatkozva a klíma modellezése. Minél távolabb megyünk vissza az időben, a felsorolt módszerek annál pontatlanabbak, és eredményeik annál problematikusabbak.

A klíma radikális és gyors lehűlése jelentős hatást gyakorolt az őskörnyezet egyes elemeire, különösen az élővilágra. A globális klíma radikális megváltozása leginkább az eocén/oligocén határon (33,9 millió év) (Speijer et al., 2020) érhető tetten, amelyre a tengeri elölények karbonát vázában kimutatható jelentős ¹⁸O izotóp dúsulás alapján következtetünk (Kennett & Shackleton, 1976; Shackleton, 1987). Ez az oxigén stabil izotópjai esetében tapasztalt kilengés, ami Oi-1 eseményként ismert, és kora egybeesik az antarktisi jégtakaró kialakulásával és kiterjedésének bővülésével (DeConto & Pollard, 2003b; Zachos et al., 2001). Ez az ún. kainozoikum lehűlés kezdete, amely meghatározta a kainozoikum Oi-1 esemény utáni klíma és környezet történetét, beleértve az élővilágot is. Több különböző és független

proxi (oxigén, szén és Mg/Ca arány) mutat egyidejű hőmérséklet csökkenést és perturbációt a tengerek felszíni régiójában és ezzel egyidejűleg globális váltást az elővilágban (Coxall et al., 2018; Hillaire-Marcel & De Vernal, 2007; Salamy & Zachos, 1999; Zachos et al., 2001). A $\delta^{18}\text{O}$ növekedéshez kapcsolódó hőmérséklet-csökkenés kimutatható volt többek között a csendes-óceáni mélytengeri szelvényekből ($\sim 1,5\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$ növekedés) (Bralower et al., 1995; Coxall et al., 2005; Lyle et al., 2008), és az Atlanti óceáni mélytengeri szelvényekből ($\sim 1,0\text{‰}$ $\delta^{18}\text{O}$ növekedés) (Miller & Katz, 1987; Shackleton et al., 1988; Via & Thomas, 2006). Ennek eredményeként a hidegebb klímához könnyebben alkalmazkodó fajok fele mozdult el a bioszféra összetétele, amit összefoglaló néven „Grande Coupure” -ként ismernek (Cavelier et al., 1981; Coxall & Pearson, 2007). A melegházból hűtőházba történő váltás oka valószínűsíthetően az atmoszferikus CO_2 koncentráció csökkenése és az Antarktisz környékén a Drake- és Tasmán-átjáró kinyílásának együttes hatása, míg a Föld orbitális paramétereinek változásai az eljegesedés időpontját határozták meg (Barker & Thomas, 2004; DeConto & Pollard, 2003a; Kennett, 1977; Kennett & Shackleton, 1976; Zachos et al., 2001).

Annak ellenére, hogy sok kutatás középpontjában az eocén-oligocén határon bekövetkezett események állnak, ezen kutatások legnagyobb része nyílt óceáni medencékre korlátozódna, viszont lényegesen kevesebb kutatás célozza meg az epikontinentális beltengereket, melyek igazán fontosak a klímaváltás regionális hatásainak megértéséhez (Nyerges et al., 2021; Ozsvárt et al., 2016). A Paratethys az eocén-oligocén határ közelében fűződött le a záródó Neotethys-től, a szubdukció és gyűrődés hatására az Észak Alpokban és a Dinaridákban (Báldi, 1984; Nyerges et al., 2021). Az Erdélyi-medence az Alpi-Kárpáti-Dinári területnek az egyik epikontinentális részmedencéje (Ozsvárt, 2018), melynek fejlődéstörténete során 4 fő tektonosztratigráfiai megaszekvenciát lehet elkülöníteni (késő kréta szinrift, paleogén sag, kora miocén flexurális medence és középső késő miocén ívmögötti medence) (Krézsek & Bally, 2006). Az Erdélyi-medence északnyugati részében az eocén-oligocén határ a Berédi Márga Formációban érhető tetten (Rusu et al., 1993). Ennek a bryozoa maradványokban gazdag formációnak a felső része a *Pycnodonte gigantea* biohorizont, amit hagyományosan az eocén-oligocén határjelző szintnek tekintettek (Braga & Crihan, 2006), viszont valójában ez alatt néhány méterrel húzható meg a határ. A határ pontos elhelyezkedése ezekben a rétegekben viszont egy rendkívül nehéz kérdés, hiszen a globális korrelációra használt *Hantkenina* utolsó előfordulási dátuma ebben az esetben nem használható, hiszen ez a nemzetség nem ismert az Erdélyi-medencében.

Dolgozatomban az Erdélyi-medencében előforduló paleogén rétegsorban az eocén-oligocén határ őskörnyezetét kísérem meg rekonstruálni bentosz foraminiferák segítségével, mely segíthet a határ rétegtani és korrelációs problémáinak az megoldásában is. A bentosz foraminiferák olyan kisméretű Rhizopodák (általában <1 mm), melyek általában szilárd vázzal rendelkeznek. Életmódjukat tekintve vagy az epibentoszhoz, az üledék felszínéhez vagy az üledék felszínén a moszatokon vagy más szervezetekhez tapadva élnek. Másik csoportjuk az inbentoszban, azaz néhány centiméter (max. 10-15 cm) mélységig az üledékben való életmódhoz alkalmazkodtak. A tengerben az árapályövtől a mélytengerig minden régióban megtalálhatóak. Legnagyobb alagzadagságukat a sekély- és mélytengerben érik el (Murray, 1991, 2006). A paleoklimatológiában gyakran használják a foraminiferákat proxiként, a kiváló őskörnyezet jelző tulajdonságuk miatt. Az őskörnyezeti rekonstrukcióhoz kvantitatív mikropaleontológiai módszert választottam, melyben a környezeti paramétereket a megjelenő fajok elterjedésének, diverzitásának és abundanciájának a segítségével következtetjük.

2. AZ EOCÉN-OLIGOCÉN ÁTMENET ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

2.1. Globális és regionális események

Az eocén-oligocén határ kritikus pontot jelöl a kainozoikum történetében, mivel egybeesik az egyik legjelentősebb éghajlatváltozással, melyben meleg klímából hűvösebb klímába vált, és olyan éghajlati trend veszi kezdetét mely a holocénig kitart (Ellwood et al., 2020; Zachos et al., 2001).

Az egyik legfontosabb globális jelentőségű esemény, mely az eocén-oligocén átmenettel összefüggésbe hozható, az Antarktiszt hirtelen és széleskörű eljegesedése, mely azóta is egyike a kevés permanens jéggel borított földrészeknek (DeConto & Pollard, 2003b). Az antarktiszi jégtakaró jelentős hatást gyakorol az óceánok éghajlatára és ökológiájára regionális és globális szinten egyaránt. (Zachos et al., 1996). Az alacsony hőmérséklet és a jégtakaró felett generált erős, tartós szelek elősegítik az Antarktiszt Fenékvíz (AABW) gyors termelését azáltal, hogy felgyorsítják a tengeri jégképződést és a felszíni vizek lehülését. Geológiai időskálán a kontinentális jégtakarók a Föld rendszerének más kritikus összetevőit is befolyásolják, beleértve a tengerszintet, a szárazföldi és tengeri felszínborítást, a bolygó albedóját, a kontinentális időjárási arányokat és az óceánok kémiaját, amelyek mindegyike nagyszabású fizikai és geokémiai visszacsatolást kezdeményezhet (Zachos et al., 1996).

A permanens jégtakaró kialakulásának időpontja és mechanizmusa az Antarktison, a mai napig vitatott, több elmélet is született a sok éves kutatás során. Kialakulása az Oi-1 eseményhez köthető, amely 33,55 millió éve e kontinensen az eljegesedés kezdetét jelöli és hirtelen okozott 3-4°C-os hűlést világszinten (Wellner & Anderson, 2013). Az eredeti elképzelés szerint a Déli-óceáni átjárók (Tasmán és Drake) kinyílása tették lehetővé az Antarktiszi Cirkumpoláris Áramlat (ACC) létrejöttét és ezáltal a kontinens termális izolációját, ami végül eljegesedéshez vezetett (Barker & Thomas, 2004; Kennett, 1977; Kennett & Shackleton, 1976). DeConto & Pollard (2003) szerint a kainozoikumi csökkenő CO₂ koncentráció először több kis kiterjedésű jégtakarót eredményezett az Antarktison, majd amint a CO₂ koncentráció az alsó küszöbérték alá süllyedt, ezek a jégsapkák gyors terjeszkedésnek indultak a magasság/tömeg egyensúly megtartása érdekében, és végülis kontinentális méretű kelet-antarktiszi jégtakaróvá nőttek össze. Ugyanakkor azt feltételezik, hogy az Déli-óceáni átjárók kinyílása csak másodlagos szerepet töltött be a CO₂ koncentrációhoz képest. Ezt részben alátámasztja Bozóki et al. (2019) laborkísérlete, melyben a Drake átjáró zárt majd nyitott helyzetével modellezték a hőmérsékleti viszonyok változását,

melyben arra az eredményre jutottak, hogy a nyitott helyzetű Drake átjáró önmagában nem okozott lehűlést (sőt, felmelegedést okozott), kivéve abban az esetben, ha a rendszerben már jelen volt a kontinentális jégtakaró. Ezt a laborkísérletet Vincze et al. (2021) egy közepes komplexitású globális klíma modell segítségével is alátámasztotta, melyben a Drake átjárót zárt és a nyílt helyzetben is vizsgálták, továbbá tengeri jég jelenlétével és anélkül is.

A déli féltekével ellentétben, az északi féltekén nem mutatható ki egyértelműen az eljegesedés, bár egyes kutatók úgy vélik (Coxall et al., 2005; Lyle et al., 2008), a Csendes-óceánban végzett fúrási adatok alapján, hogy a $\delta^{18}\text{O}$ növekedés túl nagy ($\sim 1,5\text{‰}$) ahhoz, hogy azt csak az Antarktiszon kialakuló jégtakaró okozhatta volna, így arra következtetnek, hogy az eocén-oligocén határon nem monopoláris, hanem bipoláris jégtakaró jött létre a Földön. Újabb kutatások adatai alapján viszont nem mutatható ki jelentős eljegesedés, hisz északon kisebb az a CO_2 küszöbérték, amely a jégképződéshez szükséges, mint az Antarktiszon (DeConto et al., 2008), és így sokkal hidegebb klíma szükséges a grönlandi permanens jég kialakulásához (Hutchinson et al., 2021).

2.2. Környezet- és éghajlatváltozás

A földtörténetben a paleogén egy olyan időszak, melyben a globális klíma dinamikus változásokon ment keresztül, így a kréta végi globálisan meleg éghajlat (melegház) a paleogén végére hűtőházzá alakult, és ebben a hosszútávú lehűlésben kulcsszerepet játszanak az eocén-oligocén határon bekövetkezett események (Sloan & Barron, 1992).

A tengerszintváltozás az egyik legegyszerűsebb következménye az éghajlatváltozásoknak, akár globális felmelegedésről akár globális eljegesedésről van szó (Miller et al., 2020). A globális átlag tengerszint (GMSL) a relatív tengerszint globális átlaga, mely három tényező változásának függvénye: a hőmérsékletváltozás hatására megváltozó tengervíz sűrűsége, a tengervíz össztömege, mely a kontinentális jég térfogat és a szárazföldi víztárolók tömegváltozásából ered és az óceáni medencék térfogata (többnyire >1 millió éves távlatban) (Miller et al., 2020). Mikrofácies, szedimentológiai és őslénytani vizsgálatok alapján (Houben et al., 2012) az első izotóp elmozdulás, az eocén-oligocén átmenet (EOT-1) során 20 méteres tengerszint csökkenés feltételezhető, míg a tényleges izotóp anomália során az oligocén elején (Oi-1 esemény) 50-60 méteres tengerszint csökkenés becsülhető.

A tengerekben található karbonát kompenzációs szint (CCD), az a mélység, ahol a felszíni vizekből származó kalcium karbonát bevitelének mértéke megegyezik az oldódás mértékével, mely jelenleg körülbelül 4500 méter mélységben helyezkedik el, kisebb nagyobb

különbségekkel a különböző óceáni medencékben (Coxall et al., 2005). A Csendes-óceánban (Coxall et al., 2005) a CCD szint nagymértékű, körülbelül 1 km-es süllyedését mutatták ki az eocén-oligocén határ környékén (kb 34 millió évvel ezelőtt), az antarktiszi permanens jégta-
karó megjelenésével egyidőben, de ezek kapcsolata még nem teljesen tisztázott. A süllyedés gyorsan, nagyjából két 40 ezer éves szakaszban zajlott le, egyidejűleg az antarktiszi kétlépcsős eljegesedéssel (Coxall et al., 2005).

A klímaváltozások alkalmával legtöbbször elkerülhetetlen, hogy az élővilág is gyökeresen megváltozzon, kihalásokat és új csoportok megjelenését előidézve. Az eocén-oligocén határon lényeges kihalás és ökológiai átrendeződés figyelhető meg több élőlénycsoportnál (Coxall & Pearson, 2007), a szárazföldi és tengeri ökoszisztémákban egyaránt. Először Stehlin (1909) figyelt meg egy kihalási tendenciát európai szárazföldi emlősöknél, melyet rétegtanilag a ludiai (=priabonai) és stampiai (=rupeli) közé helyezett (Cavelier et al., 1981), ezt nevezzük „*Grande Coupure*” -nek. A tengeri környezetben a vízhőmérséklet hirtelen és drasztikus csökkenése (Ivany et al., 2000), a CCD szint süllyedése és az óceáni üledékesedési ráta csökkenése tömeges pusztulást okozott a tengeri gerinctelen élőlények köreiben is (Cavelier et al., 1981).

2.3. A határ rétegtani vonatkozásai

Az eocén-oligocén határt szervezett módon először 1980 és 1985 között futó Nemzetközi Geológiai Korrelációs Program (IGCP-174-es projekt) keretein belül kezdték el vizsgálni Charles Pomerol és Isabella Premoli Silva vezetése alatt, melynek során a fő cél a rétegtani arany-
szög vagy GSSP (Global Stratigraphic Section and Point) kijelölése volt (Premoli Silva & Jenkins, 1993). Az 1987-ben Anconában tartott nemzetközi paleogén albizottsági ülésen vált nyilvánvalóvá, hogy az Anconától 10 km-re délkeletre található Massignano szelvény az egyik legalkalmasabb jelölt az eocén-oligocén határ típusszelvényére. 1989-ben került bemutatásra a javaslat a Washingtonban megrendezett 28. Nemzetközi Geológiai Kongresszuson, majd 1992-ben a Kyotóban megtartott 29. Nemzetközi Geológiai Kongresszuson hivatalosan is a Massignano szelvényt az eocén-oligocén határ típusszelvényének választották (Jovane et al., 2009; Premoli Silva I & Jenkins, 1993).

A Massignano szelvény Olaszország Monte Cornero régiójában található, Ancona település közelében (é.sz. 43° 32' 13", k. h. 13° 35' 36"), egy felhagyott kőfejtőben (Premoli Silva & Jenkins, 1993). A szelvény első rétegtani leírását Baumann (1970) készítette el, azóta nagyon sok részletes tanulmány készült a Massignano szelvény lito- és biosztratigráfiájáról, kemo- és

magnetosztratigráfiájáról, melynek részletes megismeréséért William Lowrie és Luca Lanci további fúrást is mélyítettek 110 méterre délre a kőbányától (Massicore) (Jovane et al., 2009).

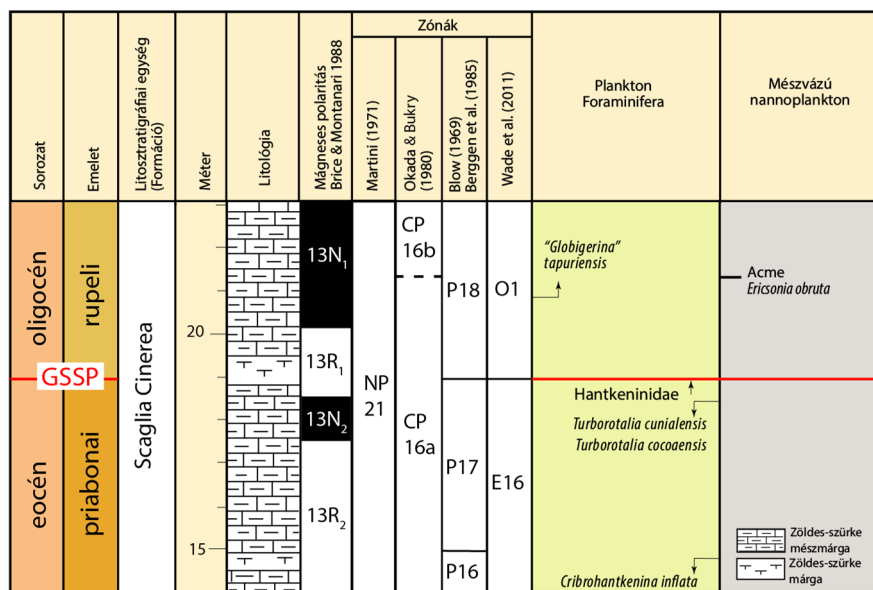
A 23 méter vastag rétegsor az Umbria-Marche medencében, a Neotethys északnyugati részén rakódott le, mely a triástól egészen a messinai korszakig süllyedő tendenciát követett. Az üledékek alsó batiális környezetben rakódtak le (1000-1500 méter mélységben) az eocén végén és az oligocén elején (Coccioni & Galeotti, 2003; Jovane et al., 2009; Marchegiani et al., 1999).

A szelvény két formációból áll, az alsó részen a néhol vöröses, néhol zöldes szürke márga a Scaglia Variegata Formációhoz, a felső részen található meszes márga pedig a Scaglia Cinerea Formációhoz tartozik (Premoli Silva & Jenkins, 1993). A határt jelölő aranyszöget (GSSP-Global Stratigraphic Section and Point) a Scaglia Cinerea Formáció egyik zöldesszürke márga rétegének alsó határára tették, ebben a rétegben tűnik el a *Hantkenina* és a *Cribohantkenina* plankton foraminifera nemzetség is (Jovane et al., 2009; Premoli Silva & Jenkins, 1993).

Biosztratigráfiai szempontból a Massignano szelvény mészvázú nannoplankton és plankton foraminifera zonációját Coccioni et al. (1988) vizsgálták részletesen. A szelvény az NP18-tól az NP21-ig és CP15a-tól CP16-ig terjedő mészvázú nannoplankton zónákkal, továbbá a P15-től P18-ig terjedő plankton foraminifera zónákkal párhuzamosítható (2. ábra). Az eocén-oligocén határ az NP21, illetve CP16a zónákkal korrelálható. A bentosz foraminifera biozonációt Parisi & Coccioni (1988) vizsgálták és a szelvény a BB4-től BB5-ig terjedő bentosz foraminifera zónákkal párhuzamosítható (Jovane et al., 2009; Premoli Silva & Jenkins, 1993). A Massignano szelvény magnetosztratigráfiáját Bice & Montanari (1988) dokumentálták és korrelálták a Contessai szelvénnel, így a 13R fordított polaritású szakaszba esik (Premoli Silva & Jenkins, 1993).

Az eocén-oligocén határ számszerű kora vitatott, Zanazzi et al. (2007) 33,5 millió évre teszi a határt, Jovane et al. (2006, 2009) 33,7 millió évre becsüli, de a legáltalánosabban elfogadott kor 33,9 millió év (2. ábra) (Speijer et al., 2020). Ennek egyik oka, hogy a GSSP meghatározásához használt *Hantkenina* és *Cribohantkenina* plankton foraminifera nemzetségek utolsó előfordulási dátuma (LOD) nem pillanatszerű, hanem e csoportok lépcsőzetesen tűntek el magasabb szélességi köröktől az alacsonyabbakig haladva, a globális lehülés fokozatossága miatt (Van Mourik & Brinkhuis, 2005). Továbbá problémát jelentett, hogy a GSSP kora és az Oi-1 esemény között 400 ezer év különbség van (Van Mourik &

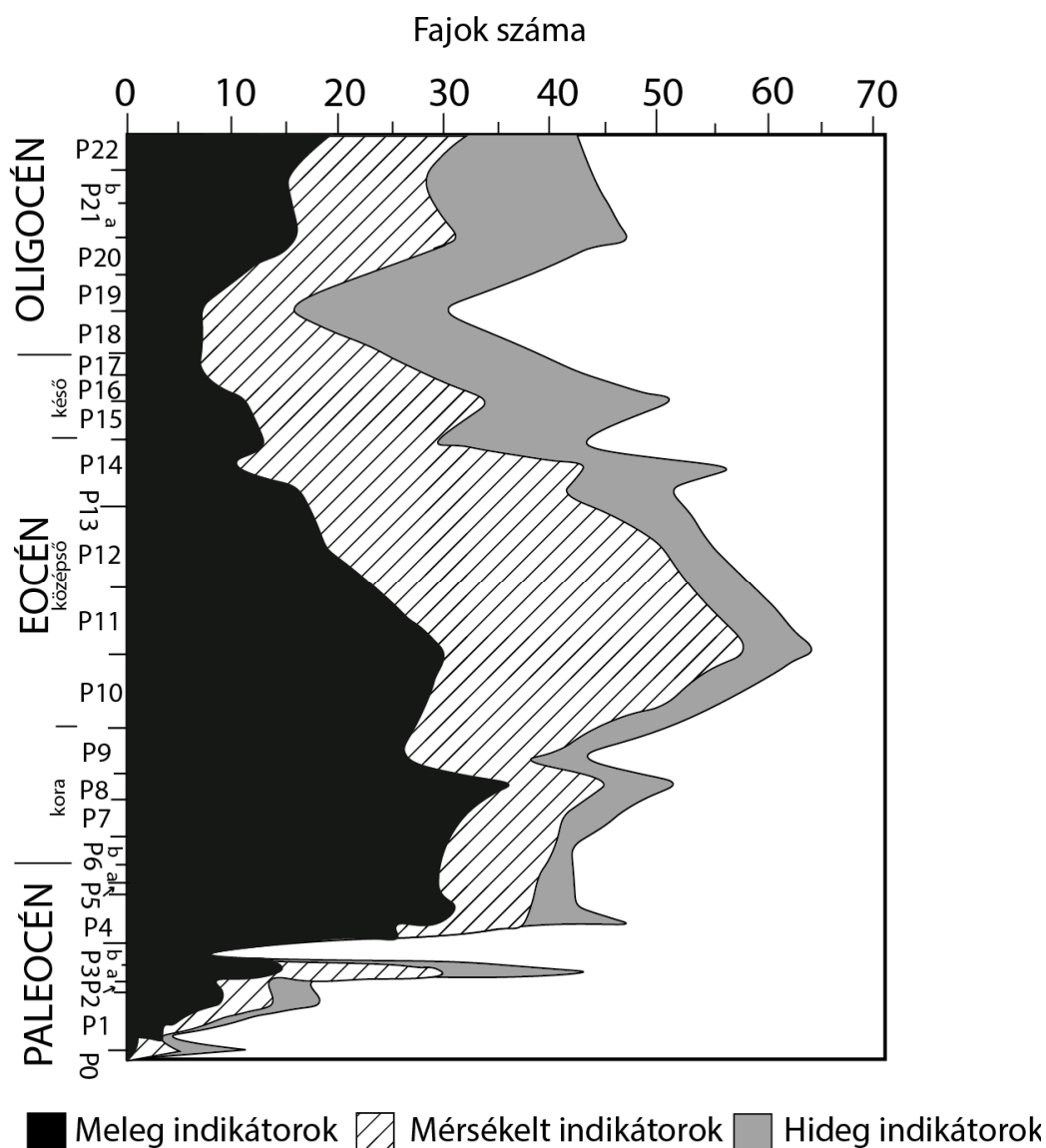
Brinkhuis, 2005). Az Oi-1 eseményt az oligocén elején (kb. 33,6 millió évre becsülik) sokan a nagyszabású antarktiszi eljegesedés kezdetének tekintik (Zachos et al., 2001), amely globális (eusztatikus) tengerszint csökkenéssel is járt (Van Mourik & Brinkhuis, 2005). A Massignano szelvényénél a hatkeninidák utolsó előfordulása a C13r magneto-szubkrónba esik, míg az Oi-1 esemény a fiatalabb C13n-be, ezért egyes szerzők úgy vélik, hogy az *Areosphaeridium diktyoplokum* jobban megfelelne az eocén-oligocén határ globális korrelációjához (Van Mourik & Brinkhuis, 2005).



2. ábra: Az eocén-oligocén határ sztratotípus-szelvény litosztratigráfiai, biosztratigráfiai, magnetosztratigráfiai összefoglalása (Ogg et al., 2016) alapján.

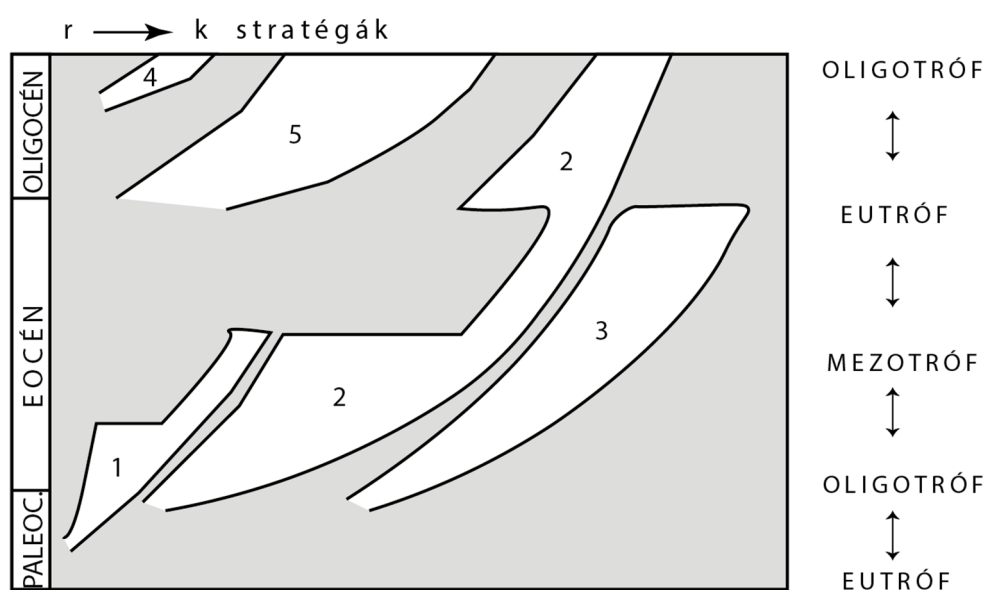
3. PALEOGÉN FORAMINIFERÁK EVOLÚCIÓJA ÉS FAUNAVÁLTOZÁSOK AZ EOCÉN-OLIGOCÉN ÁTMENET SORÁN

A paleogén kezdetén nagyon fajszegény bióta volt jellemző, a plankton és bentosz foraminifera közösségeket egy pár kozmopolita és opportunistá faj dominálta, melyek túléltek a kréta végi kihalást (Hallock et al., 1991). A paleocén során specializálódott k-stratégák jelentek meg (4.ábra) és diverzifikálódtak mindkét csoportban és egészen a kora eocénig ezek domináltak. A hosszútávú lehülési trend és a plankton foraminiférák evolúciós váltása a középső eocéntól az oligocénig (5.ábra) (Boersma et al., 1987) főleg a melegvízi, trópusi vízfelszín kedvelő fajokat érintette (3.ábra) (Coxall & Pearson, 2007). Az eocén-oligocén határon bekövetkező kihalás ennél fogva sokkal inkább hirtelen környezeti változásnak és lehülésnek tudható be, és elképzelhető, hogy befolyásolta a tengervíz rétegződését és a biológiai produktivitási mintázatot (Coxall & Pearson, 2007). Ahogy a középső eocéntól elkezdődött a magas szélességi körökön a lehülési trend, lehetőséget adott a kevésbé specifikus taxonoknak az elterjedésre, melyek a hidegebb és mélyebb vizekre, magasabb szélességekre és a meridionális feláramlási zónákra jellemzőek (Hallock et al., 1991). A késő eocénben, ahogy a lehülés és a nutriens fluxus intenzívebb lett, a melegebb vízi plankton és bentosz fajok kihalási rátája meghaladta a hidegebb vízi és kevésbé specialista formák megjelenési rátáját, így a diverzitás jelentősen lecsökkent (Hallock et al., 1991). Az eocén legvégén és az oligocén legelején pedig az r-stratégák domináltak, az eocén specialista fajok kihaltak (4.ábra) (Hallock et al., 1991).



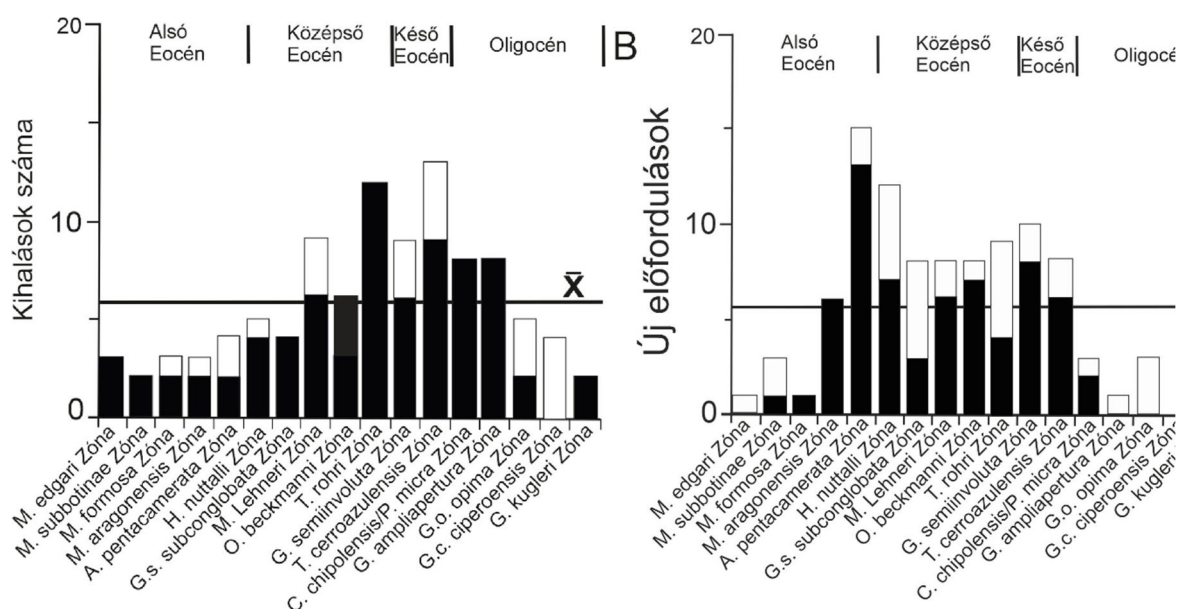
3. ábra: Plankton foraminifera klímaindikátor taxonok diverzitása a paleogén során (Hallock et al., 1991) alapján. Meleg vízi indikátor nemzetségek a *Morozovella*, *Acarinina*, *Cassigerinella*, *Guembelitra*, *Turborotalia*, *Dentoglobigerina*, *Globoquadrina*, *Globigerina angulisurens* és *Globigerina ciperoensis* csoportok. Mérsékelt vízi indikátor nemzetségek a *Globigerina*, *Globigerinita*, *Paragloborotalia*, *Chiloguembelina*, *Hantkeninák*, *Planorotaliidák*. Hideg vízi indikátor nemzetségek: a legtöbb alacsony spirájú subbotinida, tenuitellida, pár planorotaliida, globigerinida és heterohelicida. A zonáció Berggren et al. (1985) alapján.

Globális szemszögből jelentős váltás figyelhető meg az alacsony szélességen élő taxonok körében a késő középső eocéntól egészen a kora késő oligocénig, mely többé kevésbé folyamatosan ment végbe 14 millió év alatt, és melyben a fajok 80%-a érintett volt. (Hallam & Wignall, 1997; Keller et al., 1992). Stabilizotóp-adatok alapján, a kihalt fajok legnagyobb része felszínhez közeli életmódot folytatott és ezeket váltották fel a hideg hőmérséklethez jobban alkalmazkodott mélyebb vízi taxonok (Coxall & Pearson, 2007; Hallam & Wignall, 1997). Eltűnésükkel az eocén-oligocén határt jelölő hantkeninák családja, annak ellenére, hogy ritkán dominánsak plankton együttesekben, rendkívül jellegzetes komponensei a középső és felső eocén pelágikus karbonátoknak világszerte (Coxall & Pearson, 2007). A *Hantkenina* és a *Cibrohantkenina* kihalása szimultán volt és mind az öt észlelt fajt érintette, továbbá pontosan egybeesik a *Pseudohastigerina micra* lokális elterjedésű faj kihalásával (Coxall & Pearson, 2007; Hutchinson et al., 2021). Egy másik jelentős kihalás a plankton foraminifera rekordban a *Turborotalia cerroazulensis* és hozzá hasonló formák eltűnése (Berggren et al., 2018; Coxall & Pearson, 2007; Hutchinson et al., 2021).



4. ábra: K-stratéga nagy foraminiferák ismételt diverzifikációja a paleogén során, az értelmezett tápanyagforrás trendekkel a jobb oldalon. Foraminifera csoportok: 1= *Alveolinidák*, 2=*Nummulitidák*, 3=*Discocyclinidák*, 4=*Miogypsinidák*, 5=*Lepidocyclinidák* Hallock et al. (1991) alapján.

A bentonikus foraminifera közösségek mindenféle környezetben és élőhelyeken előfordulnak és az evolúciós mintázatuk is jelentősen eltér ezeken az élőhelyeken (Coxall & Pearson, 2007). Az abisszális és batiális környezetekben kevés a határ intervallumhoz közvetlenül kapcsolódó jelentős fajösszetételbeli változás, sokkal inkább lépcsőzetesebb kihalási mintázatot mutatnak a batiális bentonikus foraminifera közösségek (Thomas, 1992), viszont megfigyelhető egy csökkenő tendencia a mélytengeri bentosz foraminifera diverzitásban és egy növekedés az opportunistafajok dominanciájában (pl. *Epistominella exigua* és *Alabaminella weddellensis*) (Coxall & Pearson, 2007). A leglátványosabb kihalást és váltást a nagyforaminiferák körében érhetjük tetten, mivel az eocén során jelentős karbonát termelők voltak, valamint rendkívül elterjedtek és gyakoriak (Coxall & Pearson, 2007; Hutchinson et al., 2021). Továbbá a tethysi bentosz nagyforaminifera közösséget is jelentősen érintette az átmenet: a priabonaiban jól reprezentált *Discocyclus*, *Asterocyclina*, *Aktinocyclus*, *Asterodiscus*, *Lockhartia*, *Fabiana*, *Gyroidinella*, *Orbitolites*, *Spiroclypeus* gr. *Granulosus*, *Pellatispira madaraszi*, *Chapmanina gassinensis* stb. mind eltűnnek az eocén-oligocén határ előtt. A priabonai *Nummulites* csoport két faja éli túl a rupeliig, míg csak két új faj jelenik meg, a *Nummulites intermedius* és a *Nummulites vascus* (Cavelier et al., 1981; Coxall & Pearson, 2007; Hutchinson et al., 2021).



5. ábra: Hisztogram a becsült plankton foraminifera taxon eltűnések (B) és új előfordulások (C) számával mind a 17 eocén és oligocén plankton foraminifera biozónában. A fekete oszlopok a fajra vonatkozó adatok míg a fehér rész az alfajokra vonatkozik (Hallam & Wignall, 1997) és (Keller et al., 1992) nyomán

A Középső-Paratethysben megfigyelhető egy váltás az epifaunális és infaunális taxonok dominanciájában, a késő eocénben az epifaunális bentosz foraminiferák domináltak, ami a kora oligocénben a sekélytől mély-infaunális taxonok felé mozdult el (Ozsvárt et al., 2016). Továbbá megfigyelhető a bentosz foraminiferák diverzitásának kisebb növekedése a határ körül, majd az oligocén elején jelentősen lecsökken (Ozsvárt et al., 2016).

Az Erdélyi-medence területén az alsó paleogén üledékek tipikus mediterrán (tethysi) fauna maradványait tartalmazzák, viszont az oligocén kezdetével az Erdélyi-medencében a Paratethys egy új rendszere alakult ki, az alsó oligocén üledékekre endemikus faunát tartalmazó tengeri és brakkvízi üledékek települnek (Cicha et al., 1998). Az endemikus fauna megjelenésének és izolációjának a globális tengerszintváltozáshoz köthető és tektonikai okai egyaránt lehettek. Az Erdélyi-medence a világtengerektől való első izolációját követően ismét kapcsolódott a mediterrán tengeri környezethez (P21b foraminifera zóna és NP24 nannoplankton zóna). Az így kialakult plankton és bentosz foraminifera közösséget „Kiscelli típusú faunának” nevezik, melyet Hantken (1875) írt le Magyarországon, majd az Erdélyi-medencében Majzon (1950) és Popescu & Iva (1971) (Cicha et al., 1998). Annak ellenére, hogy világszerte milyen sokan foglalkoznak az eocén-oligocén átmenet problémájával, az Erdélyi-medencében előforduló bentosz foraminifera közösségeket az eocén-oligocén határról a 90-es évek óta nem vizsgálták.

4. FÖLDTANI HÁTTÉR

4.1. Paratethys

Az eurázsiai és indiai kontinentális lemezek kollíziójának hatására és az afrikai-arab lemezek órajárással ellentétes irányú forgásának hatására létrejött a Paratethys, mint egy intrakontinentális tenger a nyugati Alpoktól egészen belső Ázsiáig (Cicha et al., 1998; Piller et al., 2007; Sachsenhofer et al., 2018). Az alpi-kárpáti öv kiemelkedése a késő paleogénben limitálta a kapcsolatot és kölcsönös áramlást a Tethys óceánnal (Rusu, 1988), így jöhettek létre endemikus faunák az elzárt térségekben (Popov et al., 2006), így a Középső-Paratethysben is, mely rendkívül megnehezíti a direkt korrelációt a tethysi faunával (Krézsek & Bally, 2006). Mivel a Középső-Paratethys (Bajorországtól egészen a Fekete-tengerig) időszakos kapcsolattal rendelkezik a Földközi-tengerre és az Indopacifikus-óceánra, időszakosan pedig teljesen elzáródik, külön szubprovinciának tekinthető, ezért egyedi regionális emeletek kerültek bevezetésre esetében (Cicha et al., 1998; Piller et al., 2007; Rusu, 1988).

4.2. Erdélyi-medence fejlődéstörténete

Az Erdélyi-medence a Paratethys olyan üledékes részmedencéje, mely a belső Kárpáti-öv kréta időszaki aljzat takarói fölött jött létre és részben ugyanazok a nagytektonikai egységek találhatók meg az aljzatában, mint a Pannon-medence esetében (Csontos & Vörös, 2004). A késő kréta óta üledékgyűjtőként működő Erdélyi-medence a többi intra-kárpáti medencéhez (Bécsi-, Szlovák- és a Pannon-medencéhez) hasonlóan a Kárpáti-öv mögött helyezkedik el, viszont míg a többi intra-kárpáti medence tipikus ívmögötti tektonikai szerkezettel és fejlődéstörténettel rendelkezik (szinrift extenzió és az ezt követő kéregvékonyodás, amit posztrift termális süllyedés követ), az Erdélyi-medence tektonikai és szedimentológiai fejlődéstörténete ehhez képest egészen eltérő (Krézsek & Bally, 2006), regionális kompressziós feszültségtérben ment végbe (Krézsek & Filipescu, 2005). Különösen jelentős az eltérés a kéreg vastagságában, mely az Erdélyi-medencében viszonylag nagy (Visarion & Veliciu, 1981) és a jellemzően csekély felszíni hőáramban (a medence középső részein 30 mWm⁻²) (Visarion & Veliciu, 1981), ellentétben a Pannon-medence nagyon kis kéregvastagságával és magas regionális hőáramával (Horvath et al., 2006). Ezen kívül nem lehet bizonyítékot találni a miocén extenziós eseményre sem, kivéve a sótektonikához köthető extenziós szerkezeteket (Krézsek & Bally, 2006).

Az ~5 km vastag üledékes rétegsor, amely kitölti az Erdélyi-medencét, négy tektonosztratigráfiai megaszekvenciára osztható. Az első a felső kréta rift, a második a

paleogén zsák-medence és lassú süllyedés, majd az alsó miocén flexurális medence, végül pedig a középső felső miocén ívmögötti medence (Krézsek & Bally, 2006).

A felső kréta extenziós, színrift megaszekvenciát egy pre-szantoni és egy pre-paleocén unkonformitás és/vagy a korrelatív konformitási felületek határolják (Krézsek & Bally, 2006). A késő kréta orogén kollapszus hatására extenziós és transzteniós riftrendszerek jöttek létre, melyeket viszonylag vastag Gosau-típusú törmelékes üledékek töltöttek fel (Krézsek & Filipescu, 2005). A felső kréta üledékek az Erdélyi-medencében egy nagyléptékű transzgresszív-regresszív ciklus eredményeként értelmezhetőek, sekélytől egészen mélyvízi üledékekig (Krézsek & Bally, 2006; Silye, 2015). A paleogén üledéksor a deformálódott kréta egységekre poszt-tektonikusan települő rétegtani egységeket képviseli, melynek vastagsága 500 és 1800 m között változik (Filipescu, 2011). A paleogén zsák-medence (*sag*) megaszekvencia alsó határa a késő maastrichti unkonformitás, a felső határa a kora miocén unkonformitás és/vagy a korrelatív konformitások felületei (Krézsek & Bally, 2006). Az eocén során a lassú ütemű medencesüllyedés elősegítette a karbonátos platformok kialakulását. A dominánsan sekélytengeri üledékképződést két kontinentális esemény szakította meg, mely a medence törésrendszereinek kompressziós reaktiválódására utalnak (Krézsek & Filipescu, 2005). A késő oligocén során a Keleti-Alpok kiszökésének hatására a lemezek jelentős forgása következett be (Csontos & Vörös, 2004; Márton & Fodor, 2003), ami a piggy-back típusú medencék üledékképződésében is tükröződött, mivel fokozatosan elmozdult az üledékesedés a sekély karbonátplatformból a fluviális sziliciklasztitos üledékképződési környezet felé (Krézsek & Filipescu, 2005). Az alsó miocén flexurális megaszekvencia az Erdélyi-medence mai középső-északi részében alakult ki. Az alsó miocén unkonformitás és a középső miocén egész medencére kiterjedő unkonformitás határolják (Krézsek & Bally, 2006). Az alsó miocén főleg az Erdélyi-medence északi részén táruul fel, melyet mélytengeri turbiditek, valamint durva törmelékes legyeződeltákdelták alkotnak (Krézsek & Bally, 2006). A középsőtől a felső miocénig tartó megaszekvencia ív mögötti helyzetben képződött, egy regionális kompressziós feszültségtérben. A középső, valamint a felső miocén regionális unkonformitások határolják (Krézsek & Bally, 2006). Lassú regionális süllyedéssel és transzgresszióval kezdődött az ülepedése kora miocénben, amikor a kontinentális környezetből self majd neritikus (pár száz méter mély) környezet alakult ki. Ezt a transzgressziót más intra-kárpáti medencékben is ugyanúgy meg lehet figyelni (Vakarcs et al., 1994), de a többi medencével ellentétben, az Erdélyi-medencében nem köthető egyértelműen extenzióhoz (Krézsek & Bally, 2006; Krézsek & Filipescu, 2005). A kora középső badeni lassú süllyedést egy késő bádenitől a pannóniaiig

tartó gyors süllyedés követte, majd a teljes medence kiemelkedett a kora-pliocénben és legalább 500 m üledékréteg erodálódott le (Krézsek & Bally, 2006; Krézsek & Filipescu, 2005).

4.3. Az Erdélyi-medence paleogén képződményei

Románia területén a paleogén képződményeket három geológiai provinciában vizsgálhatjuk: a Keleti-Kárpátokban, a Géta-hátságon (ez a két provincia kizárólagosan törmelékes üledékeket tartalmaz) és az Erdélyi-medence különböző részein, amelyek karbonátos/vegyes szekvenciát is tartalmaznak (Bombiță & Rusu, 1981).

Az Erdélyi-medence északnyugati szegmensében a paleogén három, üledékes fácieseiben több-kevesebb eltérést mutató területen tárul fel: a Kővár-hegység északi részén, a Meszes középső részének előterében, és a Gyalui-havasok déli részén (Braga & Crihan, 2006).

| Kor | Litosztratigráfiai egységek | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Gyalui-havasok | Meszes | Kővári hegység |
| katti | Szentkirályi Formáció | Almásvölgyi Formáció | Búzamezői Formáció |
| | Köblösi Formáció | | Vima Formáció |
| | Középlaki Formáció | | |
| rupéli | Váralmási Homokkő F. | Nagyilondai Formáció | Ilonda pataka F. |
| | Grúja Homokkő F. | | |
| | Danki Formáció | Karikai Formáció | Büdöspataki Formáció |
| | Mojgrádi Formáció | | Csokmányi Formáció |
| | Mérai Formáció | Körtvélyesi Formáció | Cuciulat Formáció |
| | Hója Mészkő F. | Csömörői Formáció | Csiglényi Mészkő F. |
| | Berédi Formáció | Hója Mészkő F. | Kecskés Mészkő Formáció |
| priabonai | Kolozsvári Mészkő Formáció | Zsoboki Formáció | Nádasvölgyi Formáció |
| | Nádasvölgyi Formáció | | |
| | Vistai Mészkő | Turbucai Mészkő Formáció | |
| | | Rakoczy Homokkő Formáció | |
| bartoni | Incselei Tagozat | Martonosi Formáció | |
| | Magyarvalkői Mészkő F. | | |
| | Inaktelki Tagozat | Magyarkapusi Formáció | |
| | Egerbegyi Mészkő F. | | |
| maastrichti-lutetiai | Jákótelki Mészkő F. | Rónai Mészkő F. | Zsibói Formáció |
| | | | |

6. ábra: Az Erdélyi-medence paleogén képződményei Filipescu (2011) alapján módosítva

A vizsgált szelvény a Gyalui-zónához tartozik, amelyben a paleogén rétegsorban váltakoznak a tengeri neritikus és a kontinentális üledékekből álló formációk (6.ábra) (Braga & Crihan, 2006): a Zsibói Formáció, mely késő maastrichtitól a késő lutetiai-ig települt kontinentális környezetben, ezt követi a Kalotai Formációcsoport, mely a késő lutetiaitól kora priabonaiig sekélytengeri környezetben települt, majd a Nádasvölgyi Formáció kontinentális környezetben, parti síksági és fluviális terrigén üledékei települtek. Az ezt fedő Türeai Formációcsoport a középső priabonaitól a kora rupéliig települt tengeri üledékeket tartalmazza (előbb karbonátplatformon települt porózus wackestone és majd packstone terrigén üledékekkel, majd sziliciklasztos üledékek). Ezután ismét kontinentális üledékképződés veszi át a helyét, a 200 méter vastag agyagos, homokos és homokkőves Mojgrádi Formációval. A következő három formáció (Danki, Grúja Homokkő és Váralmási Homokkő Formációk) brakkvízi környezetben, míg a rájuk települő Középlaki és az arra települő Köblösi Formáció ismét kontinentális környezetben képződtek (Filipescu, 2011).

Az eocén végén az Erdélyi-medence északnyugati szegmensében eurihalin tengeri környezetben rakódott le a Kecskés Mészkő Formáció a Kővár-hegységben és a Berédi Márga a Meszes és Gyalui-havasok előterében (Rusu, 1988). A Kecskés Mészkő Formáció 30-60 méter vastag biogén mészkőből áll, főként korallós-miliolidás, nummuliteszes, molluszkás és korallós wackestone vagy packstone fáciesű, lencseszerű korallós boundstone betelepülésekkel, mely egy kiemelkedett karbonát platformon képződött pár méter mély nagy energiájú tengervízben (Rusu, 1988). E formáció alsó része a Meszes és a Gyalui-havasok előterében a Kolozsvári Mészkő Formációval korrelálható (Filipescu, 2011), míg a felső része (a *Nummulites fabianii* szint felett) laterálisan meszes-törmelékes pélites faciessel helyettesítődik (Berédi Márga), majd ennek a tetején egy vékony mészkő szint jelenik meg (Hója Mészkő) (Rusu, 1988).

A tenger partvonala a Berédi Márga települése idején a Meszes-hegységben kinyúlt délnyugati irányba, a Hója Mészkő települése alatt a partvonal nagyjából megegyezett a formáció jelenlegi előbukkanásával. Az Erdélyi-medencében észrevehető gyors tengeri regresszió a standard nannoplankton NP22 zónában a globális tengervízszint-csökkenésnek tudható be (Rusu, 1988).

4.4. A Berédi Márga Formáció

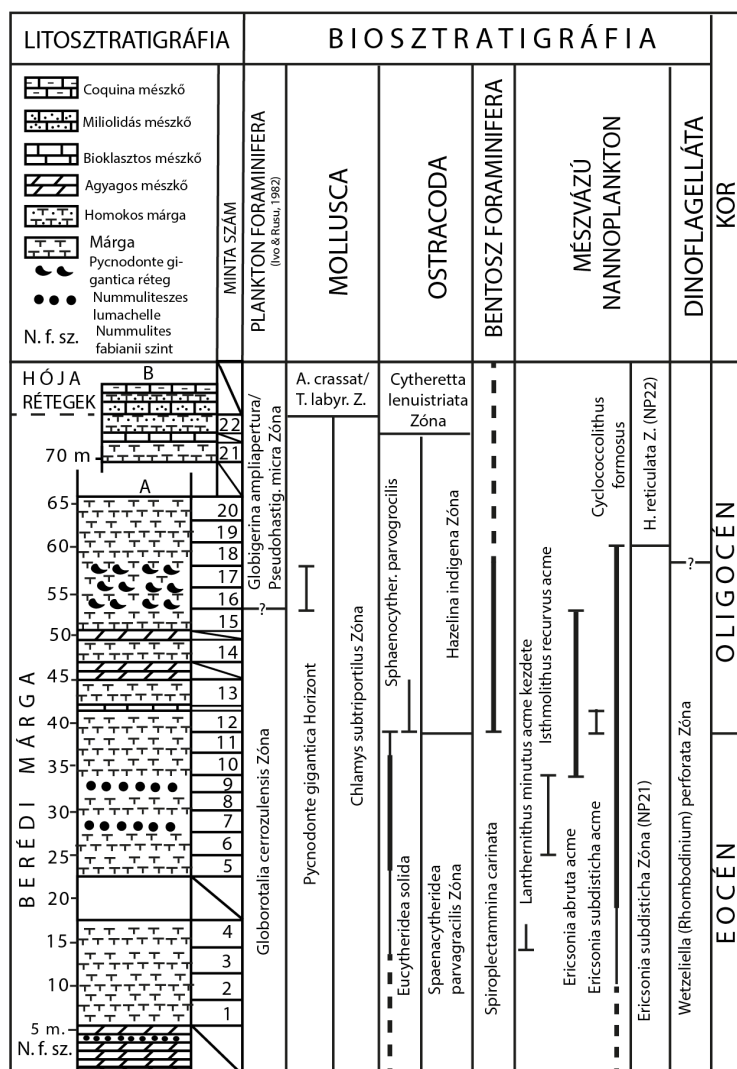
Az erdélyi paleogén korábbi kutatásai alapján az eocén-oligocén határt a Berédi Márgában (Formațiunea Brebi) lehet meghúzni (Bombiță & Rusu, 1981), amely a paleogén zsák-medence típusú megaszekvencia része, avagy a lassú süllyedés ideje alatt képződött (Krézsek & Bally, 2006). A paleogén zsák medence második szakasza a késő priabonitól a kora rupeliig egy transzgresszív-regresszív ciklust jelöl szárazfölditől, selfen keresztül, egészen a mélytengeri üledékesedési környezetig, melyben a Berédi Márga a medence legmélyebb részén települt formáció (Filipescu, 2011; Obbágy et al., 2021).

A formáció litológiája viszonylag monoton, csak helyenként szakítják meg a pélitek összetételét agyagos mészkőrétegek, időnként lumachella betelepülések (például *Chlamys lumachella*) (Popescu et al., 1978). A szemcseméret eloszlás agyag, szilt és nagyon finom szemcsés homok mérettartományok között oszlik el (Obbágy et al., 2021). Vastagsága 50-70 méter között változik, rendkívül gazdag bryozoa maradványokban, foraminiferák és molluszkák vázaiban (Popescu, 1984). Biosztratigráfiai tagolása (8.ábra) problémákkal terhelt, hiszen nem lehet megbízhatóan korrelálni a Massignano határszelvénnel, amelyben a határt a *Hantkeninák* eltűnése alapján jelölték ki (Premoli Silva & Jenkins, 1993), mert ez a nemzetség az Erdélyi-medence rétegsorában nem fordul elő. Emiatt a formáció felső részén tömegesen megjelenő *Ostrea*-féle, a *Pycnodonte gigantea* (7.ábra) szintjét tekintették hagyományosan az eocén-oligocén határnak (Braga & Crihan, 2006; Rusu, 1987). Habár utalnak arra adatok, hogy



7. ábra: *Pycnodonte gigantea* példánya a Berédi Márga Formációból (a Beréd melletti szelvényből)

valójában a határ néhány méterrel a *P. gigantea* szint alatt húzható meg. Lokálisan két osztrakoda zónát lehet elkülöníteni, a *Sphaenocytheridea parvogralis* zónát és a *Hazelina indigena* zónát (8.ábra). A mészvázú nannoplankton zónák közül kiemelkedő jelentőségű az NP21 és az NP22 zóna, amelyek közül az alsó zóna foglalja magába az eocén-oligocén határt, az *Ericsonia obruta* faj gazdagságának csúcspontjában, ami megfeleltethető a két osztrakoda zóna közötti határnak is (Rusu et al., 1993). Obbágy et al. (2021) szerint a Berédi Márga szinte kizárólag egyetlen titanit kor komponenset tartalmaz ($33,5 \pm 0,6$ millió éves), hasonló cirkon korokkal. Továbbá a felső eocén rétegek feltételezett forrásköze dominánsan metamorf kőzetek voltak, melyeket fokozatosan felváltották magmás kőzetek az oligocénhez közeledve (Obbágy et al., 2021).

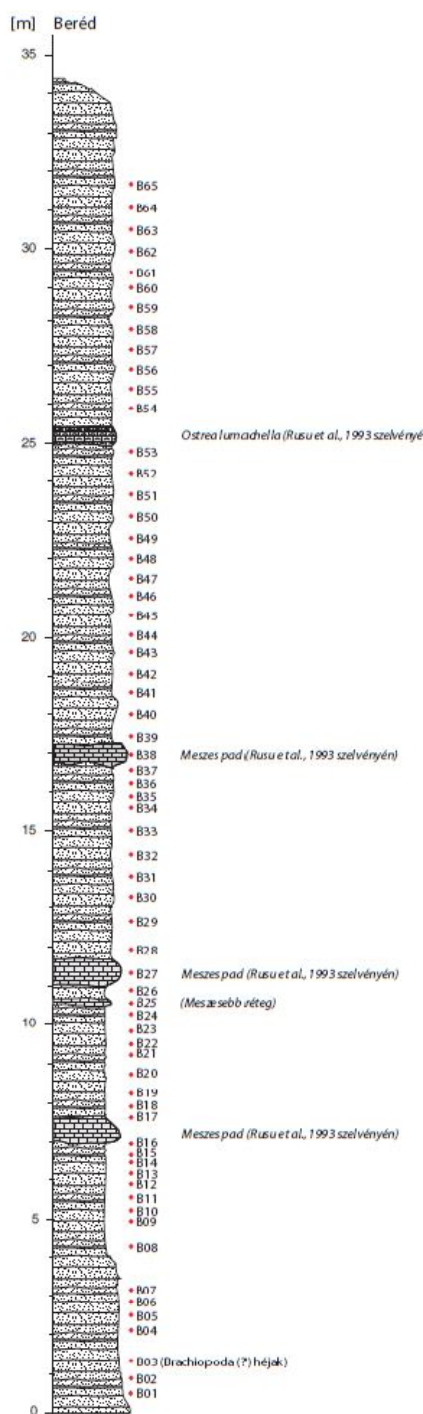


8. ábra: A berédi alapszelvény eredeti lito- és biosztratigráfiája Rusu et al. (1993) alapján újrarajzolva

Az általam is vizsgált szelvényt leíró eddigi legrészletesebb tanulmány szerint (Rusu et al., 1993) a Berédi Márga Formáció a külső selfnek megfelelő mélységben rakódott le, normál sótartalmú tengervízben. A nannoplankton-együttesek alapján a hidegebbé váló tengervíz hatása kimutatható az eocén-oligocén határon, hiszen a *Lanternithus mintus*, *Zygrhablithus bijugatus* és *Isthmolithus recurvus* hideg vízi indikátor fajok magas gyakorisággal rendelkeznek és a trópusi-szubtrópusi fajok előfordulása nagyon alacsony (Rusu et al., 1993). Ásványtanilag agyagásványokból (64%), kalcium-karbonátból (átlagosan 26%), kvarcból és földpátból (7%) és további minimális mennyiségű másodlagos ásványokból épül fel (Popescu, 1984). Obbágy et al. (2021) üledékes petrográfiai vizsgálatából kiderült, hogy a márga lekerekített szerpentiniből, kloritosodott litoklasztokból, foraminiferák és molluszkák vázaiból tevődik össze. Az agyagásványok vizsgálati eredményei szerint összetételük az illit felé mozdult el a szmektit rovására, ami a globális viszonyokhoz korrelálva azt jelentheti, hogy a klíma hidegebbé és nedvesebbé vált a határ környékén. Az osztrakoda zónákat vizsgálva a formáció felső részén történt változások sótartalom-csökkenést jeleznek, mivel a sztenohalin tengeri formák eltűntek és átvették a helyüket az eurihalin taxonok (Rusu et al., 1993).

5. ANYAG ÉS MÓDSZEREK

5.1. Mintavétel a vizsgált szelvényből



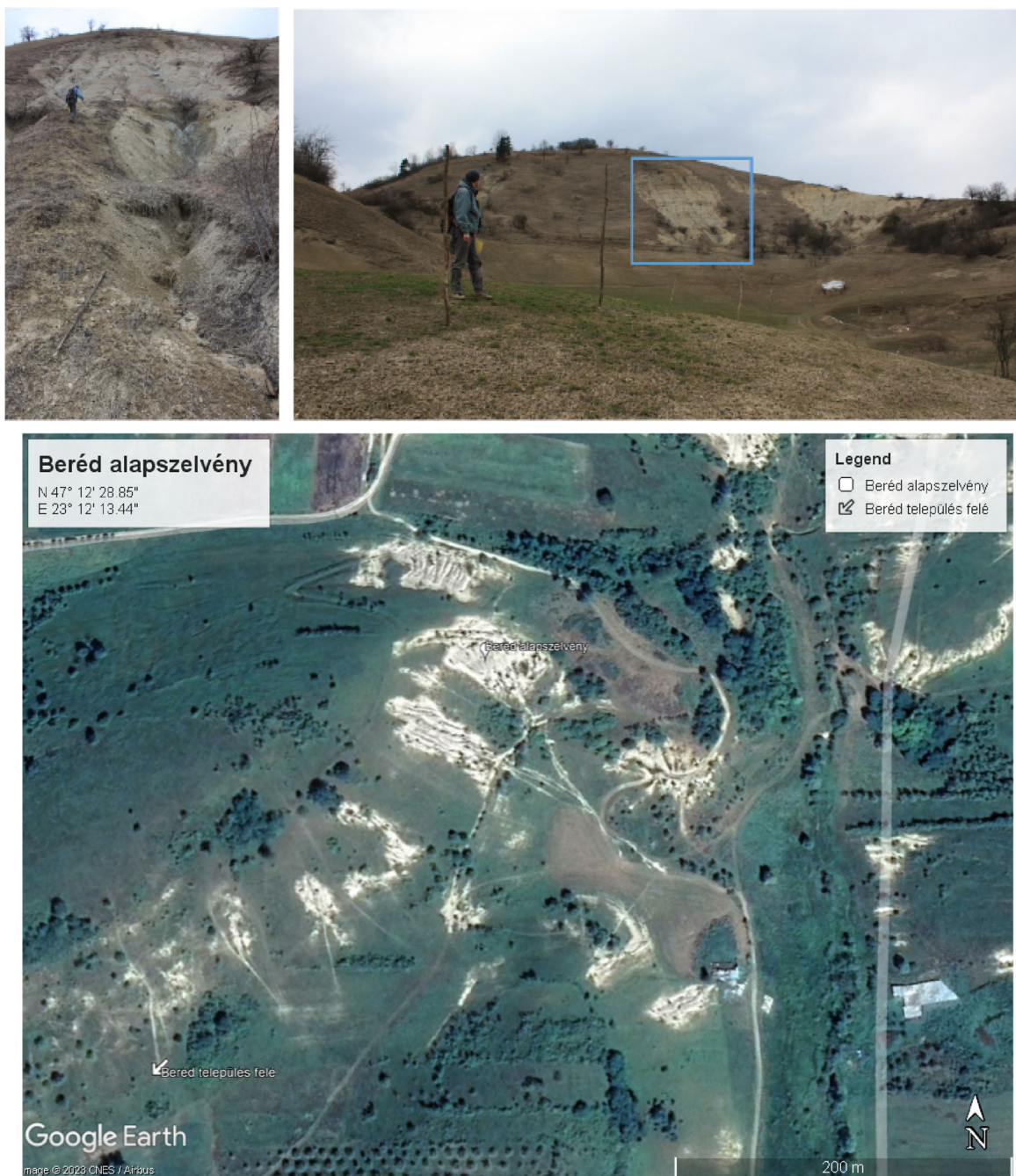
A vizsgált feltárás Beréd település közelében található (N 47° 12' 28.85", E 23° 12' 13.44"), mely Kolozsvártól 80 kilométerre északnyugatra található (10.ábra). A rétegsoron belül márga-agyagmárga váltakozik és három könnyen azonosítható, jól kipreparálódott meszes pad figyelhető meg, a rétegsor felső részén megtalálható a sokak által dokumentált vastag (helyenként eléri a 6 métert) (Rusu, 1987) *Pycnodonte gigantea* pad (Bombița & Rusu, 1981; B. Popescu et al., 1978; Rusu et al., 1993).

A berédi szelvényből korábban Ozsvárt Péter és Silye Lóránd gyűjtött 65 darab mintát, melyekből 60 darabot válogatott ki Ozsvárt Péter. A minták B01-től B65-ig terjedő sorszámot kapták rétegtani sorrendben, tehát a B65-ös minta a szelvény legfelsőbb mintája (9.ábra).

5.2. Mintaelőkészítés és feldolgozás

A begyűjtött minták hagyományos iszapolási technikával kerültek feldolgozásra egy 63μm-es lyukbőségű szita segítségével. Az iszapolási maradék egy mintaosztó segítségével addig lett felezve, amíg annak 1/n-ed részében (n= 2, 4, 8, 16, 32...) körülbelül 300 darab bentosz foraminifera maradt. Az ilyen módon kiválogatott példányok cellákban tárolva eddig a Természettudományi Múzeumban kaptak helyet (11.ábra). Ezeket a mikropaleontológiai vizsgálatra előkészített és üledékszemcséktől szeparált mintákat dolgoztam fel.

9. ábra: A berédi alapszelvény rétegtani oszlopa jelölve a mintavételezési pontokat és a minták számát



10. ábra: A mintavételezés pontos helyszíne Beréd település közelében (N 47° 12' 28.85", E 23° 12' 13.44")

Kezdetben Motic SMZ-140-N2GG típusú sztereomikroszkóp, majd később Olympus SZ51 típusú sztereomikroszkóp segítségével helyeztem át a kiválogatott foraminifera egyedeket 64-es beosztású Franke-cellákba és válogattam külön fajok szerint ecset segítségével, majd megszámoltam és dokumentáltam az egyedszámokat. A különböző előforduló formák egy-egy jó megtartású példányát külön mintacellába helyeztem, a fajmeghatározás könnyítése és átláthatósága érdekében, melyben végül 92 különböző faj

kapott helyet. Így először a mintacellában szereplő könnyen azonosítható fajokat határoztam meg Cicha et al. (1998) és Ozsvárt (2007) alapján, majd a mintákban előforduló példányokat vettem össze a már meghatározott mintacellákban szereplő fajokkal. A mintacellákban nem szerepel az összes előforduló faj, hiszen a rétegsorban megtalálhatók olyan fajok is, melyeknek csak 1-1 példánya jelenik meg. A mintacellákban szereplő fajokról fénymikroszkópos felvételeket készítettem az ELTE Őslénytani Tanszékén Micropublisher 5.0 RTV digitális kamerával felszerelt Nikon Eclipse LV100POL mikroszkóppal és a ImagePro Insight program segítségével, mely által több, különböző mélységélességű fotóból generáltam egy kompozit képet. A fontosabb taxonokról pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) felvételeket is készítettem az ELTE Kőzettani Tanszékén Amray 1830 I. típusú berendezéssel, 0,5 kV gyorsítófeszültség mellett, melyhez a fotózni kívánt egyedeket egy fémlemezre ragasztottam szénragasztóval, a fémlemezre pedig előbb egy szén majd egy arany réteg került vákuum gőzölő segítségével, a minta elektromos vezetőképességének biztosítása érdekében. Erre azért volt szükség, mert a bentosz foraminiférák különböző anyagú váza más módon jelenik meg a kétféle képalkotó fotóin, és a lehető legfelismerhetőbb módon kívántam megjeleníteni az egyedeket. A fotótáblák és további ábrák elkészítéséhez CorelDraw, CorelPhoto-Paint, Adobe Illustrator és Adobe Photoshop képfeldolgozó és grafikai programokat használtam.



11.ábra: A feldolgozásra váró minták mintatartó cellákban

5.3. Adatelemzési módszerek

A fajmeghatározás és számlálás után keletkezett adatsort Microsoft Excel-ben kezeltem, majd a PAST program 4.12 verziójának segítségével (Hammer et al., 2001) dolgoztam fel. Paleoökológiai indexeket (relatív abundancia és diverzitás indexek) számoltam, továbbá klaszter és főkomponens analízist, ezen felül NMDS-t (nem-metrikus többdimenziós skálázást), DCA-t (trend-eltávolított korrespondencia analízist) és morfocsoport analízist végeztem az adatsoron. A torzítás elkerülése és a ritka fajok esetleges előfordulásából adódó hiba csökkentésének és nem utolsósorban az adatok könnyebb feldolgozhatósága érdekében a többváltozós adatelemzés esetében leválasztottam az 1%-os gyakoriságot el nem érő ritka fajokat a teljes adatsorról, így az összes leszámolt bentosz foraminifera 79,92%-át lefedve, továbbá szintén leválasztottam a teljes adatsorról azokat a mintákat, melyek nem érték el a 150 összegyedszámot (ez 4 minta esetében állt fent, a B15, B21, B22 és B58-as minták kerültek leválasztásra). A ritkítás alapjául vett diagramot lásd a mellékletek A2-es ábráján. A statisztikai módszereket röviden ismertetem a következőkben, felhasználva Hammer & Harper (2006) és Murray (1991) leírásait a statisztikai eljárásokról továbbá a gyakorlati alkalmazásban Ozsvárt (2018), Ozsvárt et al. (2016) és Silye (2015) leíró munkáit vettem alapul.

A relatív gyakoriság vagy abundancia kifejezi egy faj arányát a teljes mintához képest, mely egyszerűen a következő matematikai képlettel írható le: $Ra = (n_i/N) * 100$, ahol n_i az egyedek száma az i fajból és N az összes egyed száma.

5.3.1. Diverzitási indexek

Egy egykori életközösség diverzitásáról különböző mérőszámok és indexek számításával adható kvantitatív becslés, ami leképezi az egykor élt közösséget. A diverzitás első megközelítésben a mintában található fajok sokféleségének (gazdagságának) a mérőszáma, melyet árnyalhatunk a minta egyedszámának, illetve a fajok gyakoriságeloszlásának figyelembevételével, ami környezeti és ösföldrajzi indikátor is lehet. Közismert például, hogy a diverzitás alacsony a „stresszes” környezetekben, mint például brakkvízi környezetben.

A legegyszerűbb és leggyakrabban használt diverzitási mérőszám a **fajgazdagság** (*species richness*, S), mely megadja a fajok (taxonok) számát a mintában, tekintet nélkül az összes egyed számára a mintában.

A **dominancia** (D), aminek az inverze az **egyenletesség** (*evenness*, E) leírja az egyedek eloszlását a fajok között. Értéke 0 és 1 között változhat, maximumát akkor éri el, amikor a fajok

egyenlő módon oszlanak el a mintában, míg a minimumát akkor amikor egy faj dominálja teljes populációt a mintában.

További heterogenitási index a **Shannon-Wiener** vagy Shannon-Weaver index, amely figyelembe veszi a fajok számát és az egyedek eloszlását a fajok között is, mely így írható le matematikailag:

$$H(S) = - \sum p_i \ln p_i$$

S- a fajok száma

p_i -az i -edik faj részaránya (relatív abundanciája), a következőkkel mérve $p_i = \frac{n_i}{N}$, ahol n_i az i -edik faj egyedeinek a száma és N az összes egyed száma.

A Shannon-Wiener index ugyanakkora fajszám mellett akkor éri el a maximumát, ha az összes faj egyenlő gyakorisággal rendelkezik a mintából.

A **Fisher-alfa** index nem csak a relatív abundanciával számol, hanem feltételezi, hogy minden faj minden egyedének száma egy logaritmikus modellt követ és kifejezhető a következő képlettel,

$$S = \alpha \ln(1 + n/\alpha)$$

5.3.2. Klaszteranalízis

A klaszteranalízis célja, hogy csoportokat és alcsoportokat azonosít egy többváltozós adattáblában, adott távolság vagy hasonlóság mértékére alapozva. Ez a módszer akkor eredményes, ha a minták várhatóan természetesen is csoportosíthatóak a fauna alapján, ezt viszont érdemes más módszerekkel is ellenőrizni, mivel a csoportosítás nélkül is megtörténik. Klaszterezési algoritmusnak Ward módszert választottam, mivel egy olyan kritérium alapján választja ki a klasztereket, hogy a csoporton belüli variancia az összes klaszterre összegezve a lehető legkisebb mértékben növekedjen.

5.3.3. Főkomponens-analízis (PCA)

A paleoökológiában a főkomponens-analízis célja a mintákat a bennük talált taxonok gyakoriságeloszlásának hasonlóságai vagy különbségei alapján csoportosítani egy sokdimenziós térben olyan hipotetikus változókat (komponenseket) keresve, melyek a lehető legnagyobb részét megmagyarázzák a sokdimenziós adatok varianciáját a dimenziók számának csökkentése után is. Elméletben ez a módszer nem tesz statisztikai feltételezéseket a

többváltozós adattábláról, viszont sokkal jobb eredmények születnek olyan adatsoroknál, ahol normális eloszlásúak az adatok, továbbá kifejezetten nem jó használni fajok darabszámát tartalmazó adattáblán, mert a lineáris (euklideszi) távolságmodell nemlineáris ökológiai modellekhez való illesztése torzulást okoz (Clapham, 2011). Ezért a fajok darabszámát százalékos értékben fejeztem ki, így normalizálva az adatsort, hogy elkerüljük a minták összegyedszámaiban való eltérésének hatását (Clapham, 2011).

5.3.4. Nem-metrikus többdimenziós skálázás (NMDS)

Az NMDS (*non-metric multidimensional scaling*) a főkomponens-elemzéshez hasonlóan a többváltozós adatelemzés ordinációs módszereinek családjába tartozik, hiszen szintén két vagy három dimenzióba vetít ki egy többváltozós adattáblát, úgy, hogy a távolságok a minták között megmaradjanak, viszont sokkal jobb eredményeket ér el olyan adattábláknál is, ahol a távolsági mérőszám kevésbé ismert, mint például taxon előfordulási mátrixoknál (taxon előfordulási szám vagy abundancia bizonyos számú mintában). A Bray-Curtis hasonlósági mérőszámot alkalmaztam a nem-metrikus többdimenziós skálázáshoz (Clapham, 2011).

5.3.5. Trend-eltávolított korrespondencia analízis (DCA)

A korrespondencia analízis a legnépszerűbb metódus adatok csoportosítására és mögöttes környezeti tényezők felderítésére egy egyedszámokat tartalmazó adatbázisból. A főkomponens-analízishez hasonlóan, ez a módszer is mintákat és taxonokat vetít kétdimenziós térbe, és rendezi azokat bizonyos mintázat szerint. Viszont más kritérium alapján helyezi el a mintákat és a taxonokat, olyan módon, hogy azok a minták, amelyeknek hasonló taxonómiai összetételük van közelebb kerüljenek egymáshoz (chi-négyzet távolsági mérőszámot használva). Továbbá, ez a módszer a leginkább hajlamos a két ordinációs tengelyt ökológiai paraméternek megfeleltetni és eszerint csoportosítani a mintákat és a fajokat. A trend-eltávolított korrespondencia analízis (*detrended correspondence analysis*) pedig eltávolítja a nem kívánatos úgynevezett „patkó effektust”, mely a főkomponens analízisben és a korrespondencia analízisben is problémát jelent. Ez akkor jelentkezik, mikor a mögöttes ökológiai gradiens mindkét ordinációs tengelybe „beleszivárog”, ahelyett, hogy csak egy ordinációs tengelyhez lenne kötve.

5.3.6. Morfocsoport analízis

Az azonosított bentosz foraminifera közösségek öskörnyezeti jelentőségének megbecsülésére morfocsoport analízist használtam, melyben a váz morfológiájának

hasonlóságai alapján csoportosítottam az előforduló egyedeket, szemben a taxonómiai csoportosítással. Az elmúlt évtizedekben sok kutatás kimutatta, hogy a bentosz foraminiferák vázának morfológiája függ az élőhely preferenciától és életmódtól (Corliss, 1991; Gooday, 1994; Ozsvárt et al., 2016; Vető et al., 2007).

Jelen dolgozatban külön választottam az agglutinált (A jelölésű morfo csoportok) (12. ábra) és a mészvázú bentosz foraminiferákat (B jelölésű morfo csoportok) (13. ábra). A morfo csoportok kialakításához és ökoszisztémái értelmezéséhez Bindu-Haitonic et al. (2019), Cetean et al. (2011), Corliss (1991), Gebhardt et al. (2013), Gooday (1994), Jain & Collins (2007), Kaminski (2012), Kaminski et al. (2005), Kerkhoff et al. (2023), Murray (1991, 2006), Murray et al. (2011), Tóth & Görög (2008) és Wolfgring et al. (2023) munkáit használtam. A morfo csoportok a rétegsorban való eloszlását és százalékos arányát szintén a PAST 4.12 verziójának (Hammer et al., 2001) segítségével ábrázoltam.

5.3.6.1. Morfo csoportok leírása

Agglutinált morfo csoportok

A1 Morfo csoport: A lapos planspirális morfológiájú csoportba csak az *Ammodiscus* nemzetség tartozik, mely a lagúnától az abbiszikumig előfordul, epifaunális életmódot folytatva, dizoxikus környezetben.

A2 Morfo csoport: Ezt a morfo csoportot három alcsoportra osztottam, az **A2-a** csoportba megnyúlt egy vagy több kamrasoros változó kamraelrendeződésű morfológiával rendelkező nemzetségek tartoznak, mint a *Textularia* és a *Spirorutilus*, melyek infaunális de oxigéndús környezetben jellemzőek. Az **A2-b** csoportba azok a nemzetségek kerültek, melyeknek kezdetben triszeriális kamraelrendeződése van, majd lecsökken bi- vagy uniszeriálisra, mint például a *Gaudryina*, *Clavulinoides*, *Pseudogaudryina* és a *Tritaxilina*, melyek mély infaunális életmódot folytatnak dizoxikus környezetben. Az **A2-c** csoportba pedig a megnyúlt, felfűjtőbb kamrájú morfológiával rendelkező nemzetségek kerültek, melyeknek a kezdőkamrájuk trochospirális, mint például a *Karriella*, *Eggerella* és a *Plectina*, melyek batiális, dizoxikus környezetben folytatnak mély infaunális életmódot.

A3 Morfo csoport: Ebbe a morfo csoportba a lapított planspirális morfológiával rendelkező *Haplophragmoides* nemzetség tartozik, mely, batiális mélységben fordul elő dizoxikus környezetben az epibentosz/sekély inbentoszban.

| Agglutinált morfofocsoportok | | Váz típus | Nemzetségek | Élőhely | Oxigén telítettség | Mélység | Táplálkozás |
|------------------------------|---|---|---|---|--------------------------|----------------------|---|
| A1 |  | Lapos planspirális | <i>Ammodiscus</i> | epifauna | dizoxikus | lagúnától abbiszálig | aktív törmelékfogyasztó |
| A2 | A2-a |  | Megnyúlt egy vagy több kamrasoros, változó kamraelrendeződés | <i>Textularia, Spirorutilus</i> | mély infauna | oxikus | self/ batiális törmelék és baktérium fogyasztó |
| | A2-b |  | Megnyúlt kezdetben triszeriális kamraelrendeződés, majd lecsökken bi- és uniszeriálisra | <i>Gaudryina, Clavulinoides, Pseudogaudryina, Tritaxilina</i> | mély infauna | dizoxikus | |
| | A2-c |  | Megnyúlt, felfújtabb kamrák, a kezdőkamra trochospirális | <i>Karrerella, Eggerella, Plectina</i> | mély infauna | szub/ dizoxikus | |
| A3 | | | Lekerekített planspirális | <i>Haplophragmoides</i> | epifauna/ sekély infauna | dizoxikus | batiális aktív törmelékfogyasztó |

12. ábra: Az elkülönített agglutinált vázú morfofocsoportok, a morfofocsoportokba tartozó nemzetségek és környezeti értelmezésük

Mészvázú morfofocsoportok

M1 Morfofocsoport: A planspirális, involut, lekerekített vázzal rendelkező *Melonis*, és *Nonion* nemzetségek tartoznak ebbe a morfofocsoportba, amelyek, főleg inbentosz életmódúak, szuboxikus környezetben fordulnak elő és a csökkent sótartalmat és a hideg hőmérsékletet is elviselik (Murray, 1991).

M2 Morfofocsoport: A sok kamrás, planspirális, involut illetve evolut vázzal rendelkező *Nummulites*, az *Operculina* és a *Planostegina* nemzetségek tartoznak ebbe a morfofocsoportba, melyek belső selfi és oxikus környezetre jellemzőek, epifaunális életmódot folytatnak és az enyhén hipersalin viszonyokat is jól viselik (Murray, 1991).

M3 Morfofocsoport: Az alacsony trochospirális biconvex, illetve enyhén biconvex módon feltekeredő *Anomalinoidea*, *Baggina*, *Cancris* és *Queraltina* nemzetségek tartoznak ebbe a morfofocsoportba, melyek, alapvetően jól szellőző oxikus környezetben fordulnak elő az aljazaton (epifaunális életmód) és a stressztűrő képességük is mérsékelt (Gebhardt et al., 2013).

M4 Morfocsoport: Lapítottabb alacsony trochospirális morfortípusú morfocsoport, melybe a *Neoconorbina*, *Rosalina* és a *Planulina* nemzetségek tartoznak, szintén jól szellőzőt oxikus környezetben fordulnak elő a fótikus zónában az epibentosz részeként.

M5 Morfocsoport: A trochospirálisan feltekeredő plano- illetve biconvex vázzal rendelkező nemzetségek, mint a *Cibicides*, *Cibicidoides*, *Discorbis*, *Gyroidinoides*, *Heterolepa*, *Lobatula*, *Neoeponides*, *Pararotalia*, *Eponides* és a *Quadrимorphina* amelyek, oxigéndús környezetben epifaunális életmódot folytatnak.



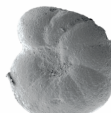
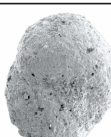
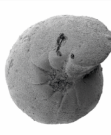

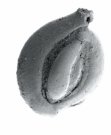



M6 Morfocsoport: Ebbe a morfocsoportba a lencse alakú vagy ovális biconvex vázzal rendelkező *Lenticulina* nemzetség tartozik, mely, minden mélységben előfordul, epifaunális életmódot folytat oxikus/szuboxikus környezetben (Gebhardt et al., 2013; Kaminski, 2012; Kerkhoff et al., 2023).

M7 Morfocsoport: Ez a morfocsoport a *Miliolida*-féléket tartalmazza, melyek a belső- és külső neritikumra jellemzőek, jól szellőzőt oxikus környezetben, epifaunális életmódot folytatva. A következő nemzetségeket foglalja magába: *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Cycloforina*, *Miliola*, *Miliolinella*, *Pyrgo*, *Spiroloculina*.

M8 Morfocsoport: A megnyúlt egykamrasoros morfológiával rendelkező *Dentalina*, *Nodosaria*, *Stilostomella* és *Vaginulina* hullámbázis alatti, dizoxikustól szuboxikusig terjedő környezetben folytatnak inbentosz életmódot.

M9 Morfocsoport: Ebbe a morfocsoportba a globuláris, orsó alakú, egy- vagy többkamrás morfológiájú nemzetségek tartoznak, mint például a *Dimorphina*, *Guttulina*, *Globulina*, *Hemirobulina* és a *Sphaerogypsina*, melyek minden mélységben előfordul, szuboxikus környezetben in- illetve epifaunális életmódot folytatnak.

M10 Morfocsoport: A megnyúlt két, illetve három kamrasoros elrendezésű *Bolivina*, *Trifarina* és *Loxostomina* nemzetségek minden mélységben előfordulnak, dizoxikustól alacsony oxigéntelítettségű környezetben az inbentosz részeként.

| Mészvázú morfofocsoportok | | Váz típus | Nemzetségek | Élőhely | Oxigén telítettség | Mélység | Stressz tolerancia |
|---------------------------|---|--|--|-----------------|--|---------------------------|---|
| M1 |  | Planspirális involut | <i>Melonis, Nonion</i> | főleg infauna | szuboxikus | self-batiális | mérsékelt (30-35 ezrelék sótartalom és hidegtűrő) |
| M2 |  | Sok kamrás planspirális, involut és evolut | <i>Nummulites, Operculina, Planostegina</i> | epifauna | oxikus | belső self | mérsékelt (30-35 ezrelék sótartalom és hidegtűrő) |
| M3 |  | Alacsony trochospirális bikonvex/enyhén bikonvex | <i>Anomalinoides, Baggina, Cancris, Queralina</i> | epifauna | oxikus | minden mélység | mérsékelt |
| M4 |  | Alacsony trochospirális lapítottabb | <i>Neoconorbina, Rosalina, Planulina</i> | epifauna | oxikus | fótikus zóna | alacsony |
| M5 |  | Trochospirális planokonvextől-bikonvexig | <i>Cibicides, Cibicidoides, Discorbis, Gyroidines, Heterolepa, Lobatula, Neoeponides, Pararotalia, Eponides Quadrimorphina</i> | epifauna | oxikus | minden mélység | mérsékelt |
| M6 |  | Lencse alakú vagy ovális bikonvex | <i>Lenticulina</i> | epifauna | szuboxikustól oxikusig | minden mélység | mérsékelt |
| M7 |  | Miliolina félék | <i>Quinqueloculina, Triloculina, Cycloforina, Miliola, Miliolinella, Pyrgo, Spiroloculina</i> | epifauna | oxikus | belső- és külső neritikum | mérsékelt |
| M8 |  | Megnyúlt egykamrasoros | <i>Dentalina, Nodosaria, Stilostomella, Vaginulina</i> | infauna | dizoxikustól alacsony oxigéntartalomig | hullámbázis alatt | mérsékelt |
| M9 |  | Globuláris, orsó alakú, egy vagy többkamrás | <i>Dimorphina, Guttulina, Globulina, Hemirobulina, Sphaerogypsina</i> | in- és epifauna | szuboxikus | minden mélység | mérsékelt |
| M10 |  | Megnyúlt két illetve három kamrasoros | <i>Bolivina, Trifarina, Loxostomina</i> | infauna | dizoxikustól alacsony oxigéntartalomig | minden mélység | magas |

13. ábra: Az elkülönített mészvázú bentosz morfofocsoportok, a morfofocsoportokba tartozó nemzetségek és környezeti értelmezésük

5.3.7. BFOI index

Az oxigén koncentráció változása és az üledék-víz kölcsönhatás nagy szerepet játszik a bentosz foraminiferák elterjedésében és morfológiájában (Kaiho, 1994). Ezeket a morfológiai és taxonómiai különbségeket számszerűsítették a BFOI index (*benthic foraminiferal oxygen index*) segítségével, mely kiválóan használható öskörnyezeti értelmezésre (14.ábra) (Kaiho, 1994). Az index kifejezhető a következő képlettel, melyet Kaiho (1989, 1991) vezetett be:

$$BFOI = 100 \times [O/(O + D)], \text{ ahol } O \text{ és } D \text{ az oxikus és}$$

dizoxikus foraminiferák egyedszámai.

Ha az index értéke 0-50 között van, akkor a mintában domináltak a dizoxikus (inbentosz) faunaelemek, és ez hozzávetőleg 0,1-3 mL/L oldott oxigént jelent (24.ábra). Ha az index értéke nagyobb, mint 50, akkor az oxikus faunaelemek dominanciája jellemző (epibentosz) és az oldott oxigén mennyisége nagyobb, mint 3 mL/L (Kaiho, 1994; Ozsvárt, 2018).

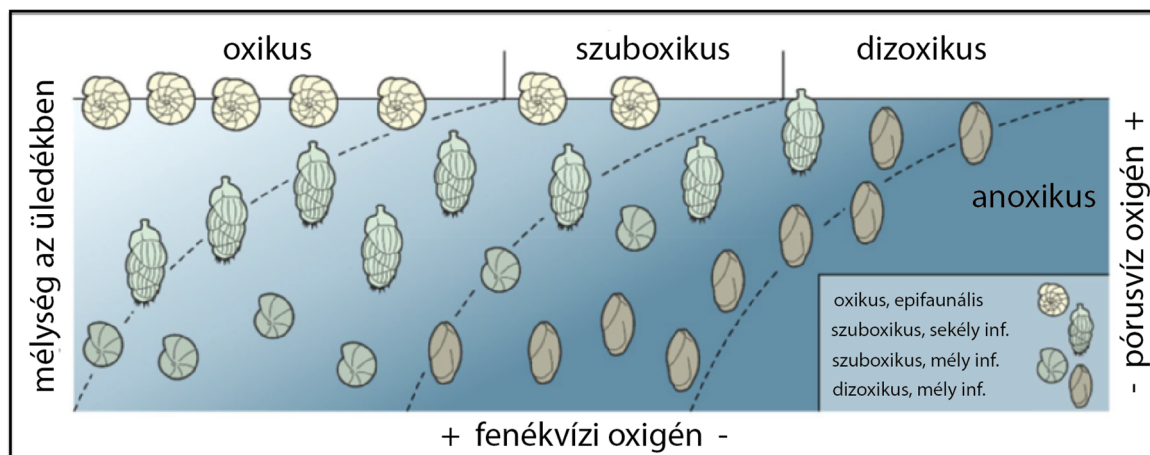
Mivel Kaiho eredeti képletében nem vett figyelembe szuboxikus indikátor taxonokat, ezzel esetlegesen túlbecsülve az oldott oxigén mennyiségét, továbbá az agglutinált formák kizárásával is jelentős információ mennyiség vesz el, ezért ezt a képletet Kranner et al. (2022) továbbfejlesztette, a következő módon:

$$EBFOI = 100 \left(\frac{O}{\left(O + D + \frac{S}{2}\right)} \right).$$

Amelyben figyelembe vették a szuboxikus formákat, továbbá, abban az esetben, ha a dizoxikus indikátorok meghaladják az oxikus indikátorokat a mintában ($D > O$), az átlag EBFOI a teljes élőhelyre a következő képlettel fejezhető ki:

$$EBFOI = \frac{100 \left(\frac{O}{\left(O + D + \frac{S}{2}\right)} \right) + 50 \left(\frac{S}{(S + D)} - 1 + \frac{O}{2} \right)}{2}.$$

Dolgozatomban Barbin & Keller-Grünig (1991), Bindu-Haitonic et al. (2019, 2021), Cetean et al. (2011), Corliss (1991), Gebhardt et al. (2010, 2013), Goubert et al. (2001), Kaiho (1994, 1999), Kaminski (2012), Kerkhoff et al. (2023), Kranner et al. (2022), Ozsvárt (2018), Ozsvárt et al. (2016) és Tóth & Görög (2008) munkái alapján határoztam meg a különböző fajok oxigén igényét (mellékletek 5. táblázat).

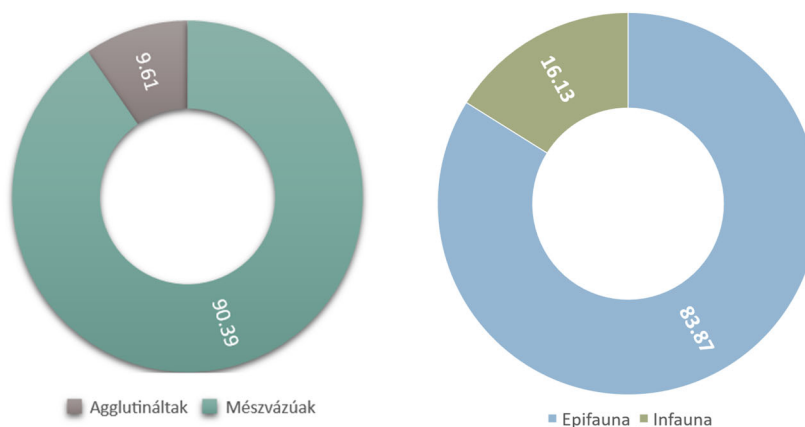


14. ábra: Oxigén modell melyben a pórusvíz oxigén ellátottsága és a fenékvíz oxigén ellátottsága kombinálva vannak bentosz foraminiferákat alkalmazva (Kranner et al., 2022) alapján módosítva.

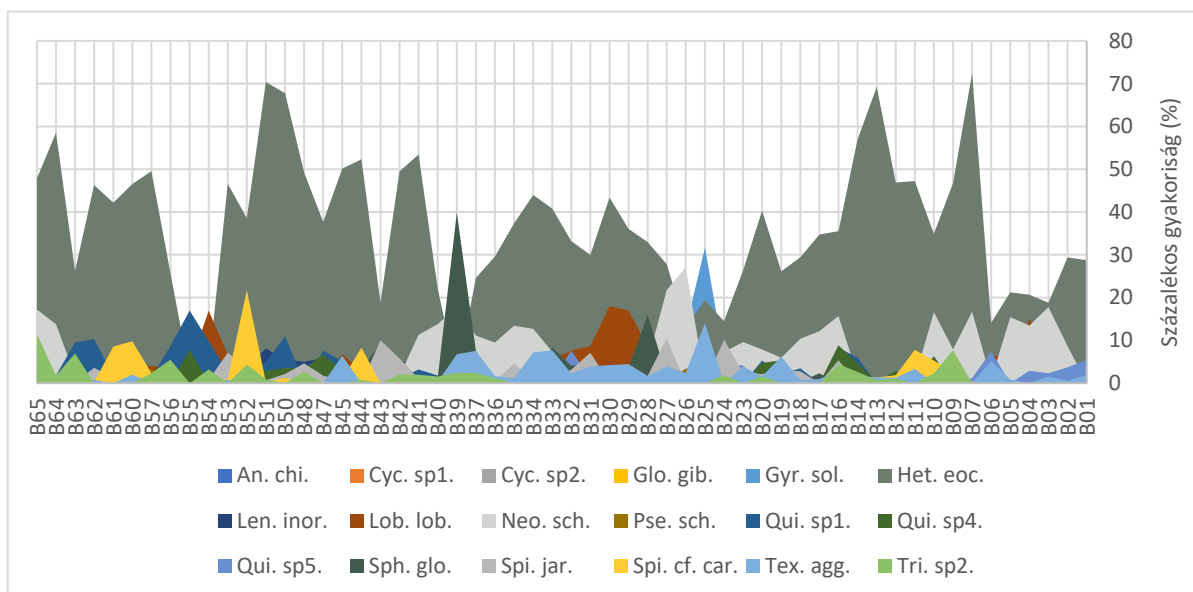
6. EREDMÉNYEK

6.1. Bentosz foraminiferák taxonómiája

A vizsgált 60 mintában összesen 21163 db bentosz foraminiferát sikerült meghatároznom és megszámolnom, melyek összesen 99 fajhoz (melyekből 7 meghatározhatatlan) és 53 nemzetséghez tartoznak (lásd a teljes listát a mellékletek 3. táblázatában), melyekből 1969 db (9,61%) agglutinált vázú és 18511 db (90,39%) mészvázú foraminifera (15.ábra). A morfo csoport analízis alapján kiderült, hogy a meghatározott fajok 83,87%-a epifaunális faj (17177 db egyed) és csupán csak 16,13%-a (3303 db egyed) folytat



15. ábra: Az agglutinált és mészvázú foraminiferák aránya és az epifaunális és infaunális fajok eloszlása a vizsgált rétegsorban



16. ábra: A 18 leggyakoribb faj százalékos gyakoriság görbéje a rétegsor mentén

infaunális életmódot (15.ábra). A ritka fajok leválasztását követően (<1%-os előfordulás a teljes mintában) 18 taxon maradt, mint gyakori faj (mellékletek 2.táblázata).

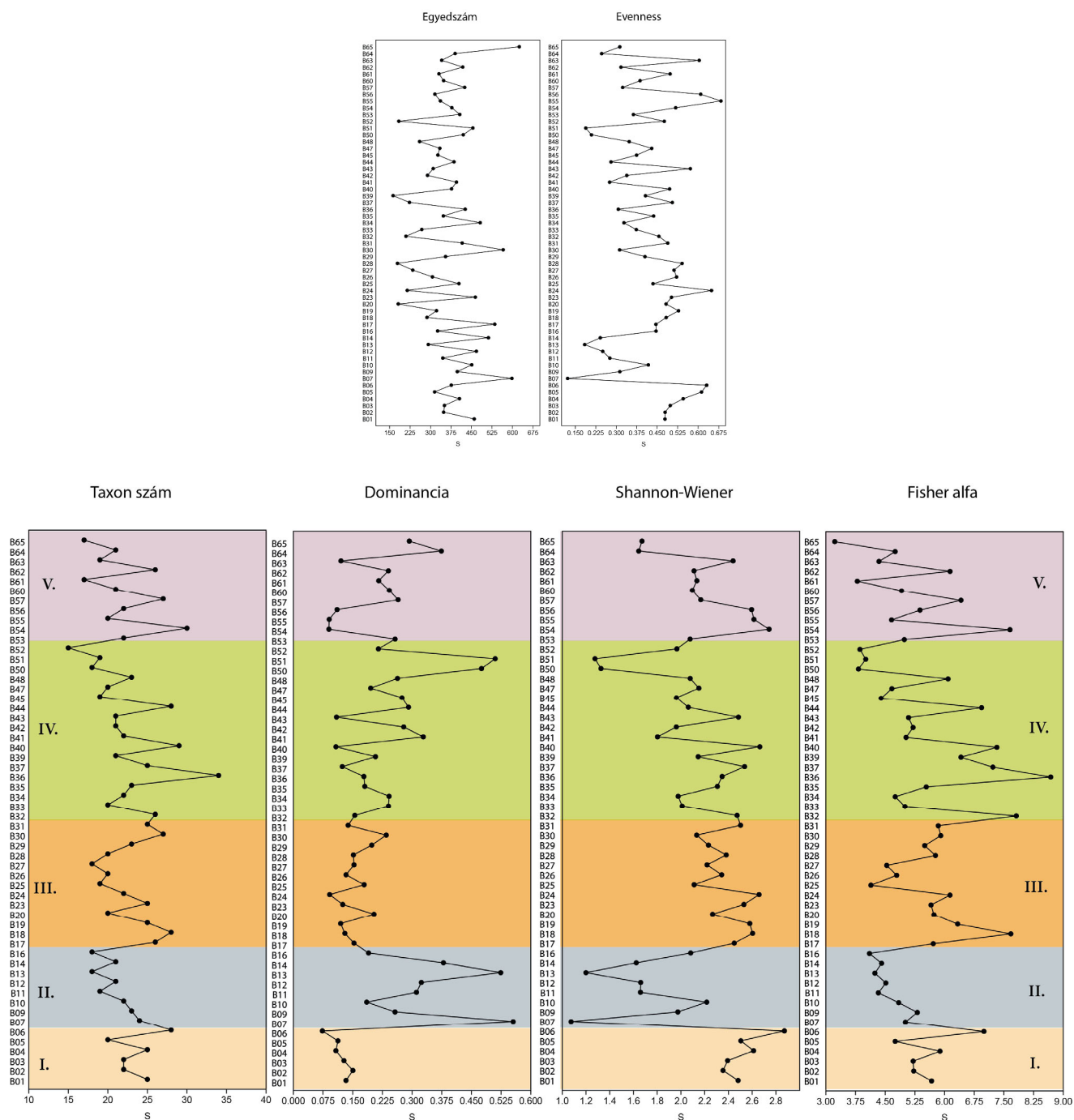
6.1.1. Bentosz foraminiferák relatív gyakorisága

A taxonok relatív gyakoriságából kivehető, hogy a leggyakoribb faj a *Heterolepa eocaena*, 1,23%-tól 72,45%-ig terjedő gyakorisággal, melynek mintánkénti gyakoriságainak átlag értéke 36,48%. Ezt követi a *Neoeponides schreibersii*, melynek változik a gyakorisága 0 és 27,12% között, 6,90%-os átlag gyakorisággal. Hasonló értékekkel követi a *Lobatula lobatula* 0 és 18,01% közötti gyakorisággal, és 5,14%-os átlag értékkel. Az ezt követő *Gyroidinoides soldanii* 0- 31,72% közötti gyakorisággal rendelkezik, átlagosan 4,88% (16.ábra).

6.2. Diverzitás

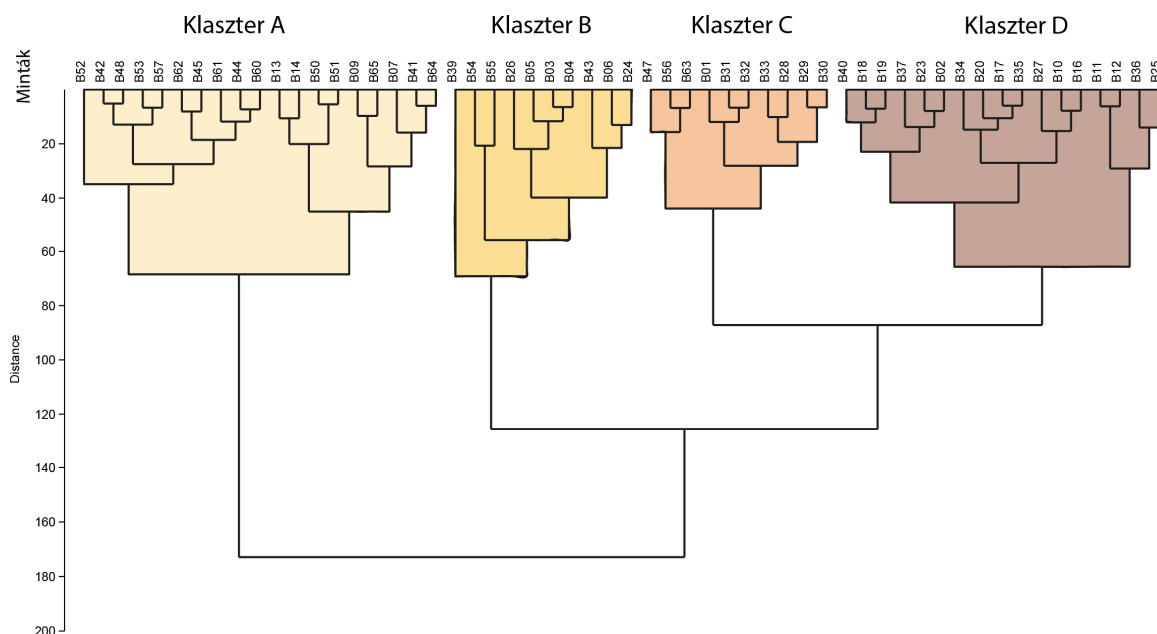
A diverzitási indexek esetében csak a 150 db egyedszámot el nem érő mintákat szűrtem ki az adatsorból, mivel ezek rendkívül nagy kilengést eredményeznek a diverzitásban, hiszen ezek nem veszik figyelembe a relatív gyakoriságot és csak az egyedek számát veszik alapul (függetlenül az összegyedszámtól). Pontosan ezért látható nagy változékonyság a diverzitási indexekben a rétegsor mentén, úgy a taxonszámban, mint a dominanciában és az egyenletességben (*evenness*). Mivel a Shannon-Wiener index az egyedek eloszlását is figyelembe veszi és a Fisher alfa index logaritmikus modellt követ és figyelembe veszi a relatív abundanciát is, így ezek kiküszöbölik az egyenlőtlen összegyedszám problémáját, és kisebb

kilengésű diverzitás görbét kapunk. Ezen felül minden diverzitás index esetében megfigyelhető bizonyos mértékű ciklicitás, így a görbék lefutása alapján 5 különböző szakaszt sikerült elkülönítenem (17.ábra). Az első szakaszba a B01-B06-ig tartó minták tartoznak, a második szakaszba B07-től B16-ig tartó minták, a harmadik szakaszba B17-B31 közötti minták, a



17. ábra: Diverzitás indexek (egyedszám, egyenletesség, taxon szám, dominancia, Shannon-Wiener, Fisher alfa) és a diverzitás görbe alapján elkülönített öt szakasz.

negyedik szakaszba B32-B52 minták és az utolsó, ötödik szakaszba B53-B65-ig terjedő minták. Az első szakaszban maximum 7-es Fisher alfa index és maximum 2,9-es $H(S)$ index jellemző, amely a Shannon-Wiener index esetében kiemelkedő érték a további szakaszokhoz képest, míg a Fisher alfa esetében a negyedik legnagyobb értéket képviseli a rétegsor mentén. Mivel ezen a szakaszon ilyen magas a diverzitás és a taxon szám is, így nem meglepő, hogy a dominancia rendkívül alacsony ezen a szakaszon, főleg a B06-os mintában. A második szakaszban lecsökken a diverzitás (a minimum értékek Fisher alfa esetében ~ 4 és a $H(S) \sim 1,1$), mivel a taxon szám is lecsökkent, továbbá a dominancia megnőtt. A harmadik szakasz alapvetően egy újabb hirtelen diverzitás növekedést jelöl, viszont a szakasz közepén megfigyelhető egy kisebb csökkenés a B25-ös minta szintjében. A legmagasabb Fisher alfa érték $\sim 7,5$, míg a legmagasabb $H(S)$ érték $\sim 2,7$. A negyedik szakaszban látható a Fisher alfa index eddigi legnagyobb értéke ($\sim 8,5$), mely a B36-os minta szintjén ugrik ki, viszont ezek után fokozatos csökkenés látszik a diverzitási értékekben, egészen a 3,75-ös minimum értékig. A Shannon-Wiener még drasztikusabb diverzitás csökkenést jelez 1,2-es minimum értékkel, viszont itt nem látható akkora pozitív kiugrás, mint a Fisher alfa esetében. Az ötödik szakaszban egy $\sim 7,5$ -ös Fisher alfa érték jelöl egy kezdeti maximumot ezután fokozatos diverzitás csökkenés jellemzi ezt a szakaszt, majd az utolsó, B65-ös mintában éri el a diverzitás az eddigi legkisebb értéket ~ 3 -as Fisher alfa értékkel. A Shannon-Wienerben nem fokozatosan, de csökkenés megfigyelhető $\sim 1,7$ -es minimum $H(S)$ értékkel. Annak ellenére, hogy a diverzitás csökken, a dominancia nem növekedik meg különösebben ezen a szakaszon, és a taxon szám is fokozatos és trendszerű csökkenést mutat.



18. ábra: A klaszteranalízis eredménye és az elkülönített négy klaszter

6.3. Klaszter analízis

A klaszter elemzés négy különböző csoportba és hat főágra osztotta a mintákat (A, B, C és D klaszterbe) (18.ábra). A klaszterek közül az A klaszter további két alcsoportra bontható, míg a többi klaszterre ez nem jellemző.

Az A klaszterben a B52, B42, B48, B53, B57, B62, B45, B61, B44, B60, B13, B14, B50, B51, B09, B65, B07, B41, B64 minták szerepelnek és a leggyakoribb fajok a *Heterolepa eocaena* (38,58% - 72,45%), a *Neoeponides schreibersii* (0,00% - 17,21%), *Quinqueloculina sp1.* (0,00% - 10,98%), *Lenticulina inornata* (0,17% - 8,11%). A klaszterben ez a négy taxon együttes átlaggyakorisága 64,91%.

A B klaszterben a B39, B54, B55, B26, B05, B03, B04, B43, B06, B24-es minták fordulnak elő, melyekben a négy leggyakoribb faj a *Heterolepa eocaena* (1,23% - 21,22%), *Neoeponides schreibersii* (0,00% - 27,12%), *Lobatula lobatula* (1,93% - 16,93%), *Sphaerogypsina globulus* (0,00% - 39,88%). A klaszterben ez a négy taxon együttes átlaggyakorisága 37,83%.

A C klaszterben a B47, B56, B63, B01, B31, B32, B33, B28, B29, B30-as minták jelennek meg, amelyekben a négy leggyakoribb faj a *Heterolepa eocaena* (25,72% - 43,36%), *Lobatula lobatula* (0,87% - 18,01%), *Sphaerogypsina globulus* (0,00% - 15,91%) és a

Cycloforina sp2. (0,00% - 14,15%). A klaszterben ez a négy taxon együttes átlaggyakorisága 51,53%.

A D klaszterben a B40, B18, B19, B37, B23, B02, B34, B20, B17, B35, B27, B10, B16, B11, B12, B36, B25-ös minták fordulnak elő, melyekben a négy leggyakoribb faj a *Heterolepa eocaena* (19,37% - 47,22%), *Gyroidinoides soldanii* (0,00% - 31,72%), *Neoeponides schreibersii* (0,21% - 21,74%), *Lobatula lobatula* (0,89% - 8,42%). A klaszterben ez a négy taxon együttes átlaggyakorisága 61,81%.

6.4. Főkomponens-analízis

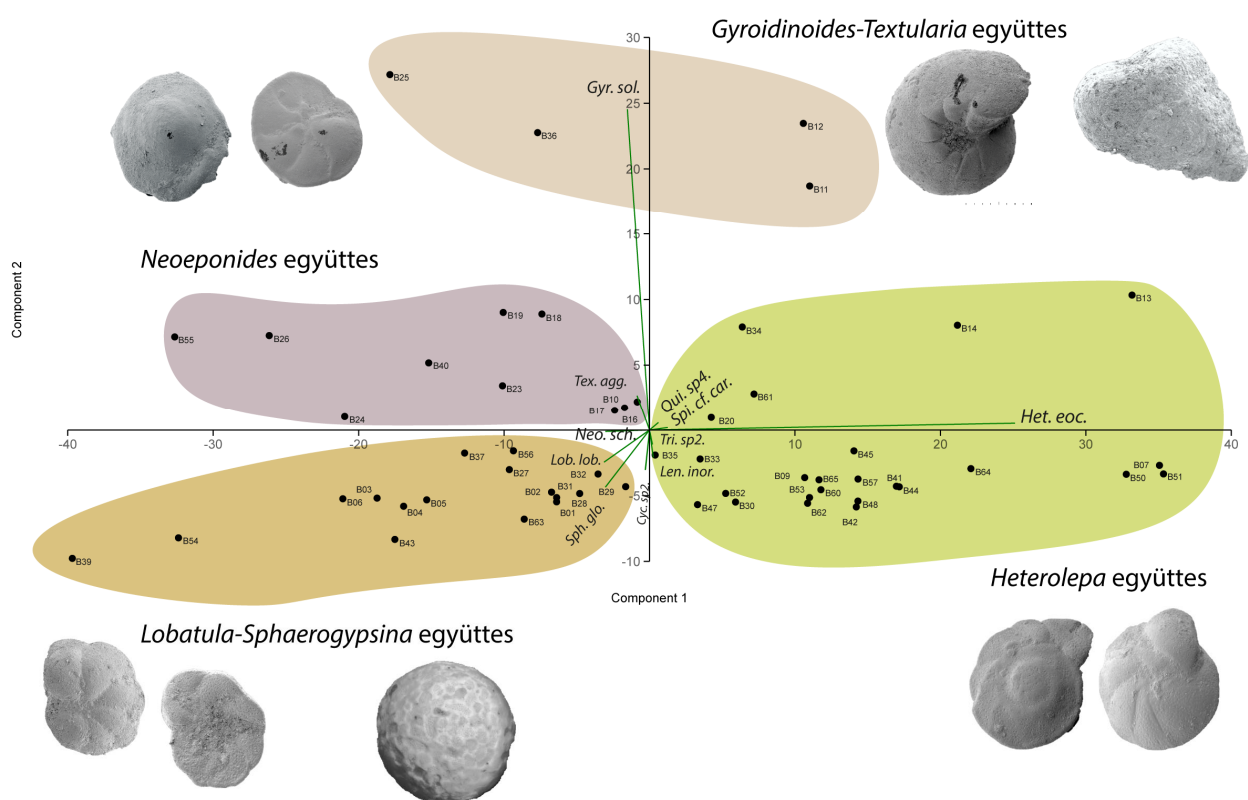
A főkomponens-analízis alapján négy különböző foraminifera együttes különíthető el (19.ábra). Az első főkomponens a variancia 53,3%-át magyarázza, a második főkomponens a 12%-át, míg a harmadik a 10,8%-át. Az első két főkomponens összesen a variancia 65,39%-át képezi le. Az első főkomponens (PC1) mentén a *Heterolepa eocaena* mozdul el dominánsan pozitív irányba (a korrelációs együttható 0.97), míg negatív irányban a *Lobatula lobatula* (-0.12 a korrelációs együttható a PC1-el), a *Neoeponides schreibersii* (a korrelációs együttható -0.117) és a *Sphaerogypsina globulus* (korrelációs együtthatója szintén -0.117) dominálnak. A második főkomponens (PC2) mentén pozitív irányba egyértelműen dominál a *Gyroidinoides soldanii* (a korrelációs együtthatója 0.94), míg negatív irányba a *Cycloforina sp2.* (a korrelációs együttható -0.11).

A *Heterolepa* együttesben a B34, B14, B13, B61, B20, B35, B33, B52, B47, B30, B09, B53, B65, B60, B62, B42, B48, B57, B41, B44, B64, B50, B07, B51-es minták találhatók, melyekben a négy leggyakoribb taxon a *Heterolepa eocaena* (37,32% - 72,45%), a *Neoeponides schreibersii* (0,00% - 17,21%), *Lenticulina inornata* (0,17% - 8,11%), *Lobatula lobatula* (0,00% - 18,01%). A négy taxon együttes átlaggyakorisága 63,55%.

A *Gyroidinoides- Textularia* együttesben a B11, B12, B25, B36-os minták fordulnak elő és a négy leggyakoribb taxon a *Heterolepa eocaena* (19,37% - 47,22%), *Gyroidinoides soldanii* (23,06% - 31,72%), *Textularia agglutinans* (1,24% - 14,04%), *Lobatula lobatula* (2,27% - 6,54%). A négy taxon együttes átlaggyakorisága 74,39%.

A *Neoeponides* együttesben a B10, B16, B17, B18, B19, B23, B24, B26, B40, B55-ös minták jelennek meg, melyekben a négy leggyakoribb taxon a *Heterolepa eocaena* (2,08% - 35,50%), a *Neoeponides schreibersii* (0,00% - 27,12%), *Gyroidinoides soldanii* (6,09% - 14,58%), és a *Lobatula lobatula* (0,89% - 12,88%). A négy taxon együttes átlaggyakorisága 52,01%.

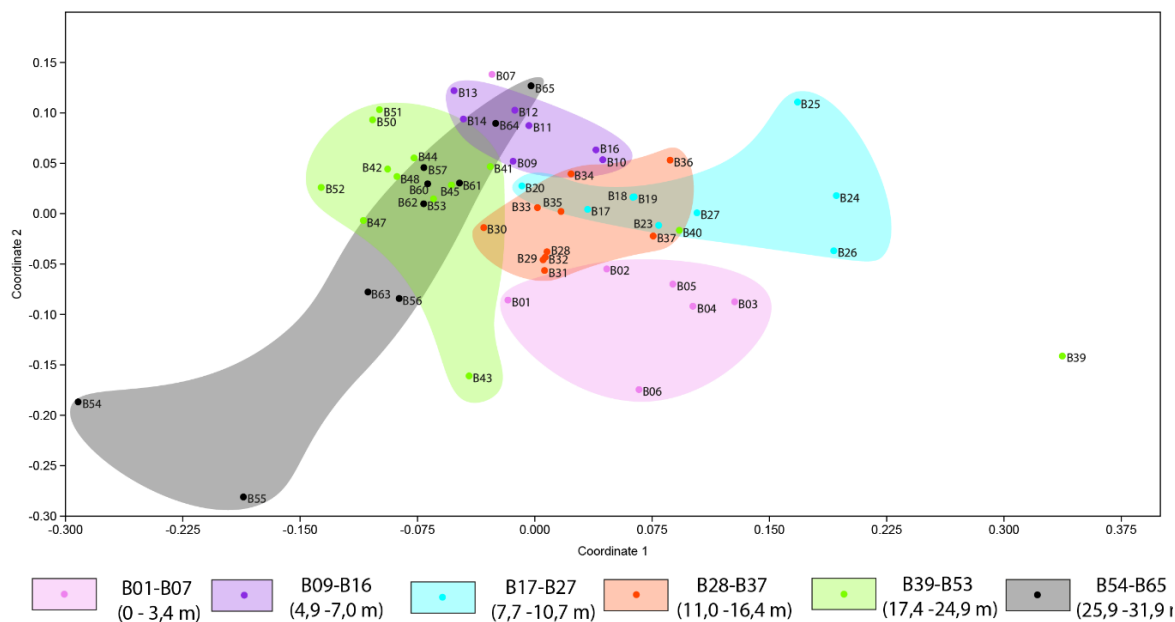
A *Lobatula-Sphaerogypsina* együttes a B01, B02, B03, B04, B05, B06, B27, B28, B29, B31, B32, B37, B39, B43, B54, B56, B63-as mintákat foglalja magába, melyekben a négy leggyakoribb taxon a *Heterolepa eocaena* (1,23% - 36,03%), a *Lobatula lobatula* (3,04% - 16,97%), a *Neoeponides schreibersii* (0,00% - 21,74%) és a *Sphaerogypsina globulus* (0,00% - 39,88%). A négy taxon együttes átlaggyakorisága 45,93%.



19.ábra: A főkomponens elemzés eredménye és a négy elkülönített bentosz foraminifera együttes, a *Heterolepa* együttes, a *Gyroidinoides-Textularia* együttes, a *Neoeponides* együttes és a *Lobatula-Sphaerogypsina* együttes.

6.5. NMDS

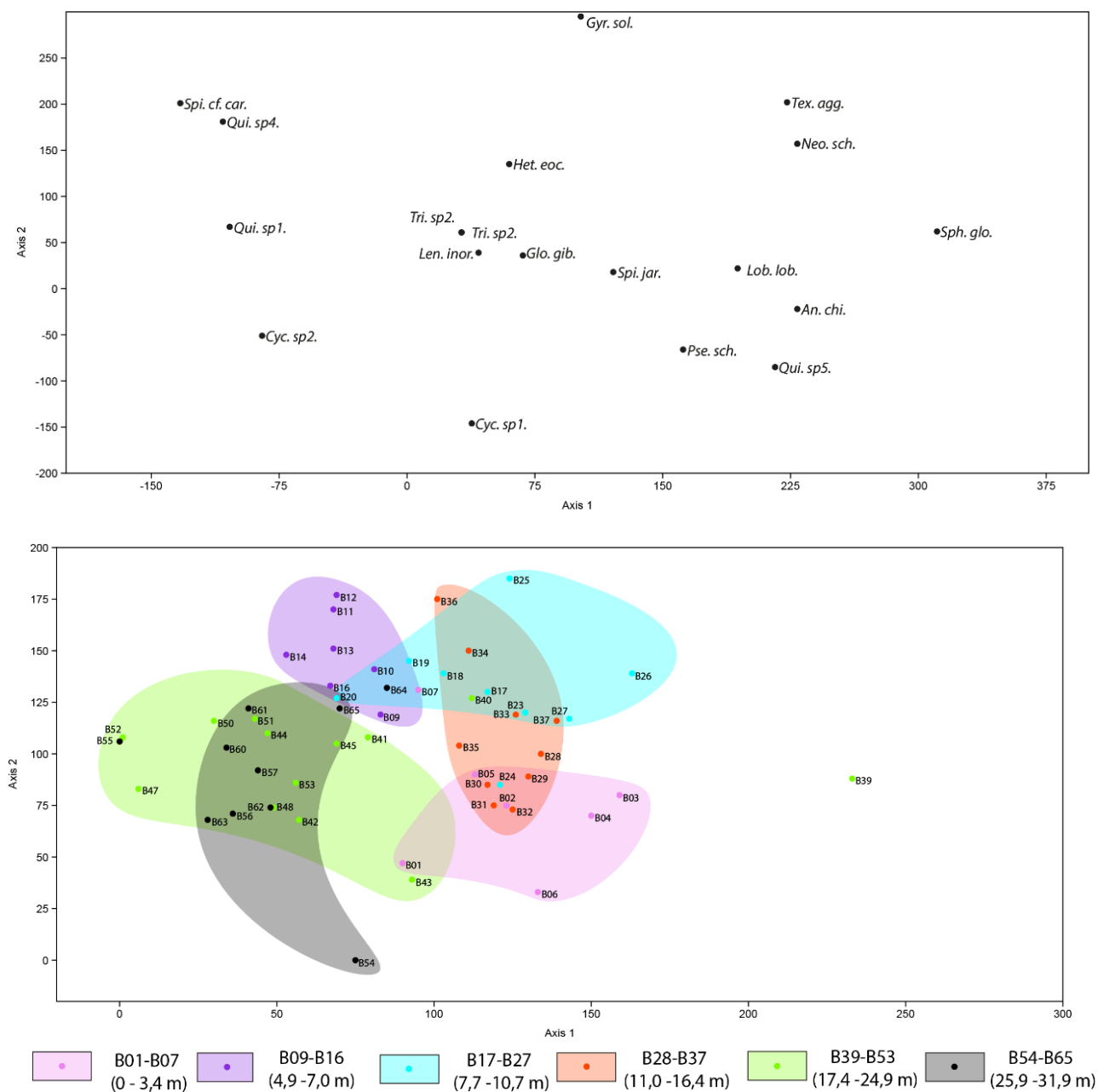
A nem-metrikus multidimenziós skálázás esetében első ránézésre nem látható markánsan elkülönülő csoportosulás a mintákban, ezért a mintákat felosztottam litológiai egységekre a rétegsor alapján, nagyjából a mészapadok közötti részeket egy-egy egységnek feltételezve (20.ábra). Így az első, rózsaszínnel jelölt egység a B01-től a B07-ig tartó mintákat foglalja magába, a második, lilával jelölt egység a B09-től B16-ig terjedő mintákat, a harmadik, világos kék színű egység a B17-től a B27-ig terjedő mintákat, a negyedik egység, pirossal jelölve a B28-tól B37-ig terjedő mintákat, az ötödik, zöld egység a B39-től a B53-ig terjedő mintákat, míg az utolsó, hatodik fekete egység a B54-től B65-ig terjedő mintákat foglalja magába. Ezt a litológia alapján való felosztást ábrázoltam az NMDS diagramon is, a pontokat az előbb felsorolt színekkel jelezve, majd ezeket színes pontfelhőként ábrázolva, a jobb átláthatóság érdekében. A pontfelhők elhelyezkedéséből egyértelműen látszik, hogy a fekete és a zöld színnel jelölt pontfelhők elkülönülnek a többi pontfelhőtől, kevés az átfedés is a többi pontfelhővel. Továbbá, kitűnik az is, hogy a B07, a B39 és a B40-es minta jelentősen szeparáltan jelentkeznek a többi ponthoz, és a saját pontfelhőjükhöz képest is. Ebben a három mintában az a közös, hogy mindhárom minta litológiai váltáshoz köthető, a rétegsorban előforduló meszes padokból vagy azok közvetlen környezetéből származnak. A B39-es minta esetében külön említésre méltó, hogy ebben a mintában a legalacsonyabb a *Heterolepa eoceana* relatív gyakorisága (1,23%), amely máskülönben egyértelműen a legdominánsabb faj a rétegsorban.



20.ábra: A nem-metrikus multidimenziós skálázás eredménye és a litológia alapján elkülönített szakaszok különböző színekkel jelölve

6.6. DCA

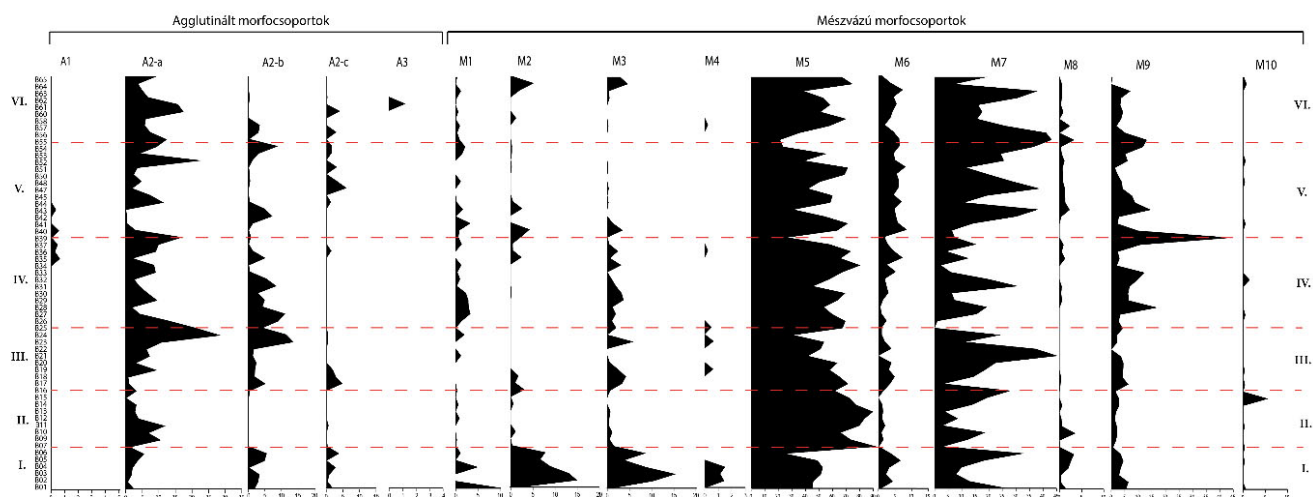
A trend-eltávolított korrespondencia analízis esetében ugyanazt a módszert alkalmaztam, mint a nem-metrikus multidimenziós skálázásnál és ugyanazokat a litológia alapján elkülönített csoportokat tüntettem fel, ugyanolyan színezéssel (21.ábra). A korrespondencia analízis is nagyon hasonló eredményre jutott, mint az NMDS, itt is egyértelműen megfigyelhető a fekete és a zöld színezésű (a rétegsor legfelső két szegmense) pontfelhők elkülönülése, továbbá a B07, a B39 és a B40-es minták jelentős távolsága a saját pontfelhőjüktől. A DCA esetében, a PCA-hoz hasonlóan szintén van lehetőség kettős szórásdiagramot (biplot) megjeleníteni, bár mivel így jelentősen összesűrűsödtek a minták, nehezebb volt értelmezhető ábrát készíteni belőle, így külön ábrákon ábrázoltam a minták és a fajok pontfelhőit (21.ábra).



21. ábra: A trend-eltávolított korrespondencia elemzés eredménye, külön diagramon ábrázolva a fajokat és a minta csoportokat, utóbbi szintén a litológia alapján elkülönített szakaszok szerint színeztve

6.7. Morfocsoportok

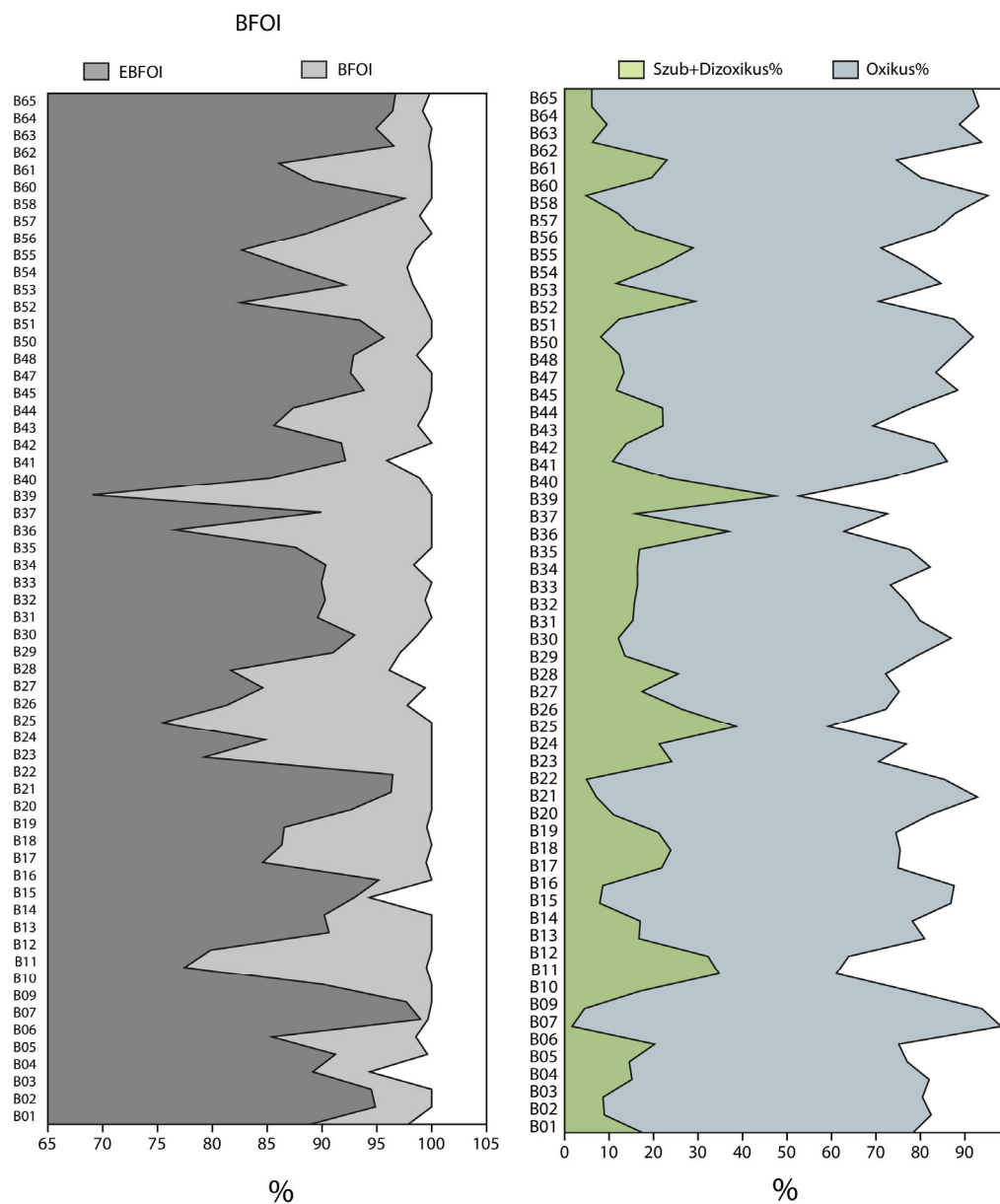
A morfocsoportok százalékos előfordulásának ábrázolása után kivehető, hogy az M5, az M7 és az A2-a morfocsoportok dominálnak a rétegsorban, továbbá az is, hogy az M5, M7 és M9 morfocsoportok dominanciái váltják egymást, így amikor az M5 morfocsoport dominanciája lecsökken, átveszi a helyét az M7, vagy az M9. A morfocsoportok dominanciájának változása és a görbék lefutása alapján 6 szakaszt sikerült elkülönítenem a rétegsorban (22.ábra). Az első szakaszba a B01-től a B06-ig terjedő minták tartoznak, és míg az M5 morfocsoport egyértelműen a legdominánsabb, a kezdeti szakaszban csökkent dominancia jellemzi és az M2, M3 és M7 morfocsoport előfordulása is jelentős lesz. A második szakaszba a B07-től B16-ig terjedő minták tartoznak, itt viszont egyértelműen az M5 morfocsoport dominál, melynek gyakorisága helyenként eléri a 90%-ot, az M7 morfocsoport 5-25%-os gyakorisággal a második leggyakoribb morfocsoport, míg az A2-a a harmadik leggyakoribb helyenkénti 13% maximummal. A harmadik szakaszba a B17-től B25-ig terjedő minták tartoznak, ahol az M5 morfocsoport dominanciája csökken és az M7 morfocsoport gyakorisága eléri a 45%-ot is, amit szintén az A2-a morfocsoport követ maximum 30%-os gyakorisággal. A negyedik szakaszban a B26-től B39-ig tartó minták fordulnak elő melyben szintén az M5 morfocsoport dominál, melynek gyakorisága helyenként eléri a 80%-ot. Itt fontos megemlíteni, hogy a szakaszhatáron jelentős kiugrás figyelhető meg az M9 morfocsoport gyakoriságában (nagyjából a B39-es minta szintjén), egyidejűleg az M5 és az M7 morfocsoport dominanciájának csökkenésével és az A2-a morfocsoport gyakoriságának kevésbé jelentős, de szintén pozitív kiugrásával. Az ötödik szakaszba a B40-től B55-ig terjedő minták tartoznak, ahol az M5 morfocsoport mellett az M7 morfocsoportnak is megnő a dominanciája, továbbá a szakasz felső részén az A2-a morfocsoport gyakorisága is kiugrik. Az utolsó, hatodik szakaszban a B56-től B65-ig terjedő minták fordulnak elő alapvetően szintén az M5, M7 és A2-a morfocsoportok dominanciájával.



22.ábra: Az agglutinált és mészvázú bentosz morfolócsoportok százalékos megoszlása a rétegsor mentén, piros szaggatott vonallal jelezve az elkülönített szakaszhatárokat

6.8. BFOI

A bentosz foraminifera oxigén index értékét két képlettel is kiszámoltam, először a Kaiho (1994) által javasolt klasszikus képlettel, melyben nem szerepelnek az agglutinált vázú foraminifera és melyben csak az oxikus és dizoxikus indikátorokat vettem figyelembe, majd a Kranner et al. (2022) által javasolt megújított képlettel is, melyben számításba kerültek az agglutinált formák és a szuboxikus indikátorok is (23.ábra). Ahogy Kranner et al. (2022) is megfogalmazta, Kaiho képlete sok esetben túlbecsüli az oxigén indexet (sok esetben 100%) és így az oldott oxigén mennyiségét is. Az EBFOI képlet (Kranner et al., 2022) sok esetben árnyaltabb képet alkot az oldott oxigén mennyiségéről, és ezáltal kitűnik a rétegsor mentén feltüntetett BFOI görbén is, hogy a B39-es mintánál jelentősen le is csökken az oxigénszint, az addigiakhoz képest. Ennek ellenére is viszonylag magas oxigénszintről beszélhetünk végig a rétegsor mentén. A legnagyobb negatív csúcs is 69,08%-os oxigén indexet jelent. Ha az indexet oldott oxigén tartalommal alakítjuk, akkor nagyobb mint 6,0 ml/l értéket kapunk (24. ábra). Továbbá ez a szint választóvonalként is értelmezhető az oxigén index görbén, hiszen az ez alatti szinteken több és nagyobb intenzitású negatív csúcsok figyelhetők meg, mint az e fölötti szinteken, ahol a negatív csúcsok nem olyan intenzívek és kevesebb is van.



23.ábra: *Bentosz foraminifera oxigén index (BFOI) görbe a rétegsor mentén, továbbá az oxikus és szuboxikus-dizoxikus fajok százalékos megoszlása a rétegsor mentén*

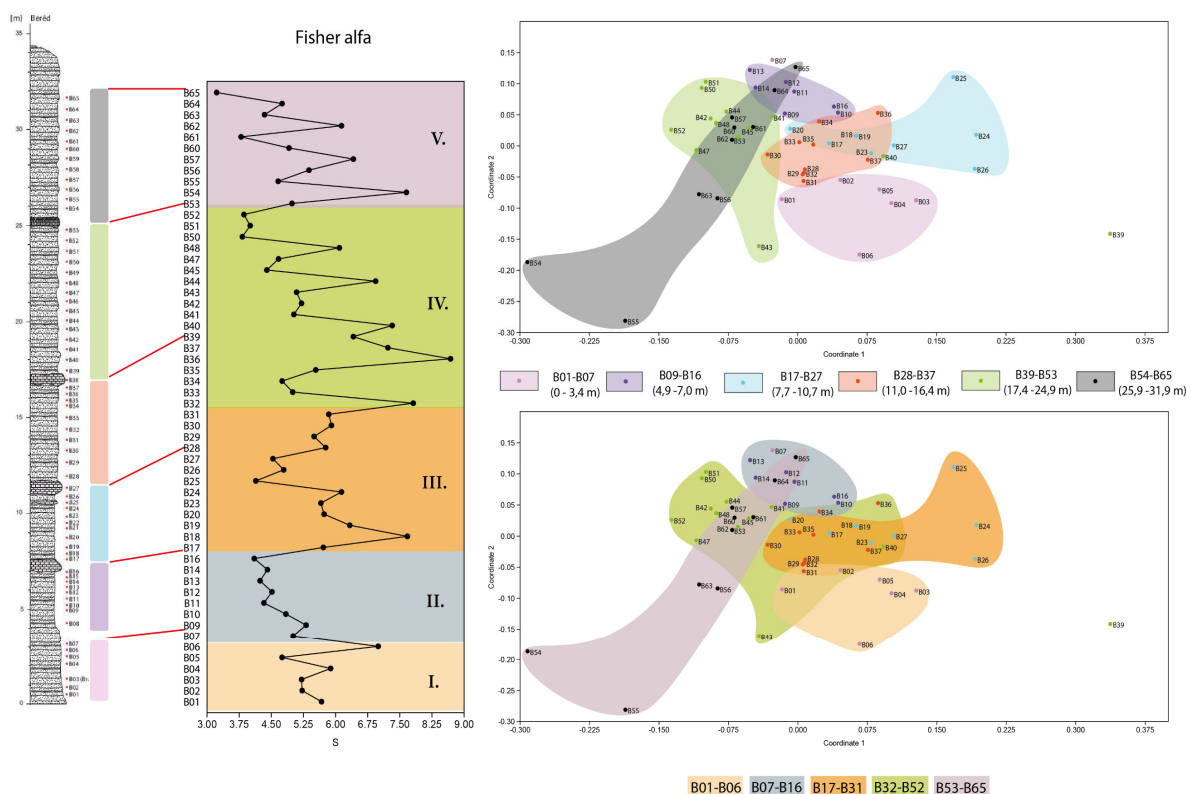
| Környezet | Oldott oxigén tartalom (ml/l) | Oxigén Index | Bentosz foraminifera jellemzők |
|----------------------|--|---------------------|--|
| <i>Nagyon oxikus</i> | <i>3,0-6,0+</i> | <i>50-100</i> | <i>Dizoxikus, szuboxikus és nagy arányú oxikus indikátor</i> |
| <i>Kissé oxikus</i> | <i>1,5-3,0</i> | <i>0-50</i> | <i>Dizoxikus, szuboxikus és kis arányú oxikus indikátor</i> |
| <i>Szuboxikus</i> | <i>0,3-1,5</i> | <i>-40-0</i> | <i>Dizoxikus és nagy arányú szuboxikus indikátor</i> |
| <i>Dizoxikus</i> | <i>0,1-0,3</i> | <i>-50 - -40</i> | <i>Dizoxikus és kis arányú szuboxikus indikátor</i> |
| <i>Anoxikus</i> | <i>0,0-0,1</i> | <i>-55</i> | <i>Nincs bentosz foraminifera</i> |

24.ábra: Az oldott oxigén tartalom (ml/l) becslése az oxigén index értékeiből és az erre a környezetre jellemző bentosz foraminiférák eloszlása és jellemzői (Kaiho, 1994) alapján

7. DISZKUSSZIÓ

7.1. Adatfeldolgozási módszerek értelmezése és összefüggései

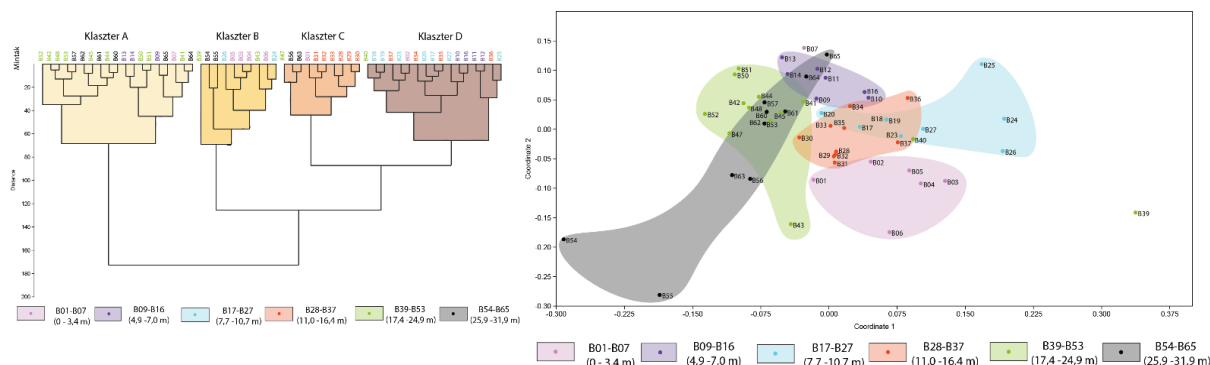
Annak ellenére, hogy több különböző módszerrel vizsgáltam a rétegsor bentosz foraminifera összetételét, több különböző szakaszolási és értelmezési lehetőséggel, a legtöbb módszer közel azonos csoportosítást eredményezett, ami arra utal, hogy mind a litológiai változások, mind a fauna-összetételbeli, diverzitásbeli és környezeti változások is egybecsengenek, ugyanazokat a változásokat képezik le a rétegsorban. A diverzitási indexek alapján elkülönített öt szakaszt a taxonok eloszlása és diverzitásainak változása alapján jelöltem ki. Ha ezeket a szakaszokat ráillesztem a litológiai változások alapján kijelölt szakaszolású NMDS diagramra (25.ábra), közel ugyanaz a mintázat látszik, mint eredetileg, annak ellenére is, hogy litológiai változások alapján hat szakaszt különítettem el. Ez egyértelműen arra utal, hogy a litológiában beállt változásokat (főleg meszes padok megjelenése) ugyanaz a változás jelentette környezeti kényszer vezérli, mint a fajok diverzitását és elterjedését is. Ez minden módszeren külön-külön is egyértelműen ciklikusan következik be, ez alapján feltételezhetünk valamilyen mértékű ciklicitást a rétegsorban. Ezt a ciklicitást Vallner Zsolt vizsgálta meg, a *Heterolepa eocaena* faj elterjedése alapján, mivel ez a legdominánsabb faj a rétegsorban és a Fisher alfa diverzitási index alapján is. Az eredményei azt mutatták, hogy az idősorok jelének zajossága ellenére az excentricitási ciklusok megőrződtek és a vizsgált rétegsor 1,46 millió évet ölel fel, 2,2 - 2,3 cm/ezer év üledékesedési



25.ábra: Az öt elkülönített diverzitás szakasz a Fisher alfa diverzitási görbén ábrázolva és a litológia alapján elkülönített szakaszoknak a megfeleltetése, továbbá a nem-metrikus multidimenziós skálázás diagram és az erre illesztett diverzitási szakaszok.

ráta mellett. A ciklus vizsgálat továbbá kimutatta, hogy 17-18 méter körül zavar észlelhető a ciklusokban és utána egyértelműen megváltozik a ciklusok viselkedése, mely a B39-es minta szintjével esik egybe.

A klaszteranalízis, a főkomponens analízis, az NMDS és a DCA is kimutatta, hogy a B39-es minta jelentősen elkülönül a többi mintától és mivel ezeken a többváltozós adatfeldolgozási módszereken a távolság az egyik legfontosabb paraméter (minél távolabb esik két pont annál nagyobb a különbség kettejük között), ez azt feltételezi, hogy ebben a mintában leképeződik egy olyan fajta változás, ami a többi mintában nem szerepel. A BFOI és a morfocsoport analízis pedig kimutatta, hogy a B39-es mintában az addigiaknál jóval kisebb az oxigén tartalom (jelentősen megnőtt a szuboxikus fajok aránya az oxikusakhoz képest), így joggal feltételezhetjük, hogy az oxigénszint az egyik lényeges ökológiai paraméter, amely alapján a többváltozós ordinációs eljárások szétosztják az adatokat. Ez kifejezetten látszik a DCA-n, hiszen ez az a módszer, mely leginkább képes a két koordinátát, ami alapján elosztja

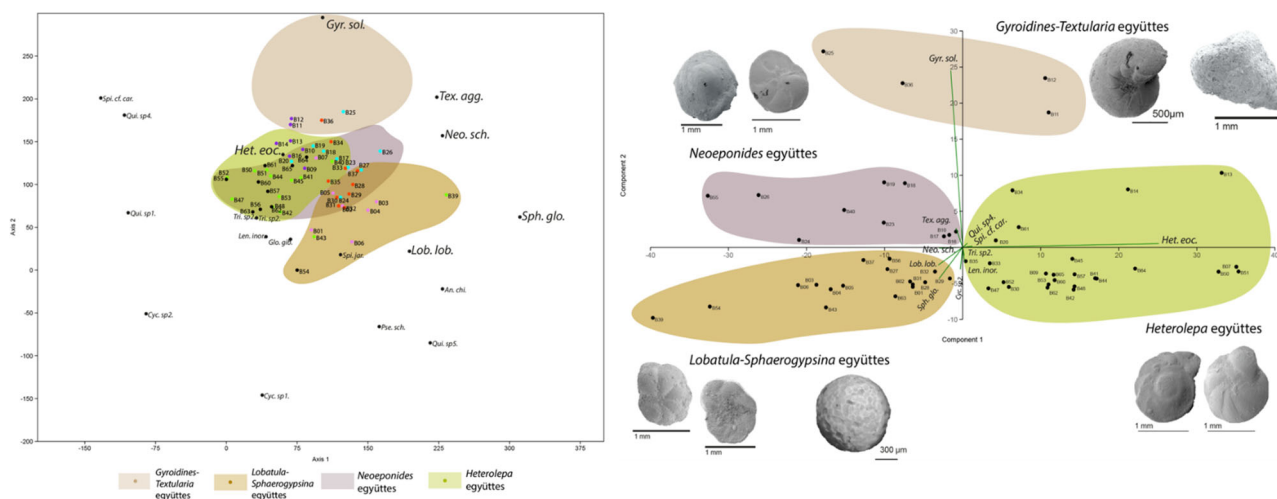


26.ábra: Az NMDS grafikonon ábrázolt litológia alapján elkülönített szakaszok és az ezek ráillesztése a klaszteranalízisre.

az adatsort, ökológiai paramétereknek megfeleltetni. Ezen egyértelműen látszik, hogy a B39-es minta nagyjából 100-as nagyságrendű egységnyi értékkel lett eltolva a többi értéktől.

Az NMDS és a DCA továbbá kifejezetten elkülönítette a fekete (B54-B65) és a zöld (B39-B53) szakaszokat a többi szakasztól, melyek a rétegsor két legfelső, legfiatalabb szakasza, továbbá ez azért is érdekes, mert ha ezt a szelvényt megpróbáljuk hozzávetőlegesen korrelálni (litológia és a *Pycnodonta gigantea* biohorizont alapján) Rusu et al. (1993) eredeti értelmezett szelvényéhez, akkor ez a két szakasz alatt helyezkedik el közvetlenül az eocén-oligocén határ. Azt lehet feltételezni ezáltal, hogy a két legfelső szakasz már oligocén korú, míg az alsó négy eocén korú és így az eocén-oligocén határ nagyjából a B39-B40-es minta vonalába esik. Az NMDS-en ábrázolt szakaszokat megpróbáltam ráilleszteni a klaszterelemzésre is, melyen az vehető ki, hogy a két felső szakasz (fekete és zöld) is itt elkülönül a többitől (az A és a B klaszterbe tömörülnek) nem nagyon látványosan, de a trend ugyanaz.

A főkomponens analízis és a klaszterelemzés is hasonló csoportosítást eredményezett (26.ábra), a klaszterek és az együttesek is ugyanazokat a gyakori fajokat foglalják magukba, minimálisan eltérő átlagos gyakorisággal. A B klaszter és a *Lobatula-Sphaerogypsina* együttes ugyanazokat a gyakori fajokat tartalmazza, a D klaszter pedig a *Neoeponides* együttesel egyezik meg. Mivel ennek ellenére is megbízhatóbb adatelemzési módszernek bizonyul a főkomponens analízis, ezért a PCA által elkülönített foraminifera együttesek környezeti értelmezését veszem alapul.

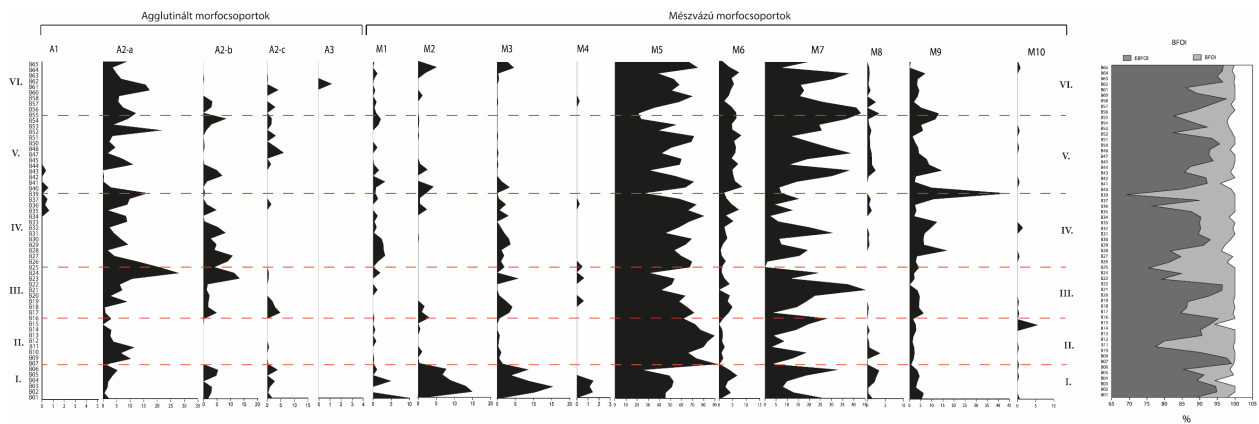


27.ábra: A főkomponens analízis által elkülönített bentosz foraminifera együttesek és ezek ráillesztése a trend-eltávolított korrespondencia analízisre (DCA), melyen ezúttal egy diagramon vannak ábrázolva a minták és a fajok is.

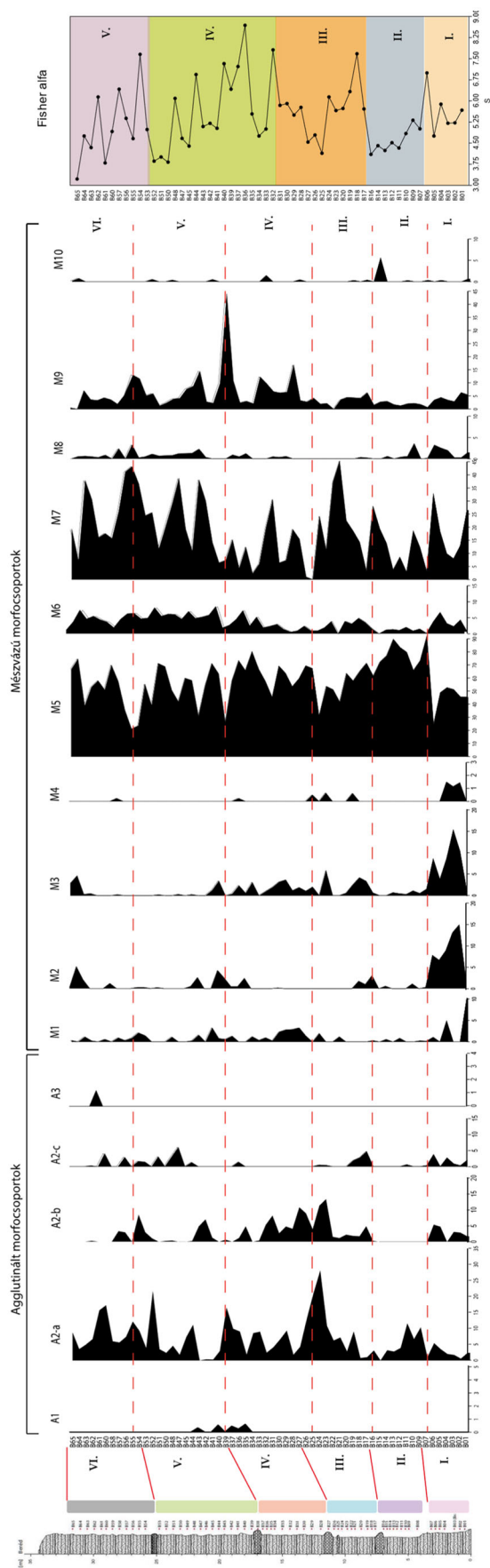
A főkomponens analízist továbbá összehasonlítottam a korrespondencia analízis (DCA) által kapott diagrammal (27.ábra), és hogyha figyelembe vesszük azt, hogy a *Heterolepa* együttesben és a *Neoeponides* együttesben is egy faj kivételével ugyanaz a négy leggyakoribb faj fordul elő, a DCA is nagyon hasonló eredményre jut, mint a PCA. Ha a korrespondencia analízisen is megjelenítem a kettős szórásdiagramot (biplot), akkor az is nyilvánvalóvá válik, hogy ugyanazok a fajok irányába mozdulnak el ugyanazok a minták, mint a főkomponens analízisen. Mivel ilyen módon is elkülönülnek ezek a foraminifera együttesek így a környezeti értelmezésben csak a főkomponens elemzés által elkülönített együtteseket veszem alapul.

A morfofocsoport elemzés által elkülönített 6 csoport részben megegyezik a diverzitás indexek által elkülönített szakaszokkal és a litológiai változások alapján elkülönített szakaszokkal is (29.ábra). A B39-B40-es minta vonalában ezen a módszeren is szembetűnő kiugrás észlelhető, ami további bizonyítékként szolgál a feltevésre, miszerint az eocén-oligocén határ körüli változásokat láthatjuk. A diverzitás görbében nem látható nagy kiugrás ezen a szakaszon, ezért is nem bontottam több szakaszra ezt a részt, de ennek ellenére innentől megfigyelhető egy csökkenő trend a diverzitásban. Ha a morfofocsoportokat a BFOI görbével vetjük össze (28.ábra), akkor szintén a B39-es minta szintjében figyelhető meg a legnagyobb változás, az e föltti szakaszban kevésbé domináns és kevesebb negatív csúcsot lehet megfigyelni, amely arra utal, hogy ez a szint föltt már kevésbé ingadozó az oxigénszint. Ez azért is érdekes, mert ha azt látjuk, hogy az e föltti szakaszban nem csökken az oxigénszint,

sőt, növekedik, akkor az itt jelentkező trendszerű diverzitás csökkenés nem az oxigénszintnek tudható be.



28.ábra: Az agglutinált és mészvázú bentosz foraminifera morfolocsoportok százalékos eloszlása a rétegsor mentén, elkülönítve a hat különböző szakaszt és összehasonlítva a bentosz foraminifera oxigén index (BFOI) görbével



29. ábra: Az agglutinált és mészvázú bentosz foraminifera morfofocsoportok százalékos eloszlása a rétegsor mentén és az elkülönített hat szakasz, továbbá megfigyelve a litológia alapján elkülönített szakaszoknak és a diverzitás görbe alapján meghatározott öt szakasznak a Fisher alfa diverzitási görbében ábrázolva

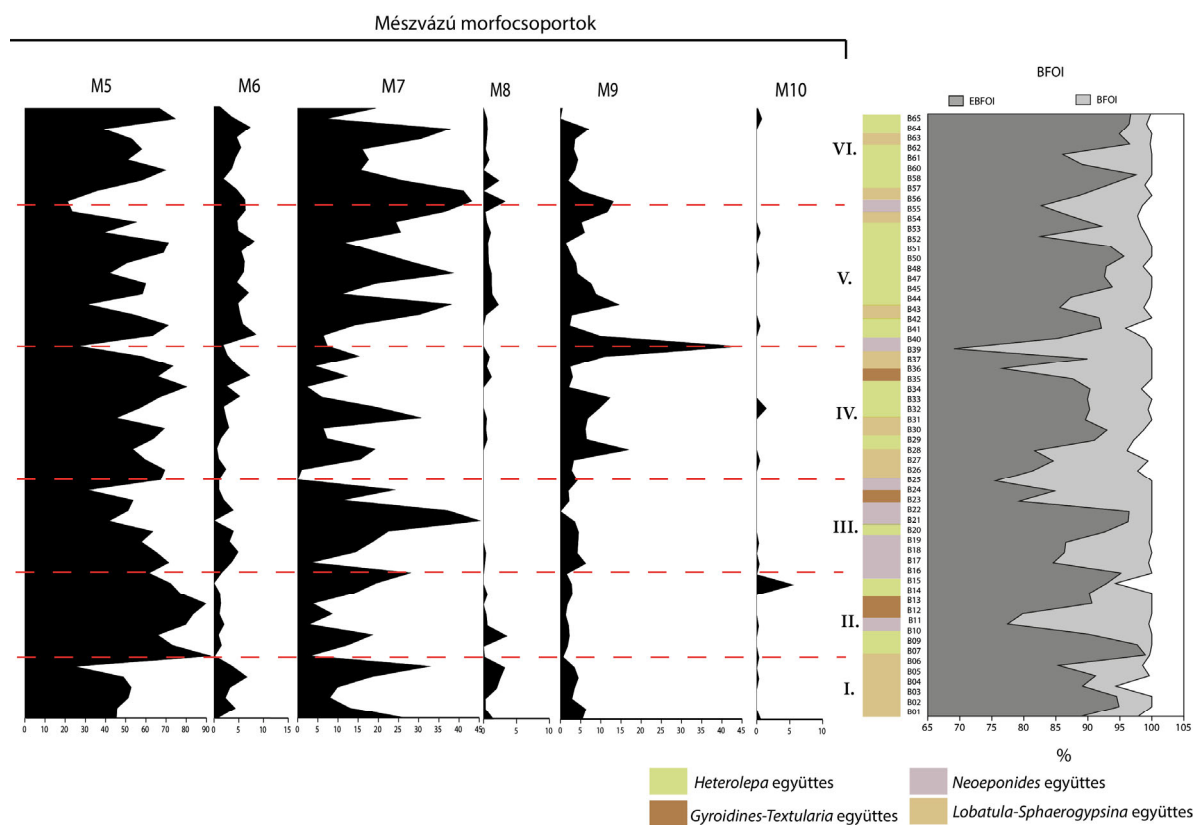
7.2. Foraminifera együttesek értelmezése

A főkomponens analízis által elkülönített négy foraminifera együttesben kis különbségekkel hasonló fajok fordulnak elő, mivel alapvetően a *Heterolepa eocaena* dominanciája annyira meghatározó, hogy az utána következő domináns fajok gyakorisága csak kis százalékokban különböznek egymástól. Ennek ellenére, még így is látszanak bizonyos változások az együtteseken belüli tendenciákon.

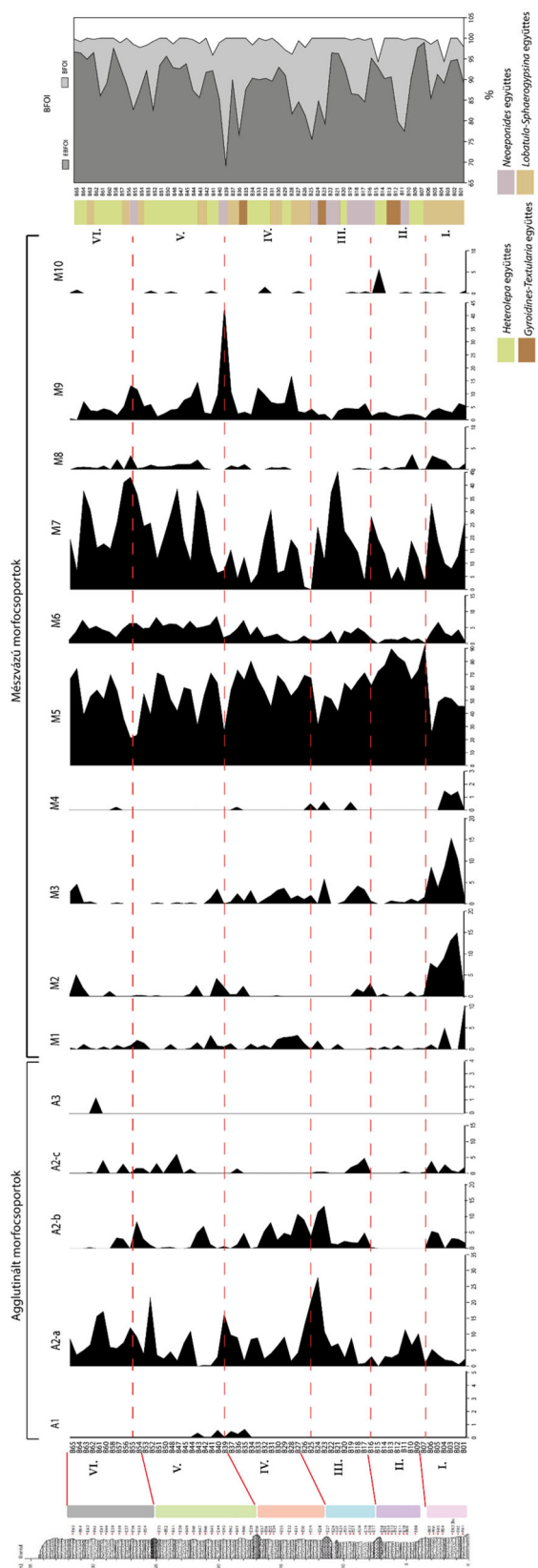
A *Heterolepa eocaena* egy epifaunális életmódot folytató, mérsékelt-hideg vízű, oxigéndús környezetet kedvelő faj, mely passzív szuszpenziós módon táplálkozik és a selftől egészen batiális mélységig előfordul (Murray, 1991). A második legdominánsabb faj, a *Neoeponides schreibersii* szintén epifaunális életmódú, oxikus környezetet kedvelő, nyílt tengeri környezetben elő faj, mely a cirkalitorális övtől egészen a batiális övig előfordul (Goubert et al., 2001). A *Lobatula lobatula* olyan szesszilis, epifaunális faj, mely kedveli a nagy energiájú, oxigéndús aljzatot, ahol a hullámverés szerves anyagot is szállít (Nouradini et al., 2015). A *Gyroidinoides soldanii* szintén epifaunális, szesszilis, hideg tengervizet és szuboxikus környezetet kedvelő faj, mely selftől batiális mélységig előfordul (Kaiho, 1994; Murray, 1991). A *Lenticulina inornata* epifaunális, szintén hideg tengervizet kedvelő faj (Murray, 1991), mely jól bírja a szuboxikus környezetet is (Kerkhoff et al., 2023) és külső selftől egészen batiális mélységig előfordul. A *Textularia agglutinans* egy epifaunális/sekély infaunális életmódú, oxigéndús környezetet kedvelő faj, mely szintén hidegebb tengervízi környezetben fordul elő, selftől batiális mélységig (Murray, 1991). A *Sphaerogypsina globulus* vázának formájából adódóan könnyen mobilizálható, gyakran az áramlatok által szállítódik a kemény aljzaton szuboxikus környezetben, de előfordul az inbentoszban is (Murray, 1994).

Ezeket a környezeti értelmezéseket figyelembe véve a *Heterolepa* együttes egy oxigéndús, külső selftől-batiális mélységű, hideg hőmérsékletű környezetet feltételez, a *Gyroidinoides-Textularia* együttes egy szintén selftől-batiális mélységű hideg vízi környezetet jelöl, melyben enyhén csökkent az oxigénszint. A *Neoeponides* együttesben szintén előfordul a *Gyroidinoides soldanii* mint gyakori faj, ezért arra lehet következtetni, hogy ez az együttes is egy enyhén csökkent az oxigénszintű, selftől-batiális mélységű hideg vízi környezetet jelöl. A *Lobatula-Sphaerogypsina* együttesben dominánsan jelentkezik a *Sphaerogypsina globulus*, mint szuboxikus faj, így ebben az együttesben is enyhén csökkent oxigénszintet lehet feltételezni, de alapvetően self-batiális mélységű tengeri környezetről van szó. Nem látható nagy különbség a négy foraminifera együttes környezeti értelmezése között, csupán enyhe

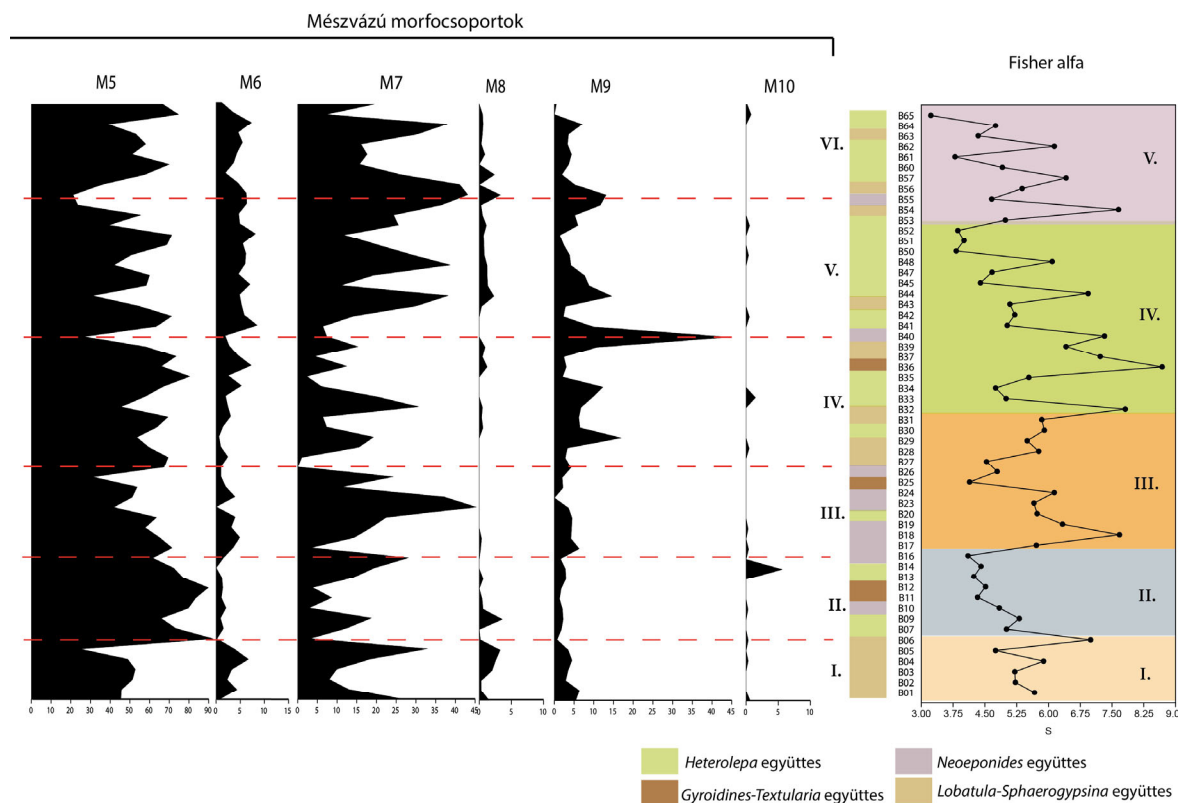
változások az oxigénszintben. Ha az együttesek elterjedését vizsgáljuk a rétegsor mentén (30. ábra), akkor kitűnik az is, hogy a három együttes melyben enyhén csökkent az oxigénszint a rétegsor alsó részére korlátozódik, míg a felső részén főleg a *Heterolepa* együttes dominál, mely egyértelműen oxigéndúsabb környezetet feltételez. Ez egybevágh a BFOI görbe eredményeivel is, hiszen a három enyhén csökkent oxigéntartalmú környezetet feltételező együttes azokon a szakaszokon jelenik meg a rétegsorban, ahol negatív oxigén csúcs jelentkezik a BFOI görbén (31. ábra). Így a B39-es minta alatti szakaszban dominálnak azok az együttesek, melyek enyhén csökkent oxigénszintet jeleznek, míg fölötté az oxigéndús környezetet jelző együttes dominál, ezzel is jelezve, hogy a B39-es minta fölötti szakaszban kevésbé ingadozó oxigénszint jellemző, mint az az alatti szakaszban (32. ábra).



30. ábra: A domináns mészvázú morfofocsoportok százalékos eloszlása, a főkomponens analízis által elkülönített foraminifera együttesek eloszlása a rétegsor mentén és a BFOI görbe



31.4b: Az összes morfofocsoport (agglutináltak és mészvázúak) eloszlása és szakaszai, a litológiai oszlop alapján elkülönített szakaszok, a főkomponens analízis alapján meghatározott foraminifera együttesek eloszlása a rétegsor mentén és a BFOI görbe



32. ábra: A domináns mészvázú morfofocsoportok százalékos eloszlása és szakaszai, a főkomponens elemzés által elkülönített négy foraminifera együttes és eloszlásuk a rétegsor mentén és a Fisher alfa diverzitási görbe és a diverzitási szakaszok.

Ha a morfofocsoportok által elkülönített szakaszokat és az ezekben domináns morfofocsoportok környezeti értelmezését vesszük alapul, akkor kivehető, hogy az első szakaszban, az M5 morfofocsoport dominanciája nem annyira magas, és az M2, M3 és az M7 morfofocsoportok veszik át a helyét. Az M2 morfofocsoport, melyben az *Operculina* és a *Planostegina* nemzetségek dominálnak, és az M3 morfofocsoport, melyben az *Anomalinoidea* és a *Baggina* nemzetségek dominálnak szintén az oxigéndús, hidegebb tengervízű környezetet kedvelik, továbbá kis mértékben bírják a csökkent sótartalmat (30‰-ig). Az M7 morfofocsoport a Miliolina-féléket tartalmazza, melyek nagy számú előfordulása a sótartalom változásaira utalhatnak. A második szakaszban egyértelműen az M5 morfofocsoport dominál, melybe a *Cibicides*, *Cibicoides*, *Heterolepa*, *Lobatula*, *Neoeponides* és *Gyroidinoides* nemzetségek dominálnak, melyek oxigéndús, hideg tengervízi környezetet jeleznek selfől egészen batiális mélységig. Ebben a szakaszban is a második legdominánsabb szakasz az M7 morfofocsoport, mely a Miliolina-féléket tartalmazza. Az M10 morfofocsoport, mely bár nem domináns, ebben a

szakaszban jelentős kiszökését lehet megfigyelni a rétegsor többi részéhez képest, melybe a *Bolivina*, *Loxostomina* és *Trifarina* nemzetségek tartoznak és dizoxikus környezet jeleznek. A harmadik szakaszban kissé megugrik az M7 morfo csoport dominanciája, mely a sótartalom változására (valószínűleg csökkenésére) utal. Ugyanebben a szakaszban az A2-a morfo csoport dominanciája eléri a maximumát, melyben a *Textularia* nemzetség dominál, mely infaunális, de oxikus környezetben fordul elő a selftől egészen batiális mélységekig. A negyedik szakaszban továbbra is dominál az M5 morfo csoport, viszont a szakasz határán az M9-es morfo csoport jelentős kiugrását lehet tapasztalni, melyben a *Sphaerogypsina*, *Globulina*, *Guttulina*, *Dimorphina* nemzetségek dominálnak és szuboxikus környezetet jelölnek. Az ötödik és hatodik szakaszokban nem látható nagy különbség sem a morfo csoportok dominanciájában, sem a környezeti értelmezésükben, az M5 morfo csoport mellett az M7 és az A2-a morfo csoportok dominálnak, melyek oxigéndús, hideg tengervízi környezetet jeleznek selftől egészen batiális mélységig.

7.3. Kitekintés a Magyarországi paleogén medencére

A kapott adatok megerősítik és kvantitatív alapon is igazolják Rusu et al. (1993) megfigyeléseit, többek között a *Heterolepa eoacaena* az eredeti leírásban Rusu et al. (1993) is az egyik legdominánsabb fajként jelenik meg a Berédi Formációban, továbbá Ozsvárt et al., (2016) Magyarországi paleogén medencében végzett kutatásaiban is domináns taxon az eocén korú rétegekben (ott *Cibicidoides eoacaenus*-ként jelenik meg).

A diverzitásban nem látható nagy mértékű csökkenés a kérdéses szakaszon (B39-es minta feletti rész), viszont összehasonlítva Ozsvárt et al. (2016) Magyarországi paleogén medencében végzett hasonló kutatásaival, ott sem látható drasztikus diverzitás csökkenés a bentosz foraminiferák esetében, csupán egy csökkenő trend figyelhető meg, ami ezen a szelvényen is megfigyelhető. Sőt, Ozsvárt et al. (2016) az eocén-oligocén határon először egy diverzitás növekedést figyelt meg, majd később, az oligocén során tapasztalt drasztikus csökkenést a diverzitásban. Az oldott oxigén tartalom kisebb értéket mutat a Magyarországi paleogén medencében, viszont a határon szintén oxigénszint csökkenést lehet megfigyelni. Továbbá az általa vizsgált bentosz foraminifera közösségek szintén viszonylag stabil öskörnyezetet jeleznek, stabil vízmélységgel. A késő eocén epifaunális életmódot folytató bentosz szervezetekkel jellemezhető, míg a kora oligocén során sekélytől mély infaunális életmódú nemzetségek fordulnak elő. A Magyarországi paleogén medencében jelentős változás az oxigén- és szénizotóp értékekben látszik leginkább az átmenet során, a pozitív $\delta^{18}\text{O}$

és a $\delta^{13}\text{C}$ anomália egyértelműen egybeesik a globális izotóp értékekkel, melyek láthatóan tükrözik a globális klimatikus esemény hatását a Paratethysben (Ozsvárt et al., 2016). Az Erdélyi-medencében ígéretes további kutatási lehetőséget nyújt a berédi szelvény stabilizotóp-vizsgálata, mely megerősítené a feltételezést, hogy az eocén-oligocén átmenet okozta változásokat látjuk.

8. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS ÖSSZEGZÉS

Az eocén-oligocén átmenet régóta vita tárgyát képező kainozoikumi esemény, mind környezeti szempontból, mind rétegtani megközelítésből. A globális klíma- és környezetváltozás regionális jelei nagyon különböző módon, különböző intenzitással és eltérő idősíkon jelennek meg a különböző részmedencékben. Az Erdélyi-medencében nem látható nagyon drasztikus élővilágbeli átrendeződés, azonban ciklikusan bekövetkező változások és a rendszer perturbációi megfigyelhetők az átmenet során, melyek a globálisan látható klimatikus eseményt képezik le. Az eocén-oligocén átmenet őskörnyezetének rekonstruálása érdekében kvantitatív és statisztikai elemzéseket végeztem az Erdélyi-medence bentosz foraminifera közösségein. A Berédi Márga Formáció egy 35 méter vastagságú szelvényét vizsgáltam (Beréd alapszelvény); 60 darab mintát dolgoztam fel, amelyek összesen 21 163 bentosz foraminifera vázat tartalmaztak.

A vizsgált szelvényt diverz bentosz foraminifera közösség jellemzi (99 faj, ami 53 nemzetséghez tartozik), melyben a *Heterolepa eocaena* rendkívül domináns fajként jelenik meg. Az adatsoron paleoökológiai indexeket (relatív abundancia- és diverzitásindexek), klaszter- és főkomponens-elemzést, NMDS (nem metrikus többdimenziós skálázás), DCA (trend-eltávolított korrespondencia analízis) és morfocsoport-elemzést végeztem. A diverzitás, a társulások, és a morfocsoportok alapján is jól elkülöníthető és litológiával is egybeeső szakaszok alapján környezeti és élővilágbeli változásokra lehet következtetni. A bentosz foraminifera közösséget leginkább epifaunális életmódot folytató, oxigéndús környezetet kedvelő és hidegtűrő fajok jellemzik. Őskörnyezeti szempontból a vizsgált szelvény viszonylag stabil, oxigéndús, hideg vízi környezetet tükröz, a sótartalom enyhe változásaival, külső seftől egészen batiális mélységig.

Kimutatható több adatelemzési módszer segítségével, hogy a rétegsor két legfelső szakasza elkülönül a rétegsor alsó szakaszától és a szelvény eredeti leírása és a nannoplankton biosztratigráfiája alapján valószínűleg már oligocén korú. Ezt a két szakaszt már kevésbé ingadozó oxigénszint és csökkenő diverzitás jellemzi. Az alsó (feltételezhetően késő eocén

korú) és a felső (oligocén korú) szakaszt a B39-B40-es minta szintje választja el, ahol több módszer is jelentős kiugrást és változást mutat a szelvény többi részéhez képest, többek között oxigénszint csökkenés. Ezen felül megfigyelhető a rétegsorban enyhe ciklicitás, melynek részletesebb, az itt közölt foraminifera adatokon alapuló, Vallner Zsolt által végzett idősor-elemzési vizsgálata feltárta, hogy a tanulmányozott rétegsor $\sim 1,46$ millió év alatt rakódhatott le $2,2 - 2,3$ cm/kyr üledékesedési ráta mellett.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálámat szeretném kifejezni témavezetőmnek Dr. Pálffy Józsefnek nem csak a rengeteg szakmai segítségért, hanem motiváló, lelkesítő és odaadó mentorálásáért is. Továbbá köszönöm Dr. Silye Lórándnak az alapos felkészítést és kitartó segítségét a mintafeldolgozásban és határozásban, a távolság ellenére is. Dr. Ozsvárt Péternek köszönöm a sok hasznos megjegyzést, tanácsot és aktív részvételét a munkafolyamatban, ezen felül pedig a minták kiválogatását.

Továbbá köszönöm az ELTE Őslénytani Tanszék munkatársainak, nevezetesen Magyar Jánosnak, Dr. Ősi Attilának és Dr. Tóth Emőkének a technikai megvalósításban nyújtott segítségükért. Nem utolsó sorban szeretném megköszönni Bíró Máténak az ELTE Közöttani Tanszékéről a pásztázó elektronmikroszóp felvételek (SEM) elkészítésében nyújtott szakértelmét és segítségét.

Köszönöm a családom és a barátaim kitartó támogatását a hosszú munkafolyamatban.

10. ABSTRACT

The Eocene- Oligocene transition is one of the most significant climate changes of the Cenozoic and a long-known event of global scale that impacted the global ocean and marine biota. Although it has been intensively studied worldwide, regional aspects of this important transition, coincident with the first permanent ice sheet in Antarctica, remain poorly understood, as in the case also for the Transylvanian Basin. In order to reconstruct the palaeoenvironment at the Eocene-Oligocene transition, quantitative and statistical analyses were carried out on the benthic foraminiferal communities of the Transylvanian Basin. A 35-meter-thick section of the Brebi Marls was investigated (Brebi section); 60 samples were collected and hand-picked for benthic foraminifera, containing a total of 21,163 benthic foraminifera tests of 99 species (7 of them unidentified) and 53 genera, the most abundant being *Heterolepa eoacena*. Palaeoecological indices (relative abundance and diversity indices), cluster and principal component analysis, NMDS (Non-metric multidimensional scaling), DCA (Detrended Correspondence Analysis), and morphogroup analysis were performed on the data set. Successive stages based on diversity indices, associations, and morphogroups that are clearly distinguishable and consistent with lithology allow us to infer ecological and biotic changes. The benthic foraminifera community is characterised by epifaunal taxa that mostly prefer oxygen-rich environments and are cold-tolerant. From a palaeoecological perspective, the studied section reflects a relatively stable, oxygen-rich, cold-water environment with slight variations in salinity from the outer shelf to bathyal depth. Several analytical methods indicate that the two uppermost stages of the stratigraphic sequence are separated from the lower stages of the sequence and, based on the previous description of the section including nannoplankton biostratigraphic results, are probably already Oligocene age. These two stages are characterised by less fluctuating oxygen levels and decreasing diversity. The lower (presumably late Eocene) and upper (earliest Oligocene) stages are separated by the level of samples B39-B40, where several methods reveal significant excursions and changes (including a decrease in oxygen content) compared to the rest of the section. In addition, a slight cyclicity is observed in the sequence on the basis of time series analysis of foraminiferal data. This cyclostratigraphic analysis (by Zs. Vallner) shows that the sequence studied was deposited within ~1.46 Myr at a sedimentation rate of 2.2 - 2.3 cm/kyr.

11. IRODALOMJEGYZÉK

- Báldi, T. (1984). The terminal Eocene and Early Oligocene events in Hungary and the separation of anoxic, cold Paratethys. *Eclogae Geologicae Helvetiae*. <https://doi.org/10.5169/seals-165496>
- Barbin, V., & Keller-Grünig, A. (1991). Benthic foraminiferal assemblages from the Brendola section (Priabonian stage stratotype area, northern Italy): Distribution, palaeoenvironment and palaeoecology. *Marine Micropaleontology*, 17(3), 237–254. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8398\(91\)90015-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8398(91)90015-X)
- Barker, P. F., & Thomas, E. (2004). *Origin , signature and palaeoclimatic influence of the Antarctic Circumpolar Current*. 66, 143–162. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2003.10.003>
- Berger, A. L. (1978). Long-Term Variations of Daily Insolation and Quaternary Climatic Changes. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 35(12), 2362–2367. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1978\)035<2362:LTVODI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1978)035<2362:LTVODI>2.0.CO;2)
- Berggren, W. A., V, K. D., & J, F. J. (1985). Jurassic to Paleogene: Part 2 Paleogene geochronology and chronostratigraphy. *Geological Society, London, Memoirs*, 10(1), 141–195. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.1985.010.01.15>
- Berggren, W., Wade, B., & Pearson, P. (2018). Oligocene chronostratigraphy and planktonic foraminiferal biostratigraphy: Historical review and current state-of-the-art. In *Atlas of Oligocene Planktonic Foraminifera* (pp. 29–54).
- Bice, D. M., & Montanari, A. (1988). Magnetic stratigraphy of the Massignano section across the Eocene-Oligocene boundary. *International Subcommission on Paleogene Stratigraphy*, 111–118.
- Bindiu-Haitonic, R., Bălc, R., Kövecsi, S. A., Pleş, G., & Silye, L. (2021). In the shadow of giants: Calcareous nannoplankton and smaller benthic foraminifera from an Eocene nummulitic accumulation (Transylvanian Basin, Romania). *Marine Micropaleontology*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2021.101988>
- Bindiu-Haitonic, R., Filipescu, S., Aroldi, C., Oltean, G., & Chira, C. M. (2019). Eocene Deep-Water Agglutinated Foraminifera from the Eastern Carpathians (Romania): Palaeoenvironments and Biostratigraphical Remarks. *Micropaleontology*, 65(1), 47–61. <https://doi.org/10.2307/26645568>

- Boersma, A., Silva, I. P., & Shackleton, N. J. (1987). Atlantic Eocene planktonic foraminiferal paleohydrographic indicators and stable isotope paleoceanography. *Paleoceanography*, 2(3), 287–331. <https://doi.org/10.00>
- Bombiță, G., & Rusu, A. (1981). New data on the Eocene/Oligocene boundary in the Romanian Carpathians. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 36(3–4), 213–222. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(81\)90107-3](https://doi.org/10.1016/0031-0182(81)90107-3)
- Bozóki, T., Czelnai, L., Horicsányi, A., Nyerges, A., Pál, A., Pálffy, J., & Vincze, M. (2019). Large-scale ocean circulation in the Southern Hemisphere with closed and open Drake Passage – A laboratory minimal model approach. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 160, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.01.005>
- Bradley, R. S. (2014). Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary: Third Edition. In *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary: Third Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-18310-1>
- Braga, G., & Crihan, I. M. (2006). Up-dating of the taxonomy, stratigraphy and palaeoecology of Bryozoa rich sediments from Mera (N.W. Transylvania-Romania). *CFS Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 257, 21–33.
- Bralower, T. J., Zachos, J. C., Thomas, E., Parrow, M., Paull, C. K., Kelly, D. C., Silva, I. P., Sliter, W. V., & Lohmann, K. C. (1995). Late Paleocene to Eocene paleoceanography of the equatorial Pacific Ocean: Stable isotopes recorded at Ocean Drilling Program Site 865, Allison Guyot. *Paleoceanography*, 10(4), 841–865. <https://doi.org/10.1029/95PA01143>
- Cavelier, C., Chateauneuf, J. J., Pomerol, C., Rabussier, D., Renard, M., & Vergnaud-Grazzini, C. (1981). The geological events at the Eocene/Oligocene boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 36(3–4), 223–248. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(81\)90108-5](https://doi.org/10.1016/0031-0182(81)90108-5)
- Cetean, C. G., Bălc, R., Kaminski, M. A., & Filipescu, S. (2011). Integrated biostratigraphy and palaeoenvironments of an upper Santonian – upper Campanian succession from the southern part of the Eastern Carpathians, Romania. *Cretaceous Research*, 32(5), 575–590. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cretres.2010.11.001>

- Cicha, I., Rögl, F., Rupp, C., & Ctyroka, J. (1998). Oligocene - Miocene foraminifera of the Central Paratethys. In *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* (Vol. 549, pp. 1–325). Verlag Waldemar Kramer.
- Clapham, M. E. (2011). Ordination methods and the evaluation of Ediacaran communities. *Quantifying the Evolution of Early Life: Numerical Approaches to the Evaluation of Fossils and Ancient Ecosystems*, 3–21.
- Coccioni, R., & Galeotti, S. (2003). The mid-Cenomanian Event: prelude to OAE 2. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, 427–440.
- Coccioni, R., Monaco, P., Monechi, S., Nocchi, M., & Parisi, G. (1988). Biostratigraphy of the Eocene/Oligocene boundary at Massignano (Ancona, Italy). In I., Premoli Silva, R. Coccioni, & A. Montanari (Eds.), *The Eocene/Oligocene Boundary in the Marche-Umbria Basin (Italy): International Subcommission on Paleogene Stratigraphy Special Publication: Ancona* (pp. 59–80). Industrie Grafiche Fratelli Aniballi.
- Corliss, B. H. (1991). Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 17(3), 195–236. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8398\(91\)90014-W](https://doi.org/10.1016/0377-8398(91)90014-W)
- Coxall, H. K., Huck, C. E., Huber, M., Lear, C. H., Legarda-Lisarri, A., O'Regan, M., Sliwinska, K. K., van de Flierdt, T., de Boer, A. M., Zachos, J. C., & Backman, J. (2018). Export of nutrient rich Northern Component Water preceded early Oligocene Antarctic glaciation. *Nature Geoscience*, 11(3), 190–196. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0069-9>
- Coxall, H. K., & Pearson, P. N. (2007). The Eocene-Oligocene transition. *Deep Time Perspectives on Climate Change: Marrying the Signal from Computer Models and Biological Proxies*, 351–387.
- Coxall, H. K., Wilson, P. A., Pälike, H., Lear, C. H., & Backman, J. (2005). Rapid stepwise onset of Antarctic glaciation and deeper calcite compensation in the Pacific Ocean. *Nature*, 433(7021), 53–57. <https://doi.org/10.1038/nature03135>
- Csontos, L., & Vörös, A. (2004). Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 210(1), 1–56. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.02.033>

- DeConto, R. M., & Pollard, D. (2003a). A coupled climate–ice sheet modeling approach to the Early Cenozoic history of the Antarctic ice sheet. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 198(1), 39–52. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(03\)00393-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-0182(03)00393-6)
- DeConto, R. M., & Pollard, D. (2003b). Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO₂. *Nature*, 421(6920), 245–249. <https://doi.org/10.1038/nature01290>
- DeConto, R. M., Pollard, D., Wilson, P. A., Pälike, H., Lear, C. H., & Pagani, M. (2008). Thresholds for Cenozoic bipolar glaciation. *Nature*, 455(7213), 652–656. <https://doi.org/10.1038/nature07337>
- Ellwood, B. B., Febo, L., Anderson, L., Hackworth, R. T., Means, G. H., Bryan, J. A., Tomkin, J., Rowe, H., & Jovane, L. (2020). Regional to global correlation of Eocene–Oligocene boundary transition successions using biostratigraphic, geophysical and geochemical methods. *Geological Magazine*, 157(1), 80–100. <https://doi.org/10.1017/S0016756819000578>
- Filipescu, S. (2011). Cenozoic lithostratigraphic units in Transylvania. *Calcareous Algae from Romanian Carpathians. Field Trip Guidebook. Presa Universitară Clujeană*, 37–48.
- Gebhardt, H., Ćorić, S., Darga, R., Briguglio, A., Schenk, B., Werner, W., Andersen, N., & Sames, B. (2013). Middle to Late Eocene paleoenvironmental changes in a marine transgressive sequence from the northern Tethyan margin (Adelholzen, Germany). *Austrian Journal of Earth Sciences: An International Journal of the Austrian Geological Society*, 106 2, 45–72.
- Gebhardt, H., Friedrich, O., Schenk, B., Fox, L., Hart, M., & Wagreich, M. (2010). Paleooceanographic changes at the northern Tethyan margin during the Cenomanian–Turonian Oceanic Anoxic Event (OAE-2). *Marine Micropaleontology*, 77(1), 25–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2010.07.002>
- Gooday, A. J. (1994). The Biology of Deep-Sea Foraminifera: A Review of Some Advances and Their Applications in Paleoceanography. *PALAIOS*, 9(1), 14–31. <https://doi.org/10.2307/3515075>

- Goubert, E., Néraudeau, D., Rouchy, J. M., & Lacour, D. (2001). Foraminiferal record of environmental changes: Messinian of the Los Yesos area (Sorbas Basin, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175(1), 61–78. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00386-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00386-8)
- Hallam, A., & Wignall, P. B. (1997). *Mass extinctions and their aftermath*. Oxford University Press, UK.
- Hallock, P., Silva, I. P., & Boersma, A. (1991). Similarities between planktonic and larger foraminiferal evolutionary trends through Paleogene paleoceanographic changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83(1–3), 49–64.
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. T. (2006). *Paleontological Data Analysis*. Blackwell.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1–9.
- Hantken, M. (1875). *A Clavulina Szabói rétegek faunája. I. rész. Foraminiferák* (Vol. 1). Légrády testvérek.
- Hillaire-Marcel, C., & De Vernal, A. (2007). *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography*. Elsevier.
- Horvath, F., Bada, G., Windhoffer, G., Csontos, L., Dombrádi, E., Dövényi, P., Fodor, L., Grenczy, G., Síkhegyi, F., Szafián, P., Székely, B., Timár, G., Toth, L., & Toth, T. (2006). A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza: Euro-konform térképsorozat és magyarázó [Atlas of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: Euroconform maps with explanatory text]. *Magyar Geofizika*, 47, 133–137.
- Houben, A. J. P., van Mourik, C., Montanari, A., Coccioni, R., & Brinkhuis, H. (2012). The Eocene–Oligocene transition: Changes in sea level, temperature or both? *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology - PALAEOGEOGR PALAEOCLIMATOL*, 335, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.04.008>
- Hutchinson, D. K., Coxall, H. K., Lunt, D. J., Steinthorsdottir, M., De Boer, A. M., Baatsen, M., von der Heydt, A., Huber, M., Kennedy-Asser, A. T., & Kunzmann, L. (2021). The Eocene–Oligocene transition: a review of marine and terrestrial proxy data, models and model–data comparisons. *Climate of the Past*, 17(1), 269–315.

- Ivany, L. C., Patterson, W. P., & Lohmann, K. C. (2000). *Cooler winters as a possible cause of mass extinctions at the Eocene / Oligocene boundary*. 887–890.
- Jain, S., & Collins, L. S. (2007). Trends in Caribbean Paleoproductivity related to the Neogene closure of the Central American Seaway. *Marine Micropaleontology*, 63(1–2), 57–74. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2006.11.003>
- Jovane, L., Coccioni, R., Marsili, A., & Acton, G. (2009). The late Eocene greenhouse-icehouse transition: Observations from the Massignano global stratotype section and point (GSSP). *Special Paper of the Geological Society of America*, 452(303), 149–168. [https://doi.org/10.1130/2009.2452\(10\)](https://doi.org/10.1130/2009.2452(10))
- Jovane, L., Florindo, F., Sprovieri, M., & Pälike, H. (2006). Astronomic calibration of the late Eocene/early Oligocene Massignano section (central Italy). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 7(7). <https://doi.org/10.1029/2005GC001195>
- Kaiho, K. (1989). Morphotype changes of deep sea benthic foraminifera during the cenozoic era and their paleoenvironmental implications. *Fossils (Tokyo)*, Tokyo, 1–23. <https://eurekamag.com/research/007/571/007571536.php>
- Kaiho, K. (1991). Global changes of Paleogene aerobic/anaerobic benthic foraminifera and deep-sea circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83(1), 65–85. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90076-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90076-4)
- Kaiho, K. (1994). Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22(8), 719–722. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1994\)022<0719:BFDOIA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1994)022<0719:BFDOIA>2.3.CO;2)
- Kaiho, K. (1999). Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Marine Micropaleontology*, 37(1), 67–76. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(99\)00008-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-8398(99)00008-0)
- Kaminski, M. A. (2012). Calibration of the benthic foraminiferal oxygen index in the Marmara Sea. *Geological Quarterly*, 56(4), 73–80. <https://doi.org/10.7306/gq.1061>
- Kaminski, M. A., Silye, L., & Kender, S. (2005). Miocene deep-water agglutinated foraminifera from ODP Hole 909c: Implications for the paleoceanography of the Fram Strait Area, Greenland Sea. *Micropaleontology*, 51(5), 373–403. <https://doi.org/10.2113/gsmicropal.51.5.373>

- Keller, G., Macleod, N., & Barrera, E. (1992). Eocene-Oligocene faunal turnover in planktic foraminifera, and Antarctic glaciation. *Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution*, 218–246.
- Kennett, J. P. (1977). Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean, and their impact on global paleoceanography. *Journal of Geophysical Research* (1896-1977), 82(27), 3843–3860. <https://doi.org/10.1029/JC082i027p03843>
- Kennett, J. P., & Shackleton, N. J. (1976). Oxygen isotopic evidence for the development of the psychrosphere 38 Myr ago. *Nature*, 260(5551), 513–515. <https://doi.org/10.1038/260513a0>
- Kerkhoff, M., Holcová, K., Báldi, K., Hudáčková, N., Racek, M., Trubač, J., & Culka, A. (2023). Threads of microbial activity on quasi-anoxic environments: Case studies from Oligocene to Miocene of the Central Paratethys. *Marine Micropaleontology*, 181, 102246. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2023.102246>
- Kranner, M., Harzhauser, M., Beer, C., Auer, G., & Piller, W. E. (2022). Calculating dissolved marine oxygen values based on an enhanced Benthic Foraminifera Oxygen Index. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05295-8>
- Krészek, C., & Bally, A. W. (2006). The Transylvanian Basin (Romania) and its relation to the Carpathian fold and thrust belt: Insights in gravitational salt tectonics. *Marine and Petroleum Geology*, 23(4), 405–442. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2006.03.003>
- Krészek, C., & Filipescu, S. (2005). Middle to late Miocene sequence stratigraphy of the Transylvanian Basin (Romania). *Tectonophysics*, 410(1–4), 437–463. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2005.02.018>
- Laepple, T., & Lohmann, G. (2009). Seasonal cycle as template for climate variability on astronomical timescales. *Paleoceanography*, 24(4), 1–15. <https://doi.org/10.1029/2008PA001674>
- Lyle, M., Barron, J., Bralower, T. J., Huber, M., Lyle, A. O., Ravelo, A. C., Rea, D. K., & Wilson, P. A. (2008). Pacific ocean and cenozoic evolution of climate. *Reviews of Geophysics*, 46(2), 61 S. <https://doi.org/10.1029/2005RG000190>

- Majzon, V. D. L. (1950). Stratigraphie der Schichten ostlich von Szamosújvár und Dés. *Magyar All. Földt. Intéz. (1941-1942), II.*, 65–98.
- Marchegiani, L., Bertotti, G., Cello, G., Deiana, G., Mazzoli, S., & Tondi, E. (1999). Pre-orogenic tectonics in the Umbria–Marche sector of the Afro-Adriatic continental margin. *Tectonophysics*, 315(1–4), 123–143.
- Márton, E., & Fodor, L. (2003). Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the Alcapa unit. *Tectonophysics*, 363(3), 201–224.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(02\)00672-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0040-1951(02)00672-8)
- Miller, K. G., Browning, J. V., Schmelz, W. J., Kopp, R. E., Mountain, G. S., & Wright, J. D. (2020). Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records. *Science Advances*, 6(20).
- Miller, K. G., & Katz, M. E. (1987). Oligocene to Miocene benthic foraminiferal and abyssal circulation changes in the North Atlantic. *Micropaleontology*, 33(2), 97–149.
<https://doi.org/10.2307/1485489>
- Murray, J. W. (1991). *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*.
- Murray, J. W. (1994). Larger foraminifera from the Chagos Archipelago: their significance for Indian Ocean biogeography. *Marine Micropaleontology*, 24(1), 43–55. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8398\(94\)90010-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8398(94)90010-8)
- Murray, J. W. (2006). *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press.
- Murray, J. W., Alve, E., & Jones, B. W. (2011). A new look at modern agglutinated benthic foraminiferal morphogroups: their value in palaeoecological interpretation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 309(3), 229–241.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.06.006>
- Nouradini, M., Azami, H., Hamad, M., Yazdi, M., & Ashouri, A. R. (2015). Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *La Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 59–73. <https://doi.org/10.2307/24905457>

- Nyerges, A., Kocsis, Á. T., & Pálffy, J. (2021). Changes in calcareous nannoplankton assemblages around the Eocene-Oligocene climate transition in the Hungarian Palaeogene Basin (Central Paratethys). *Historical Biology*, 33(9), 1443–1456. <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1705295>
- Obbágy, G., Dunkl, I., Józsa, S., Silye, L., Arato, R., Lünsdorf, N., & Eynatten, H. (2021). Paleogeographic implications of a multi-parameter Paleogene provenance dataset (Transylvanian Basin, Romania). *Journal of Sedimentary Research*, 91, 551–570. <https://doi.org/10.2110/jsr.2020.080>
- Ozsvárt, P. (2007). Middle and Late Eocene benthic foraminiferal fauna from the Hungarian Paleogene Basin: systematics and paleoecology. *Geologica Pannonica, Special Pa*, 1–129.
- Ozsvárt, P. (2018). Palaeocanographic history of the Hungarian palaeogene basin using a palaeoecological analysis of benthic foraminifera. *Foldtani Kozlony*, 148(3), 235–254. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2018.148.3.235>
- Ozsvárt, P., Kocsis, L., Nyerges, A., Győri, O., & Pálffy, J. (2016). The Eocene-Oligocene climate transition in the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 459, 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.07.034>
- Parisi, G., & Coccioni, R. (1988). Deep-water benthic Foraminifera at the Eocene-Oligocene boundary in the Massignano section (Ancona, Italy). In I. Premoli Silva, R. Coccioni, & A. Montanari (Eds.), *The Eocene/ Oligocene Boundary in the Marche-Umbria Basin (Italy): International Subcommission on Paleogene Stratigraphy Special Publication: Ancona* (pp. 97–109). Industrie Grafi che Fratelli Aniballi.
- Piller, W. E., Harzhauser, M., & Mandic, O. (2007). Miocene Central Paratethys stratigraphy—current status and future directions. *Stratigraphy*, 4.
- Popescu, B. (1984). Lithostratigraphy of cyclic continental to marine Eocene deposits in NW Transylvania, Romania. *Archives Des Sciences*, 37(1), 37–73.
- Popescu, B., Bombiță, G., Rusu, A., Iva, M., Gheța, N., Olteanu, R., Popescu, D., & Tăutu, E. (1978). The Eocene of the Cluj–Huedin area. *DS Inst. Geol. Geofiz*, 1976–1977.

- Popescu, G., & Iva, M. (1971). Contribution à la connaissance de la microfaune oligocène des Couches de Valea Lăpuşului. *Institut de Géologie et de Géophysique, Mémoires*, 35–52.
- Popov, S. V., Shcherba, I. G., Ilyina, L. B., Nevesskaya, L. A., Paramonova, N. P., Khondkarian, S. O., & Magyar, I. (2006). Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238(1–4), 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.020>
- Premoli Silva I, & Jenkins, D. G. (1993). Decision on the Eocene-Oligocene boundary stratotype. *Episodes*, 16(3), 379–382.
- Rusu, A. (1987). Ostreina biohorizons in the Eocene of the NW Transylvania (Romania). In: I. PETRESCU (Editor-in-chief): The Eocene from the Transylvania Basin. *University of Cluj-Napoca, 1*, 175–182.
- Rusu, A. (1988). Oligocene events in Transylvania (Romania) and the first separation of Paratethys. *Dări de Seamă Ale Sedintelor. Institutul de Geologie Si Geofizică. 5. Tectonică Si Geologie Regională*, 72-73/5, 207–223.
- Rusu, A., Brotea, D., Ionescu, A., Nagymarosy, A., & Wanek, F. (1993). Biostratigraphic study of the Eocene-Oligocene boundary in the type section of the Brebi Marls (Transylvania, Romania). *Romanian Journal of Stratigraphy*, 75, 71–82.
- Sachsenhofer, R. F., Popov, S. V, Coric, S., Mayer, J., Misch, D., Morton, M. T., Pupp, M., Rauball, J., & Tari, G. (2018). Paratethyan petroleum source rocks: an overview. *Journal of Petroleum Geology*, 41(3), 219–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jpg.12702>
- Salamy, K. A., & Zachos, J. C. (1999). Latest Eocene–Early Oligocene climate change and Southern Ocean fertility: inferences from sediment accumulation and stable isotope data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 145(1–3), 61–77.
- Shackleton, N. J. (1987). The carbon isotope record of the Cenozoic: History of organic carbon burial and of oxygen in the ocean and atmosphere. *Geological Society Special Publication*, 26, 423–434. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1987.026.01.27>

- Shackleton, N. J., Imbrie, J., Pisias, N. G., & Rose, J. (1988). The evolution of oceanic oxygen-isotope variability in the North Atlantic over the past three million years. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 318(1191), 679–688. <https://doi.org/10.1098/rstb.1988.0030>
- Silye, L. (2015). *Sarmatian foraminiferal assemblages from southern Transylvanian Basin and their significance for the reconstruction of depositional environments*.
- Sloan, C., & Barron, E. J. (1992). *Paleogene Climatic Evolution: A Climate Model Investigation of the Influence of Continental Elevation and Sea-Surface Temperature upon Continental Climate* (D. R. Prothero & W. A. Berggren, Eds.; pp. 202–217). Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400862924.202>
- Speijer, R. P., Pálike, H., Hollis, C. J., Hooker, J. J., & Ogg, J. G. (2020). Geologic Time Scale 2020 - The Paleogene Period. In F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz, & G. M. Ogg (Eds.), *Geologic Time Scale 2020* (pp. 1087–1140). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00028-0>
- Stehlin, H. G. (1909). Remarques sur les faunules de mammifères des couches éocènes et oligocènes du Bassin de Paris. *Bull Soc Géol France*, 19, 488–520.
- Thomas, E. (1992). *Middle Eocene - Late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddel Sea): Faunal changes and implications for ocean circulation*.
- Tóth, E., & Görög, Á. (2008). Sarmatian foraminifera fauna from Budapest (Hungary). *Hantkeniana*, 6, 187–217.
- Vakarcs, G., Vail, P. R., Tari, G., Pogácsás, Gy., Mattick, R. E., & Szabó, A. (1994). Third-order Middle Miocene-Early Pliocene depositional sequences in the prograding delta complex of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 240(1), 81–106. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(94\)90265-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(94)90265-8)
- Vallner, Z., Bajnai, D., & Pálffy, J. (2020). Modern methods of cyclostratigraphy and astrochronology and their applications. *Foldtani Kozlony*, 150(4), 489–510. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2020.150.4.489>
- Van Mourik, C. A., & Brinkhuis, H. (2005). The Massignano Eocene–Oligocene golden spike section revisited. *Stratigraphy*, 2(1), 13–30.

- Vető, I., Ozsvárt, P., Futó, I., & Hetényi, M. (2007). Extension of carbon flux estimation to oxic sediments based on sulphur geochemistry and analysis of benthic foraminiferal assemblages: A case history from the Eocene of Hungary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 248(1), 119–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.12.001>
- Via, R. K., & Thomas, D. J. (2006). Evolution of Atlantic thermohaline circulation: Early Oligocene onset of deep-water production in the North Atlantic. *Geology*, 34(6), 441–444. <https://doi.org/10.1130/G22545.1>
- Vincze, M., Bozóki, T., Herein, M., Borcia, I. D., Harlander, U., Horicsányi, A., Nyerges, A., Rodda, C., Pál, A., & Pálffy, J. (2021). The Drake Passage opening from an experimental fluid dynamics point of view. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99123-0>
- Visarion, M., & Veliciu, S. (1981). Some geological and geophysical characteristics of the Transylvanian Basin. *Earth Evolution Sciences*, 3–4, 212–217.
- Wellner, J. S., & Anderson, J. B. (2013). *Tectonic, climatic, and cryospheric evolution of the Antarctic Peninsula*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1029/SP063>
- Wolfgring, E., Amaglio, G., & Petrizzo, M. R. (2023). Cretaceous southern high latitude benthic foraminiferal assemblages during OAE 2 at IODP Site U1516, Mentelle Basin, Indian Ocean. *Cretaceous Research*, 148, 105555. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cretres.2023.105555>
- Zachos, J. C., Shackleton, N. J., Revenaugh, J. S., Pälike, H., & Flower, B. P. (2001). Climate response to orbital forcing across the oligocene-miocene boundary. *Science*, 292(5515), 274–278. <https://doi.org/10.1126/science.1058288>
- Zachos, J., Pagani, H., Sloan, L., Thomas, E., & Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292(5517), 686–693. <https://doi.org/10.1126/science.1059412>
- Zachos, Quinn, T. M., & Salamy, K. A. (1996). stable isotope records of the Eocene-Oligocene transition. *Paleoceanography*, 11(3), 251–266.
- Zanazzi, A., Kohn, M. J., MacFadden, B. J., & Terry, D. O. (2007). Large temperature drop across the Eocene-Oligocene transition in central North America. *Nature*, 445(7128), 639–642. <https://doi.org/10.1038/nature05551>

12. MELLÉKLETEK

12.1. Foraminifera táblák

1. TÁBLA

1-3. *Eponides repandus* (FICHTEL & MOLL)

4-6. *Melonis pompilioides* (FICHTEL & MOLL)

7-10. *Gyroidinoides soldanii* (D'ORBIGNY)

11-14. *Lenticulina inornata* (D'ORBIGNY)

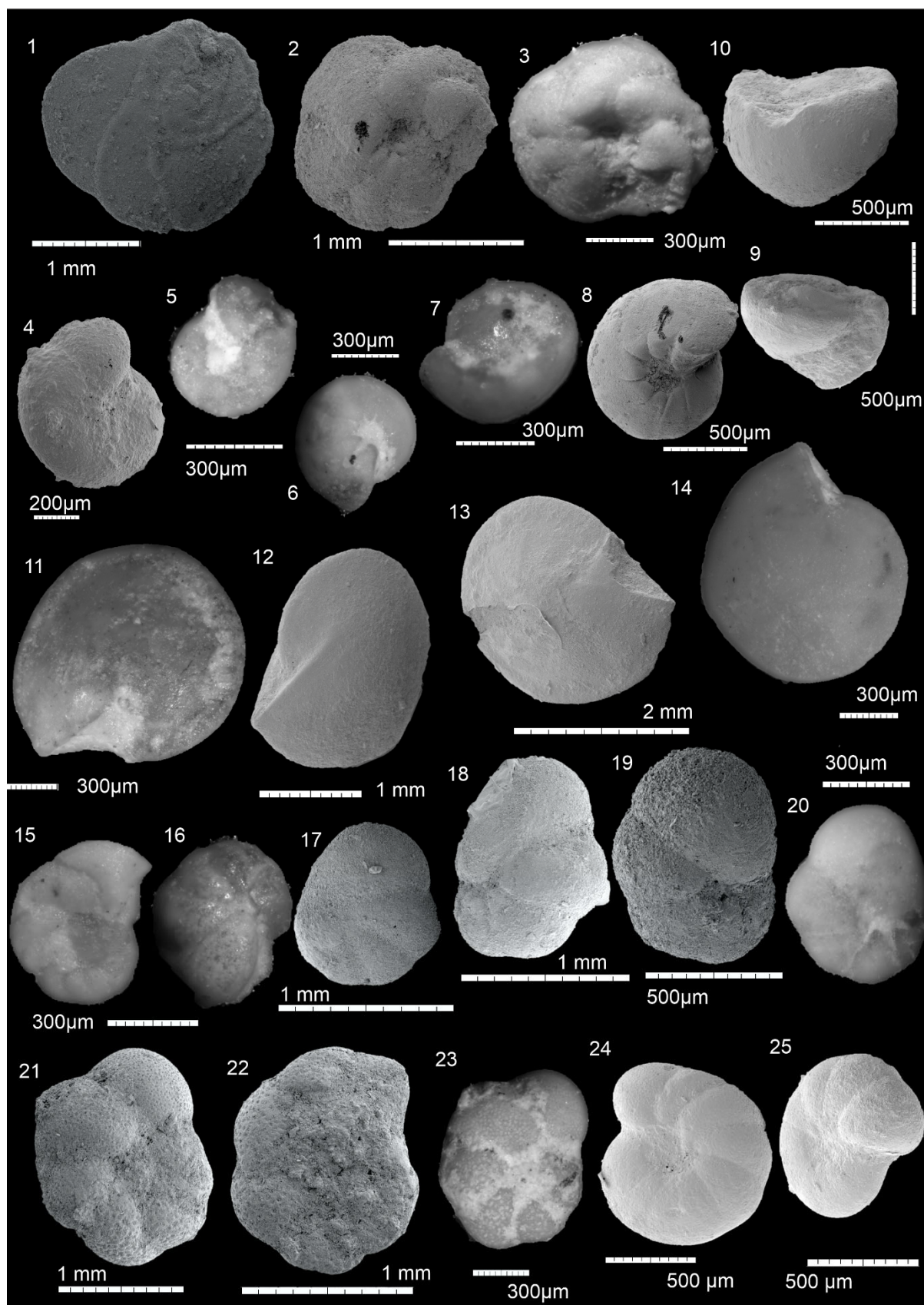
15-16. *Lobatula cf. lobatula* (WALKER & JACOB)

17-20. *Baggina dentata* HAGN

21-23. *Anomalinoides granosus* (HANTKEN)

24-25. *Anomalinoides cf. chileana* TODD AND KNIKER

1. TÁBLA



2. TÁBLA

1-6. Neoeponides schreibersii (D'ORBIGNY)

7-11. Heterolepa eocaena (GUEMBEL)

12-13. Heterolepa sp.

14-16. Melonis cf. affinis (REUSS)

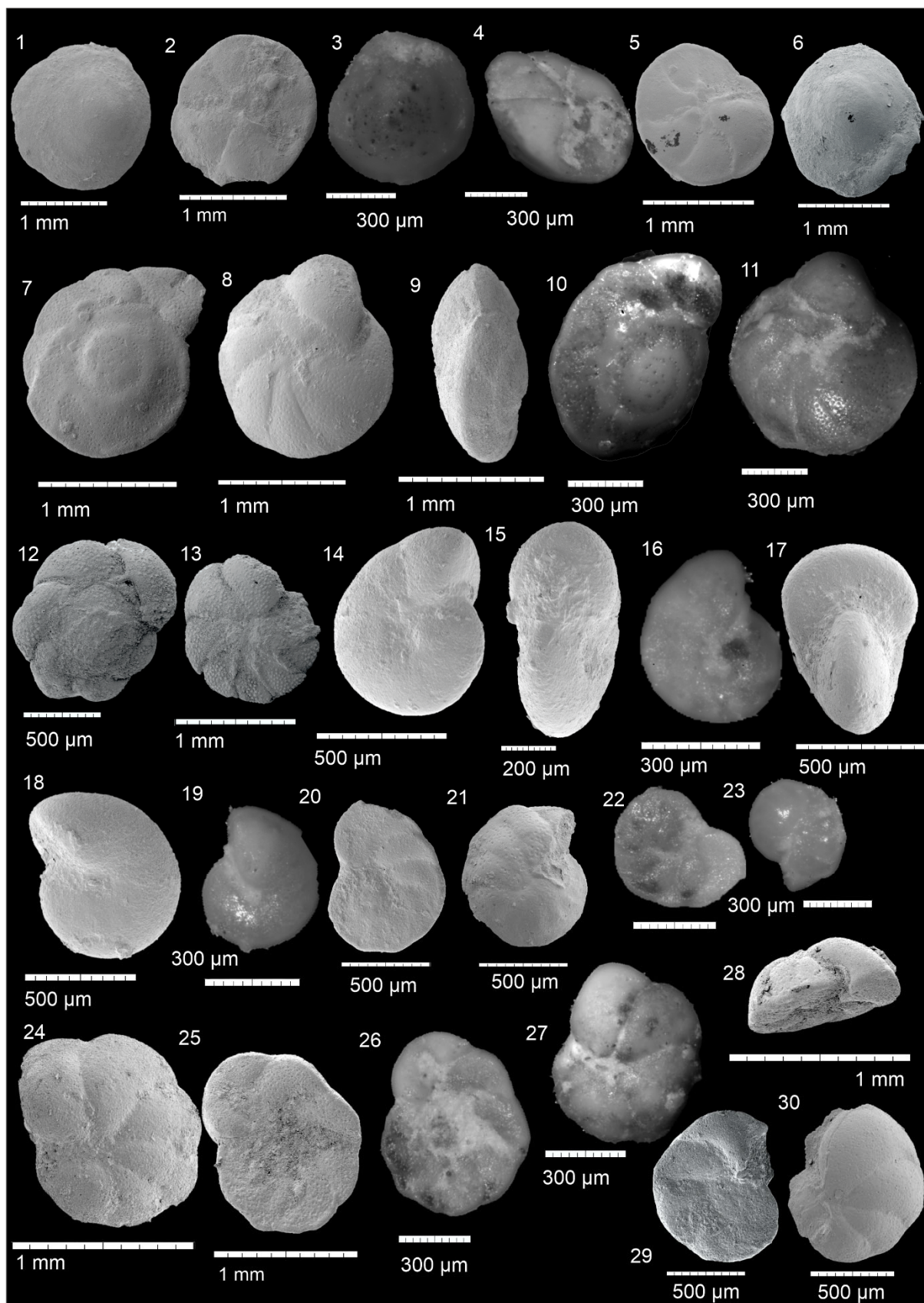
17-19. Melonis pompilioides (FICHTEL & MOLL)

20-23. Cibicides amphysiliensis (ANDREAE)

24-28. Lobatula lobatula (WALKER&JACOB)

29-30. Lobatula cf. lobatula (WALKER&JACOB)

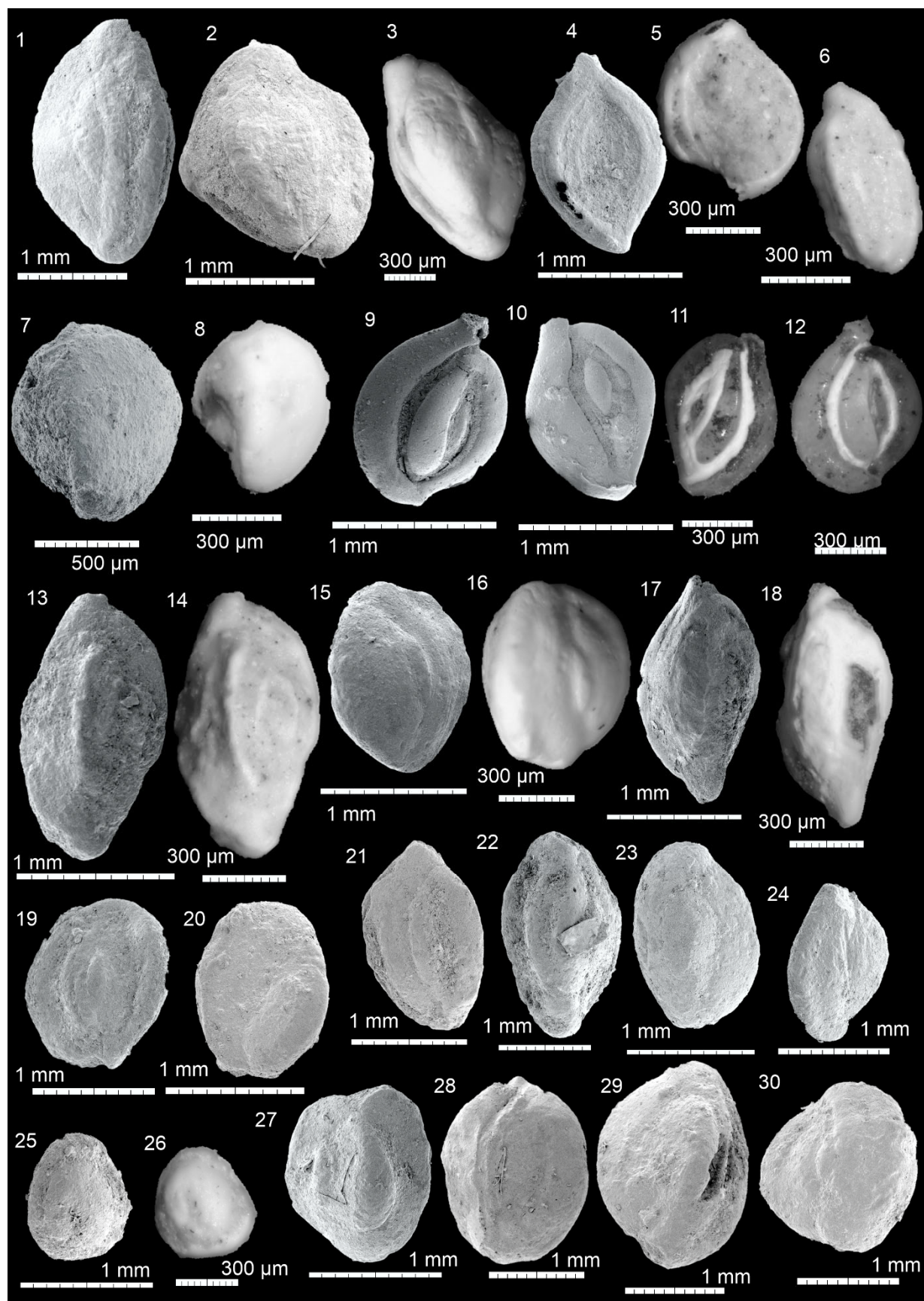
2. TÁBLA



3. TÁBLA

- 1-3. *Quinqueloculina* sp1.
- 4-5. *Spiroloculina jarvisi* (CUSHMAN AND TODD)
6. *Cycloforina* sp1.
- 7-8. *Triloculina* sp1.
- 9-12. *Quinqueloculina* sp2.
- 13-14. *Cycloforina* sp2.
- 15-16. *Quinqueloculina* sp3.
- 17-18. *Quinqueloculina* sp4.
- 19-20. *Quinqueloculina* sp5.
- 21-22. *Quinqueloculina* sp6.
- 23-24. *Triloculina* sp2.
- 25-26. *Pyrgo bulloides* (D'ORBIGNY)
- 27-28. *Miliolinella* sp.
- 29-30. *Miliola prisca* (D'ORBIGNY)

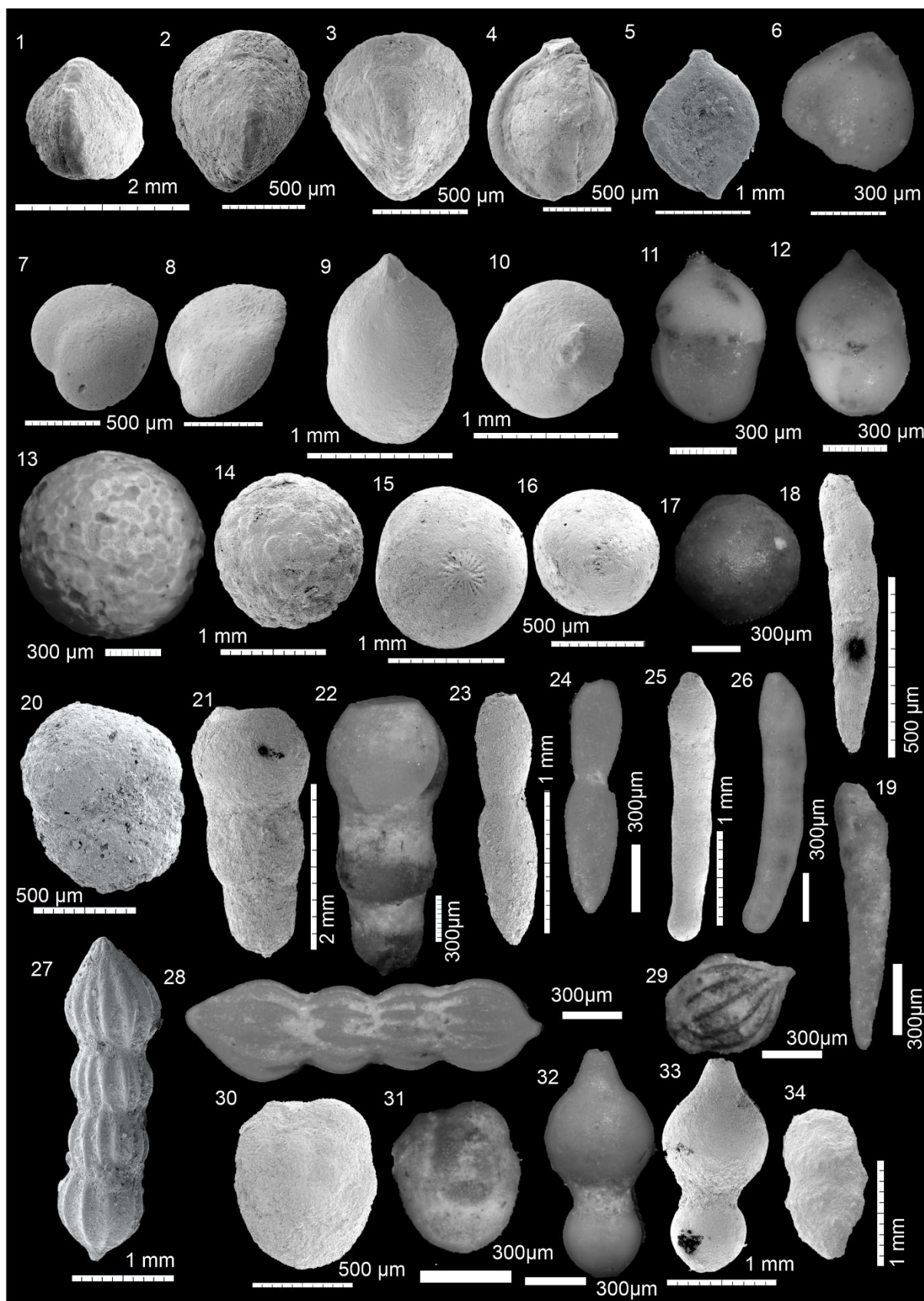
3. TÁBLA



4. TÁBLA

1. *Triloculina carinata* D'ORBIGNY
- 2-4. *Triloculina trigonula* (LAMARCK)
5. *Spiroloculina* sp.
- 6-8. *Guttulina irregularis* (D'ORBIGNY)
- 9-12. *Dimorphina* sp.
- 13-14. *Sphaerogypsina globulus* (REUSS)
- 15-17. *Globulina gibba* (D'ORBIGNY)
- 18-19. *Loxostomina* sp.
20. *Rosalina* sp.
- 21-22. *Stilostomella* sp.
- 23-24. *Nodosaria* sp1.
- 25-26. *Dentalina elegans* D'ORBIGNY
- 27-29. *Nodosaria intermittens* ROEMER
- 30-31. *Quadrिमorphina petrolei* (ANDREAE)
- 32-33. *Nodosaria* sp2.
34. *Gaudryina* sp.

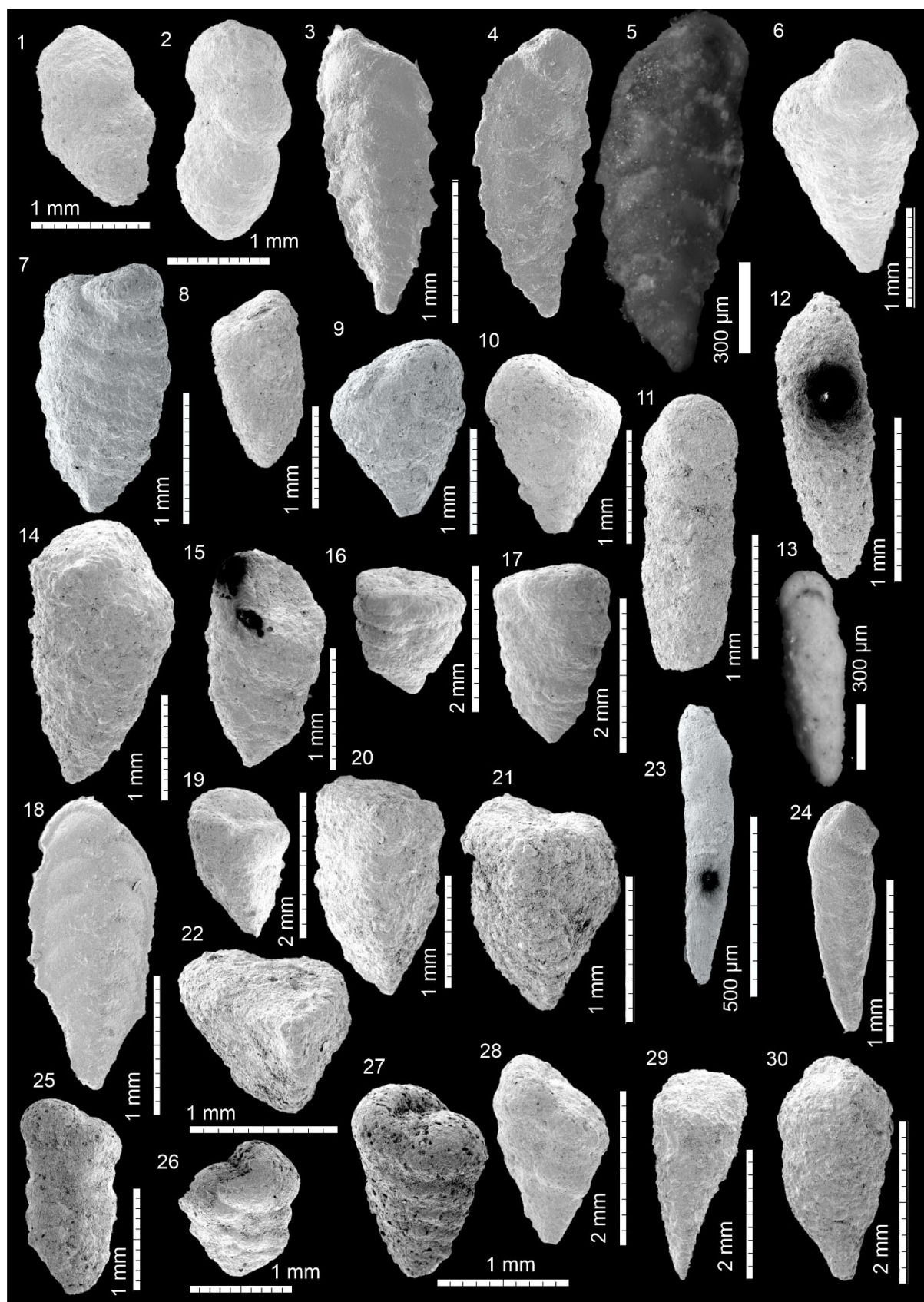
4. TÁBLA



5. TÁBLA

- 1-2. *Plectina* sp.
- 3-5. *Spirorutilus* cf. *carinatus* (D'ORBIGNY)
6. *Textularia* sp1.
7. *Textularia laevigata* D'ORBIGNY
8. *Clavulinoides* sp.
- 9-10. *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY
11. *Karrieriella siphonella* (REUSS)
- 12-13. *Textularia lanceolata* ROEMER
14. *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY
15. *Textularia* sp2.
16. *Textularia* sp3.
17. *Textularia* cf. *partschii* CZJZEK
18. *Spirorutilus* cf. *carinatus* (D'ORBIGNY)
- 19-22. *Pseudogaudryina schmitti* (CUSHMAN)
23. *Loxostomina* sp.
24. *Bolivina semistriata* HANTKEN
25. *Textularia laevigata* D'ORBIGNY
- 26-27. *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY
28. *Eggerella irregularis* (HANTKEN)
- 29-30. *Tritaxilina hantkeni* CUSHMAN

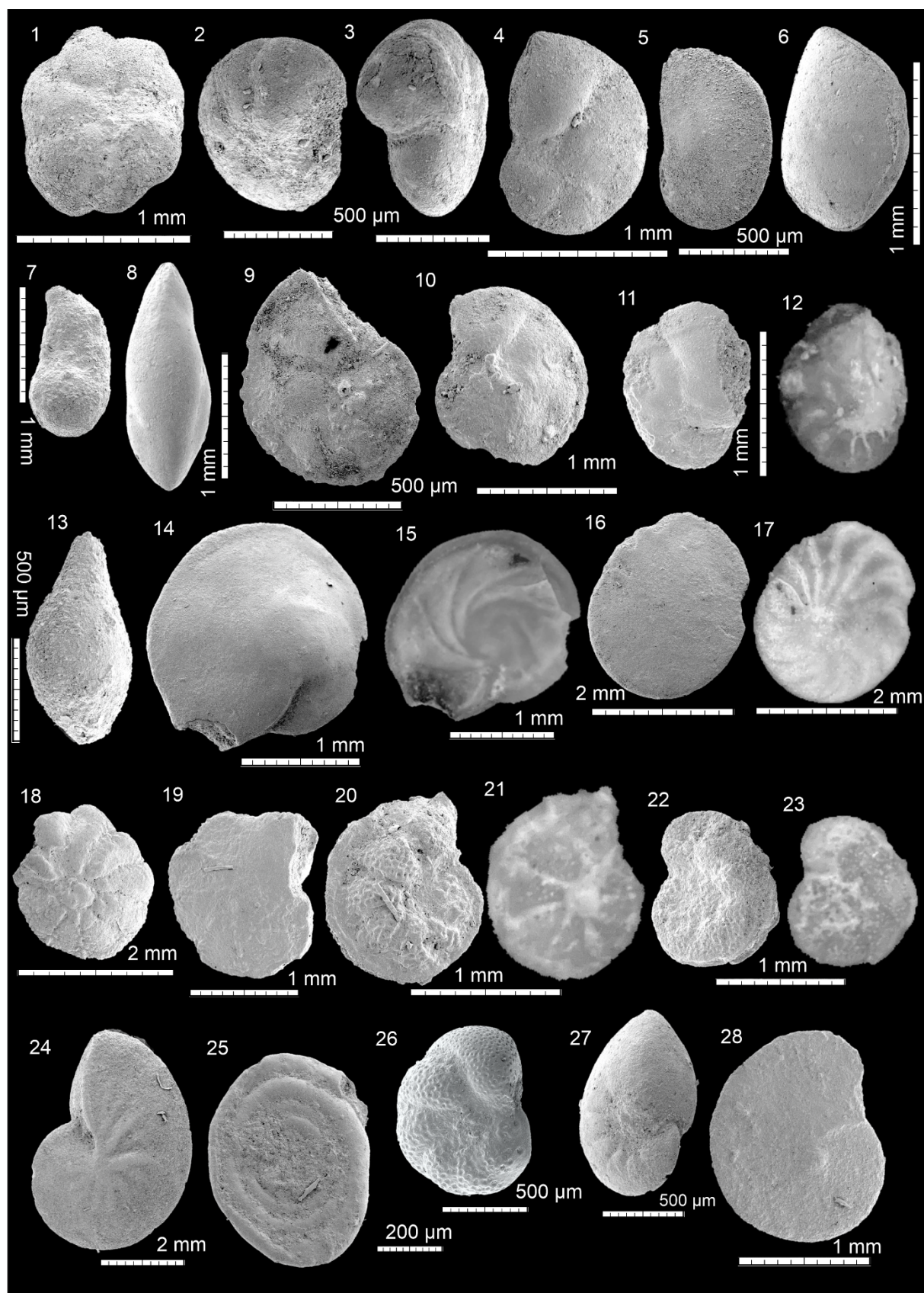
5. TÁBLA



6. TÁBLA

1. *Lobatula carinata* (TERQUEM)
- 2-3. *Cibicides boueanus* (D'ORBIGNY)
- 4-5. *Lenticulina excisa* (BORNEMANN)
6. *Gen.indet.*
7. *Hemirobulina* sp.?
8. *Gen.indet.*
- 9-10. *Lenticulina* sp1.
- 11-12. *Cancris* sp.
13. *Nodosaria indet.*
- 14-15. *Lenticulina cultrata* (DE MONTFORT)
- 16-17. *Textularia* sp3.
17. *Operculina complanata* (DEFRANCE)
- 18-19. *Pararotalia inermis* (TERQUEM)
- 20-23. *Queraltina epistominoides* MARIE
24. *Lenticulina* sp2.
25. *Ammodiscus tenuissimus* GRZYBOWSKI
26. *Anomalinoides cf. pseudogrosserugosus* (COLOM)
27. *Nonion commune* (D'ORBIGNY)
28. *Planostegina* sp.

6. TÁBLA



12.2. Román-magyar névjegyzék

| Magyar név | Román név |
|------------------------------|--------------------------------|
| Kővár-hegység | Preluca |
| Meszes | Meseș |
| Gyalui-havasok | Gilău |
| Zsibói Formáció | Formațiunea de Jibou |
| Rónai Mészkö Formáció | Calcarul Rona |
| Jákótelki Mészkö Formáció | Calcarul Horlacea |
| Egerbegyi Mészkö Formáció | Calcarul Agarbiciu |
| Inaktelki Tagozat | Inucu |
| Magyarvalkói Mészkö Formáció | Calcarul Văleni |
| Incseli Tagozat | Ciuleni |
| Vistai Mészkö | Calcarul Viștea |
| Nádasvölgyi Formáció | Formațiunea de Valea Nadașului |
| Kolozsvári Mészkö Formáció | Calcarul de Cluj |
| Berédi Formáció | Formațiunea de Brebi |
| Hója Mészkö Formáció | Calcarul de Hoia |
| Mérai Formáció | Formațiunea Mera |
| Mojgrádi Formáció | Formațiunea Moigrad |

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| Danki Formáció | Formațiunea Dâncu |
| Grúja Homokkő Formáció | Formațiunea Gruia |
| Váralmási Homokkő Formáció | Formațiunea Var |
| Középlaki Formáció | Formațiunea Cuzăplac |
| Köblösi Formáció | Formațiunea Cubleşu |
| Szentkirályi Formáció | Formațiunea Sancraiu |
| Kalotai csoport | Grupul Călata |
| Türei csoport | Grupul Turea |
| Fajdosi Formáció | Formațiunea Foidaş |
| Magyarkapusi Formáció | Formațiunea Căpuş |
| Martonosi Formáció | Formațiunea Mortanuşa |
| Rakoczy Homokkő Formáció | Formațiunea Rakoczy |
| Turbucai Mészkő Formáció | Formațiunea Turbuţa |
| Zsoboki Formáció | Formațiunea Jebuc |
| Kecskés Mészkő Formáció | Calcarul Cozla |
| Csiglényi Mészkő Formáció | Calcarul Ciglean |
| Csömörlöi Formáció | Formațiunea Ciumarna |
| Körtvélyesi Formáció | Formațiunea Curtuiuş |
| Csokmányi Formáció | Formațiunea Ciocmani |
| Büdöspataki Formáció | Formațiunea Bizuşa |

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| Karikai Formáció | Formațiunea Creaca |
| Nagyilondai Formáció | Formațiunea Ileanda |
| Ilonda pataka Formáció | Formațiunea Dolheni |
| Vima Formáció | Formațiunea Vima |
| Búzamezői Formáció | Formațiunea Buzaș |
| Almásvölgyi Formáció | Formațiunea de Valea Almașului |
| Cuciulat Formáció | Formațiunea Cuciulat |

12.3. Taxon-gyakorisági adatok a vizsgált mintákban

| Fajok rövidített neve | Teljes név |
|-----------------------|--|
| <i>Amm.ten.</i> | <i>Ammodiscus tenuissimus</i> |
| <i>An. chi.</i> | <i>Anomalinoides cf. chileana</i> |
| <i>An. psegro.</i> | <i>Anomalinoides cf. pseudogrosserugosus</i> |
| <i>An. gran.</i> | <i>Anomalinoides granosus</i> |
| <i>Bag. den.</i> | <i>Baggina dentata</i> |
| <i>Bol. sem.</i> | <i>Bolivina semistriata</i> |
| <i>Bol. sp.</i> | <i>Bolivina sp.</i> |
| <i>Can. sp.</i> | <i>Cancris sp.</i> |
| <i>Cib. amp.</i> | <i>Cibicides amphysiliensis</i> |
| <i>Cib. bou.</i> | <i>Cibicides boueanus</i> |
| <i>Cib. sp2.</i> | <i>Cibicides sp2.</i> |
| <i>Cib. sp.?</i> | <i>Cibicidoides sp.?</i> |
| <i>Cla. sp.</i> | <i>Clavulinoides sp.</i> |
| <i>Cyc. sp1.</i> | <i>Cycloforina sp1.</i> |
| <i>Cyc. sp2.</i> | <i>Cycloforina sp2.</i> |
| <i>Dent. ele.</i> | <i>Dentalina elegans</i> |
| <i>Dim. sp.?</i> | <i>Dimorphina sp.?</i> |
| <i>Dis. sp.</i> | <i>Discorbis sp.</i> |
| <i>Dis. sp2.</i> | <i>Discorbis sp2.</i> |
| <i>Egg. irr.</i> | <i>Eggerella irregularis</i> |
| <i>Epo. rep.</i> | <i>Eponides repandus</i> |
| <i>Gen. indet.</i> | <i>Gen. indet</i> |
| <i>Glo. gib.</i> | <i>Globulina gibba</i> |
| <i>Gau. spp.</i> | <i>Gaudryina spp.</i> |

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| <i>Gut. irr.</i> | <i>Guttulina irregularis</i> |
| <i>Gyr. sol.</i> | <i>Gyroidinoides soldanii</i> |
| <i>Hap. sp.?</i> | <i>Haplophragmoides sp.?</i> |
| <i>Hem. sp.?</i> | <i>Hemirobulina sp.?</i> |
| <i>Het. cos.</i> | <i>Heterolepa costata</i> |
| <i>Het. eoc.</i> | <i>Heterolepa eocaena</i> |
| <i>Het. sp.</i> | <i>Heterolepa sp.</i> |
| <i>Kar. sip.</i> | <i>Karreriella siphonella</i> |
| <i>Len. cul.</i> | <i>Lenticulina cultrata</i> |
| <i>Len. exc.</i> | <i>Lenticulina excisa</i> |
| <i>Len. inor.</i> | <i>Lenticulina inornata</i> |
| <i>Len. sp1.</i> | <i>Lenticulina sp1.</i> |
| <i>Len. sp2.</i> | <i>Lenticulina sp2.</i> |
| <i>Len. sp3.</i> | <i>Lenticulina sp3.</i> |
| <i>Len. sp4.</i> | <i>Lenticulina sp4.</i> |
| <i>Lob. car.</i> | <i>Lobatula carinata</i> |
| <i>Lob. cf. lob.</i> | <i>Lobatula cf. lobatula</i> |
| <i>Lob. lob.</i> | <i>Lobatula lobatula</i> |
| <i>Lox. sp.</i> | <i>Loxostomina sp.</i> |
| <i>Mel. cf. aff.</i> | <i>Melonis cf. affinis</i> |
| <i>Mel. pom.</i> | <i>Melonis pompilioides</i> |
| <i>Mil. pri.</i> | <i>Miliola prisca</i> |
| <i>Mil. sp.</i> | <i>Miliolinella sp.</i> |
| <i>Neo. ter.</i> | <i>Neoconorbina terquemi</i> |
| <i>Neo. sch.</i> | <i>Neoeponides schreibersii</i> |
| <i>Nod. indet.</i> | <i>Nodosaria indet.</i> |
| <i>Nod. int.</i> | <i>Nodosaria intermittens</i> |
| <i>Nod. sp1.</i> | <i>Nodosaria sp1.</i> |
| <i>Nod. sp2.</i> | <i>Nodosaria sp2.</i> |
| <i>Nod. sp3.</i> | <i>Nodosaria sp3.</i> |
| <i>Nod. sp4.</i> | <i>Nodosaria sp4.</i> |
| <i>Non. com.</i> | <i>Nonion commune</i> |
| <i>Num. bou.</i> | <i>Nummulites bouillei</i> |
| <i>Ope. comp.</i> | <i>Operculina complanata</i> |
| <i>Par. iner.</i> | <i>Pararotalia inermis</i> |
| <i>Plano. sp.</i> | <i>Planostegina sp.</i> |
| <i>Pla. aus.</i> | <i>Planulina austriaca</i> |
| <i>Ple. sp.</i> | <i>Plectina sp.</i> |
| <i>Pse. sch.</i> | <i>Pseudogaudryina schmitti</i> |
| <i>Pyr. bul.</i> | <i>Pyrgo bulloides</i> |
| <i>Qua. pet.</i> | <i>Quadriformina petrolei</i> |
| <i>Que. epi.</i> | <i>Queraltina epistominoides</i> |
| <i>Qui. sp1.</i> | <i>Quinqueloculina sp1.</i> |
| <i>Qui. sp2.</i> | <i>Quinqueloculina sp2.</i> |
| <i>Qui. sp3.</i> | <i>Quinqueloculina sp3.</i> |
| <i>Qui. sp4.</i> | <i>Quinqueloculina sp4.</i> |

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| <i>Qui. sp5.</i> | <i>Quinqueloculina sp5.</i> |
| <i>Qui. sp6.</i> | <i>Quinqueloculina sp6.</i> |
| <i>Ros. sp.</i> | <i>Rosalina sp.</i> |
| <i>Rot. indet</i> | <i>Rotaliid indet</i> |
| <i>Rot. indet</i> | <i>Rotaliid indet</i> |
| <i>Rot. indet</i> | <i>Rotaliid indet</i> |
| <i>Sph. glo.</i> | <i>Sphaerogypsina globulus</i> |
| <i>Spi. jar.</i> | <i>Spiroloculina jarvisi</i> |
| <i>Spi. sp.</i> | <i>Spiroloculina sp.</i> |
| <i>Spi. cf. car.</i> | <i>Spirorutilus cf. carinatus</i> |
| <i>Sti. sp.</i> | <i>Stilostomella sp.</i> |
| <i>Tex. agg.</i> | <i>Textularia agglutinans</i> |
| <i>Tex. cf. part.</i> | <i>Textularia cf. partschii</i> |
| <i>Tex. lae.</i> | <i>Textularia laevigata</i> |
| <i>Tex. lan.</i> | <i>Textularia lanceolata</i> |
| <i>Tex. sp1.</i> | <i>Textularia sp1.</i> |
| <i>Tex. sp2.</i> | <i>Textularia sp2.</i> |
| <i>Tex. sp3.</i> | <i>Textularia sp3.</i> |
| <i>Tex. sp4.</i> | <i>Textularia sp4.</i> |
| <i>Trifar. sp.</i> | <i>Trifarina sp.</i> |
| <i>Tri. car.</i> | <i>Triloculina carinata</i> |
| <i>Tri. sp1.</i> | <i>Triloculina sp1.</i> |
| <i>Tri. sp2.</i> | <i>Triloculina sp2.</i> |
| <i>Tri. tri.</i> | <i>Triloculina trigonula</i> |
| <i>Tri. han.</i> | <i>Tritaxilina hantkeni</i> |
| <i>Vag. sp.</i> | <i>Vaginulina sp.</i> |

1. táblázat: A meghatározott bentosz foraminiferák listája és az adatelemzésnél használt rövidített fajnevek

| Fajok/Minták | An. chi. | Cyc. sp1. | Cyc. sp2. | Glo. gib. | Gyr. sol. | Het. eoc. | Len. inor. | Lob. lob. | Neo. sch. | Pse. sch. | Qui. sp1. | Qui. sp4. | Qui. sp5. | Sph. glo. | Spi. jar. | Spi. cf. car. | Tex. agg. | Tri. sp2. |
|--------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| B01 | | 47 | | 24 | 0 | 138 | 3 | 26 | 0 | | | | | 26 | 0 | | 9 | |
| B02 | 35 | 10 | | 21 | | 112 | 8 | 13 | 33 | | | | | 14 | 1 | | 2 | |
| B03 | 50 | | 6 | 7 | | 74 | 8 | 36 | 70 | | | | | 9 | | | 6 | 1 |
| B04 | 35 | 8 | | 9 | | 86 | 12 | 62 | 56 | | | | | 12 | | | | |
| B05 | 12 | | 20 | 9 | 0 | 73 | 21 | 19 | 53 | | | | | | 2 | | 3 | |
| B06 | 20 | 24 | | 10 | | 55 | 12 | 26 | 3 | 3 | | | | 29 | | | 20 | |
| B07 | 9 | | 3 | 3 | 0 | 434 | 1 | 8 | 100 | | | | | 7 | | | | |
| B09 | 1 | | | 7 | 0 | 189 | 6 | 24 | 32 | | 5 | | | | 0 | | 11 | 26 |
| B10 | | | | 3 | 29 | 166 | 4 | 15 | 79 | | 3 | 30 | | | 7 | 21 | 25 | 31 |
| B11 | 1 | 3 | | 5 | 83 | 170 | 7 | 12 | 4 | | | 2 | 1 | 2 | 4 | | 28 | 12 |
| B12 | | 6 | | 6 | 136 | 227 | 5 | 11 | 1 | | | 14 | | | 3 | | 9 | 6 |
| B13 | 2 | 2 | | 4 | 41 | 207 | 3 | 2 | | | | | | 1 | | 4 | 4 | 2 |
| B14 | | | | 7 | 64 | 305 | 6 | 2 | 10 | | 32 | 25 | | 8 | | | 7 | 9 |
| B15 | | | | 1 | 1 | 18 | | | 7 | | | | | | | | | 4 |
| B16 | | | | 5 | 22 | 120 | 5 | 3 | 53 | | | 28 | 30 | | | 18 | | 15 |
| B17 | 5 | | | 20 | 33 | 183 | 17 | 33 | 64 | | | | | 12 | | | 10 | 5 |
| B18 | 5 | 1 | | 11 | 40 | 85 | 2 | 11 | 30 | 5 | 10 | | | 1 | 8 | | 2 | |
| B19 | 1 | | | 13 | 45 | 88 | 10 | 13 | 20 | 6 | 7 | 18 | 2 | 1 | 10 | | 21 | |
| B20 | | | | 8 | 10 | 77 | 5 | 8 | 15 | | 10 | 9 | | | 4 | | 3 | 3 |
| B21 | | | | 0 | 1 | 25 | 0 | 0 | 7 | 1 | 4 | 18 | | 3 | 2 | | 1 | 7 |
| B22 | | | | | | 30 | 4 | 6 | 29 | | 17 | 3 | | | 1 | | 2 | 6 |
| B23 | 26 | | | 10 | 38 | 129 | 5 | 19 | 47 | | | | 20 | 0 | 12 | 4 | 19 | |
| B24 | | | | 4 | 13 | 30 | 1 | 4 | 15 | 11 | | | 10 | | 21 | 1 | | 4 |
| B25 | 3 | | | 13 | 131 | 80 | | 27 | 2 | 16 | | | | 4 | | 3 | 58 | |
| B26 | | | | 5 | 38 | 39 | 3 | 38 | 80 | 10 | | | | 3 | | | 7 | |
| B27 | 4 | | | 3 | 3 | 64 | 2 | 7 | 50 | 1 | | | | 4 | 24 | | 9 | |
| B28 | | | | 1 | 4 | 58 | 1 | 15 | 9 | | 6 | 2 | | 28 | 3 | | 3 | |
| B29 | | 4 | 4 | 9 | 4 | 138 | | 65 | 16 | 17 | | | 10 | 14 | 2 | | 17 | |
| B30 | 4 | 14 | | 13 | | 248 | 15 | 103 | 6 | 15 | | | | 7 | 20 | 1 | 24 | |
| B31 | | 16 | | 8 | 0 | 131 | 4 | 38 | 13 | 20 | | 7 | 5 | 20 | 31 | | 17 | |
| B32 | | 5 | | 10 | 5 | 74 | 2 | 17 | 8 | 10 | | | 17 | 9 | 7 | | 5 | |
| B33 | | 2 | | 8 | 7 | 122 | 14 | 17 | 22 | 1 | | 1 | 2 | 25 | 2 | 1 | 23 | |
| B34 | | 1 | | 5 | 57 | 215 | 12 | 32 | 62 | | 6 | | 1 | 1 | 3 | | 35 | |
| B35 | 2 | 10 | | 8 | 11 | 131 | 24 | 23 | 47 | | | | 5 | | 16 | | 4 | |
| B36 | 3 | | 8 | 7 | 119 | 125 | 8 | 14 | 40 | | 1 | | 2 | 1 | 2 | | 7 | 5 |
| B37 | | | | 5 | 9 | 62 | 3 | 16 | 28 | | | | | 19 | 7 | | 19 | 6 |
| B39 | | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 8 | 29 | 1 | 2 | | 5 | 65 | | 1 | 11 | 4 |
| B40 | 4 | | | 25 | 43 | 87 | 21 | 33 | 54 | | 7 | | | 4 | | 1 | 1 | 6 |
| B41 | | 10 | | 8 | | 218 | 22 | 16 | 46 | 4 | 13 | 4 | | | 4 | | | 8 |
| B42 | | 22 | 21 | 3 | | 146 | 14 | 1 | 5 | 17 | 3 | 7 | | 5 | 17 | | | 6 |
| B43 | | | 47 | 14 | 1 | 64 | 15 | 30 | 1 | 15 | 1 | | | 31 | 34 | | | |
| B44 | 1 | 10 | 9 | 21 | 1 | 202 | 14 | 11 | | | | 7 | | 13 | | 32 | | 3 |
| B45 | | 19 | | 19 | 10 | 164 | 14 | 22 | | | 17 | 10 | | 6 | 2 | | 21 | |
| B47 | 1 | | 48 | 12 | | 130 | 20 | 3 | | | 26 | 23 | | | 6 | | | |
| B48 | | 18 | 18 | 9 | | 128 | 13 | 2 | | 1 | | 9 | 6 | | 12 | | 3 | 7 |
| B50 | | | 9 | 10 | 2 | 284 | 23 | 1 | | | 46 | 15 | | | 9 | 5 | | |
| B51 | 1 | | 8 | 6 | 1 | 321 | 37 | 1 | | | 22 | 13 | | | 3 | 1 | 1 | 4 |
| B52 | | 12 | | 11 | | 71 | 7 | 1 | | 2 | 7 | 12 | | | 7 | 40 | | 8 |
| B53 | | | 28 | 21 | | 197 | 13 | 28 | | 12 | 11 | 11 | | | 30 | 4 | 3 | |
| B54 | | 57 | | 37 | 3 | 14 | 21 | 64 | | 32 | 37 | | | 1 | 3 | | | 12 |
| B55 | | | 28 | 31 | 49 | 7 | 21 | 14 | | | 57 | 26 | | | | | | |
| B56 | | | 44 | 16 | 17 | 80 | 13 | 12 | | 2 | 27 | | 13 | | | | 6 | 17 |
| B57 | 1 | | 39 | 8 | 5 | 211 | 8 | 17 | | 14 | 6 | 8 | | 4 | | 4 | | 10 |
| B58 | | 4 | | 2 | | 48 | 3 | 10 | | | | | | 2 | | | 1 | |
| B60 | | 14 | 5 | 15 | | 162 | 13 | 15 | | | 22 | 4 | 4 | | 8 | 34 | 7 | |
| B61 | | 16 | | 11 | 26 | 143 | 18 | 16 | | | 6 | 9 | | | 4 | 29 | | |
| B62 | 1 | 25 | 16 | 15 | 1 | 193 | 19 | 23 | | | 43 | | 9 | | 15 | 1 | 3 | |
| B63 | | | 34 | 23 | | 91 | 25 | 17 | 6 | | 33 | | | | | | | 24 |
| B64 | 1 | | | | | 230 | 9 | 3 | 54 | | 7 | | | | | 5 | 7 | 7 |
| B65 | 7 | | | 2 | | 306 | 5 | | 110 | | 40 | 7 | | | | 28 | 27 | 73 |

2. táblázat: A 18 leggyakoribb faj (>1%-os gyakoriság) egyedszámai a rétegsor mintáiban

| | An. chi. | An. pappo. | An. gran. | Bag. den. | Bel. ser. | Bel. sp. | Con. sp. | Cib. omp. | Cib. bou. | Cib. sp2. | Cib. sp. | Cib. sp. | Cyc. sp1. | Cyc. sp2. | Dent. ele. | Dim. sp.? | Dis. sp. | Dis. sp2. | Egg. pr. | Epo. esp. | Gen. indet. | Gen. indet. | Glo. gub. | Gou. spp. | Gut. pr. | Gyr. sol. | Hem. sp.? | Het. cos. | Het. eoc. | | |
|-----|----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|--|
| B01 | 35 | | | | | 3 | | 6 | 31 | | | | | 47 | | | | | | | 1 | 0 | | 24 | 8 | 1 | 0 | | | 138 | |
| B02 | 50 | | | | | | 4 | | | | | | | 10 | | 6 | | | | 1 | | 1 | | 21 | 10 | 3 | | | | 112 | |
| B03 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 11 | 3 | | | | | 74 | |
| B04 | 15 | | | | | | | | 1 | | | | | 8 | | 20 | | | | | | 0 | | 9 | 5 | 3 | 0 | | | 86 | |
| B05 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | 15 | 3 | | | | | 73 | |
| B06 | 20 | | | | | | | 12 | | | | | 17 | 24 | 1 | | | | | | 0 | | 10 | 3 | | | | | | 55 | |
| B07 | 9 | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | 5 | | 2 | 1 | 1 | 0 | | | 434 | |
| B08 | 1 | | 1 | 5 | | | | | | | | | | | 15 | | | | | | | 1 | | 7 | 3 | 1 | 0 | | | 189 | |
| B09 | 1 | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 1 | | 3 | 3 | 29 | 3 | | 37 | 166 | |
| B10 | 1 | | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | 6 | 83 | 136 | 6 | | | | 170 | |
| B11 | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 2 | 4 | 4 | 41 | | | | 207 | |
| B12 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 7 | 7 | 64 | | 2 | | 305 | |
| B13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 5 | 22 | | | | 120 | |
| B14 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 33 | 38 | | | | 183 | |
| B15 | 5 | | 2 | 7 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 46 | 10 | | | | 88 | |
| B16 | 3 | | 5 | 7 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 5 | 2 | | | | 80 | |
| B17 | 1 | | 1 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | | | | 64 | |
| B18 | 4 | | 2 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | | | | 58 | |
| B19 | 8 | | 5 | 8 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 4 | | | | 132 | |
| B20 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 8 | 0 | | | | 74 | |
| B21 | 26 | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 1 | 38 | | | | 129 | |
| B22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 1 | 11 | | | | 129 | |
| B23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 1 | 1 | | | | 80 | |
| B24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | | | | 39 | |
| B25 | 3 | | 5 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | | | | 64 | |
| B26 | 4 | | 2 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | | | | 58 | |
| B27 | 37 | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 4 | | | | 132 | |
| B28 | 28 | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 4 | | | | 248 | |
| B29 | 1 | | 8 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 4 | | | | 138 | |
| B30 | 4 | | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 1 | 5 | | | | 74 | |
| B31 | 31 | | 12 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | 131 | |
| B32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 5 | 7 | | | | 174 | |
| B33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 2 | 11 | | | | 122 | |
| B34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 2 | 11 | | | | 131 | |
| B35 | 2 | | 2 | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 5 | 5 | | | | 215 | |
| B36 | 1 | | 1 | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | 1 | 119 | | | | 125 | |
| B37 | 1 | | 3 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 9 | 9 | | | | 62 | |
| B38 | 2 | | 4 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | 2 | | | | 2 | |
| B39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 8 | | | | 8 | |
| B40 | 40 | | 1 | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 2 | 4 | | | | 218 | |
| B41 | 42 | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 1 | 1 | | | | 146 | |
| B42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 14 | 1 | 1 | | | | 64 | |
| B43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 202 | |
| B44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 21 | 1 | 10 | | | | 64 | |
| B45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12 | 2 | 2 | | | | 130 | |
| B46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 8 | 2 | | | | 130 | |
| B47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 10 | 2 | | | | 284 | |
| B48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 6 | 6 | 1 | | | | 321 | |
| B49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 1 | | | | 71 | |
| B50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 37 | 3 | 4 | | | | 151 | |
| B51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 31 | 6 | 2 | | | | 14 | |
| B52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 31 | 31 | 49 | | | | 7 | |
| B53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 16 | 17 | 5 | | | | 80 | |
| B54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 8 | 5 | | | | 211 | |
| B55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 2 | | | | 162 | |
| B56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 11 | 26 | | | | 143 | |
| B57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 15 | 15 | 1 | | | | 193 | |
| B58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 23 | 23 | 1 | | | | 91 | |
| B59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | 32 | |
| B60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | 306 | |
| B61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| B62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| B64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| B66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45 | 45 | 1 | | | | | |
| B68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B79 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B84 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | |
| B85 | </ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. táblázat: A mintákban leszámolt foraminifera egyedek száma fajonként, a fajok rövidített nevét használva, három részleiben

| Fajh/Minták | Het.sp. | Kor.sp. | len.col. | len.exc. | len.inor. | len.sp1. | len.sp2. | len.sp3. | len.sp4. | Lab.cov. | Lab.cf.bab. | Lab.tob. | Lab.sp. | Mel.cf.pom. | Mil.pri. | Mil.sp. | Mes.ter. | Mes.sch. | Mod.indet. | Mod.int. | Mod.sp1. | Mod.sp2. | Mod.sp3. | Mod.sp4. | Non.com. | Num.bou. | Ops.com. | Per.iner. | Pho.sp. | Pho.ous. | Phl.sp. | |
|-------------|---------|---------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|---------|-------------|----------|---------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|----------|---------|----|
| R001 | | | 2 | | 5 | 8 | 2 | | | 0 | 0 | 14 | 36 | 42 | 5 | 30 | 8 | 33 | 70 | 1 | 2 | 1 | | | | | | | | | 7 | |
| R002 | | | | | | 8 | | | | | 0 | | 36 | 13 | | | 7 | 56 | 8 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| R003 | | | 3 | | | 12 | | 1 | | 4 | 4 | 9 | 62 | 20 | 2 | 9 | 8 | 70 | 56 | 1 | 8 | 1 | | | | | | | | | | |
| R004 | | | | | | 21 | | | | 0 | 0 | 9 | 19 | 1 | 15 | 9 | 7 | 53 | 7 | 8 | 8 | | | | | | | | | | | |
| R005 | | | | | | 12 | | | 2 | | 0 | 9 | 26 | 4 | 16 | 3 | 6 | 100 | 3 | 7 | 6 | 2 | | | | | | | | | | |
| R006 | | | | | | 1 | | | | 0 | 2 | 8 | 1 | | 3 | 3 | 6 | 100 | 1 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R007 | 3 | | | | | 6 | | | | 1 | 1 | 24 | 1 | 0 | 4 | 9 | 9 | 100 | 2 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | |
| R008 | | | | | | 4 | | | | 0 | 3 | 15 | 15 | 18 | 3 | 3 | 7 | 72 | 32 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R009 | | | | | | 7 | | | | 5 | 5 | 12 | 1 | 4 | 11 | | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R010 | | | 2 | | | 5 | | | | 5 | 5 | 11 | 1 | 4 | 11 | | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R011 | | | | | | 3 | | | | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | 10 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| R012 | | | | | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R013 | | | | | | 6 | | | | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R014 | | | | | | 5 | | | | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | | | 7 | 7 | | | | | | | | | | | | | |
| R015 | | | | | | 17 | | | | 11 | 11 | 33 | 13 | 2 | 8 | | 8 | 23 | 23 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R016 | | | | | | 7 | | | | 6 | 6 | 11 | 11 | | | | 7 | 30 | 30 | | | | | | | | | | | | | |
| R017 | | | | | | 10 | | | | 10 | 10 | 13 | 13 | | | | | 20 | 20 | | | | | | | | | | | | | |
| R018 | 4 | | 6 | | | 5 | | | | | | 8 | 8 | | 5 | 2 | 2 | 15 | 15 | | | | | | | | | | | | | |
| R019 | | | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | |
| R020 | | | | | | 5 | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R021 | | | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | |
| R022 | | | 2 | | 1 | 4 | | | | 1 | 1 | 6 | 6 | | 7 | | | 29 | 29 | | | | | | | | | | | | | |
| R023 | | | | | 4 | 5 | | | | 0 | 8 | 19 | 0 | 0 | 8 | | | 47 | 47 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| R024 | | | | | 1 | 1 | | | | | | 4 | 4 | 4 | 9 | | | 15 | 15 | | | | | | | | | | | | | |
| R025 | 1 | | | | 4 | 1 | | | | | | 27 | 27 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| R026 | 26 | | | | | 4 | | | | 1 | 1 | 38 | 38 | 4 | 4 | | | 80 | 80 | | | | | | | | | | | | | |
| R027 | | | | | | 2 | | | | 2 | 2 | 0 | 7 | 1 | 0 | 9 | | 50 | 50 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| R028 | | | | | | 1 | | | | 3 | 3 | 3 | 15 | 5 | 5 | | | 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | |
| R029 | | | | | | 4 | | | | | | 65 | 65 | 8 | 8 | | | 16 | 16 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| R030 | | | | | | 15 | | | | | | 8 | 103 | 6 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R031 | | | | | | 5 | | | | 3 | 3 | 4 | 38 | 1 | 1 | | | 13 | 13 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R032 | | | | | | 2 | | | | 12 | 12 | 4 | 17 | | | | | 8 | 8 | | | | | | | | | | | | | |
| R033 | | | | | | 1 | | | | 9 | 9 | 5 | 32 | 6 | 6 | | | 62 | 62 | | | | | | | | | | | | | |
| R034 | | | | | | 14 | | | | 5 | 5 | 3 | 17 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| R035 | | | | | | 12 | | | | 9 | 9 | 5 | 32 | 6 | 6 | | | 62 | 62 | | | | | | | | | | | | | |
| R036 | | | | | | 24 | | | | 6 | 6 | 23 | 23 | | | | | 47 | 47 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R037 | | | | | 11 | 8 | | | | 4 | 4 | 14 | 14 | | | | | 40 | 40 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R038 | | | | | 2 | 3 | | | | 13 | 13 | 16 | 16 | 3 | 3 | | | 28 | 28 | | | | | | | | | | | | | |
| R039 | | | | | | 3 | | | | 1 | 1 | 8 | 8 | 1 | 1 | | | 29 | 29 | | | | | | | | | | | | | |
| R040 | | | | | 11 | 21 | | | | | 5 | 33 | 33 | 1 | 3 | | | 54 | 54 | | | | | | | | | | | | | |
| R041 | 4 | | | | | 22 | | | | 9 | 9 | 16 | 16 | 2 | 13 | | | 46 | 46 | | | | | | | | | | | | | |
| R042 | | | | | | 1 | | | | | 2 | 1 | 1 | | | | | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| R043 | | | | | | 14 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 7 | 5 | 1 | | | | | | | | | | |
| R044 | | | | | | 15 | | | | | 3 | 30 | 30 | | 3 | 14 | 3 | | | 7 | | | | | | | | | | | | |
| R045 | | | | | | 14 | | | | | 3 | 11 | 11 | 1 | 4 | | | | | 5 | 3 | | | | | | | | | | | |
| R046 | | | | | | 30 | | | | | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R047 | | | | | | 1 | | | | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 17 | 3 | | | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| R048 | | | | | 3 | 13 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R049 | | | | | | 23 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 3 | 3 | | | | | | | | | | | |
| R050 | | | | | | 37 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R051 | | | | | | 7 | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R052 | | | | | | 7 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R053 | | | | | 4 | 13 | | | | | | 28 | 28 | | 6 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R054 | | | | | 2 | 21 | | | | | 3 | 64 | 64 | 2 | 6 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R055 | | | | | | 11 | | | | | | 12 | 12 | 1 | 3 | 24 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R056 | | | | | | 11 | | | | | | 13 | 13 | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | |
| R057 | | | | | 1 | 13 | | | | | 1 | 12 | 12 | 1 | 13 | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| R058 | | | | | | 8 | | | | 12 | 12 | 17 | 17 | 4 | 6 | 9 | 1 | | | 5 | 4 | 1 | | | | | | | | | | |
| R059 | | | | | | 3 | | | | | | 10 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R060 | | | | | 2 | 13 | | | | | | 15 | 15 | 2 | 6 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R061 | | | | | | 18 | | | | 7 | 7 | 16 | 16 | | 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R062 | | | | | | 19 | | | | | | 23 | 23 | | | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | |
| R063 | | | | | | 5 | | | | 17 | 17 | 3 | 3 | | 1 | 8 | | 6 | 6 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| R064 | | | | | 4 | 9 | | | | | | | | 2 | 6 | | | 54 | 54 | | | | | | | | | | | | | |
| R065 | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | | 110 | 110 | | | | | | | | | | | | | |
| Összesen | 38 | 33 | 5 | 89 | 604 | 20 | 1 | 4 | 1 | 382 | 77 | 1113 | 13 | 67 | 100 | 394 | 125 | 1 | 4416 | 12 | 76 | 1 | 23 | 1 | 1 | 28 | 9 | 123 | 23 | 167 | 1 | 33 |

[illegible]

| Agglutináltakkal | Total | Oxikus | Szuboxikus | Dizoxikus | Oxikus% | Szuboxikus% | Dizoxikus% | Szub+Dizoxikus% | BFOI- Kranner | BFOI-Kaiho | Agglutináltak nélkül | Total | Oxikus | Szuboxikus | Dizoxikus |
|------------------|-------|--------|------------|-----------|---------|-------------|------------|-----------------|---------------|------------|----------------------|-------|--------|------------|-----------|
| B01 | 480 | 376 | 74 | 10 | 78.33 | 15.42 | 2.08 | 17.50 | 88.89 | 97.86 | B01 | 432 | 365 | 59 | 8 |
| B02 | 381 | 314 | 34 | 0 | 82.41 | 8.92 | 0.00 | 8.92 | 94.86 | 100.00 | B02 | 335 | 312 | 23 | 0 |
| B03 | 394 | 317 | 31 | 3 | 80.46 | 7.87 | 0.76 | 8.63 | 94.49 | 100.00 | B03 | 331 | 311 | 20 | 0 |
| B04 | 416 | 341 | 43 | 20 | 81.97 | 10.34 | 4.81 | 15.14 | 89.15 | 94.33 | B04 | 385 | 333 | 32 | 20 |
| B05 | 344 | 265 | 49 | 1 | 77.03 | 14.24 | 0.29 | 14.53 | 91.22 | 99.61 | B05 | 289 | 254 | 34 | 1 |
| B06 | 390 | 293 | 58 | 21 | 75.13 | 14.87 | 5.38 | 20.26 | 85.42 | 98.56 | B06 | 318 | 273 | 41 | 4 |
| B07 | 599 | 588 | 8 | 2 | 98.16 | 1.34 | 0.33 | 1.67 | 98.99 | 99.66 | B07 | 590 | 584 | 4 | 2 |
| B09 | 404 | 379 | 18 | 0 | 93.81 | 4.46 | 0.00 | 4.46 | 97.68 | 100.00 | B09 | 356 | 349 | 7 | 0 |
| B10 | 476 | 370 | 81 | 0 | 77.73 | 17.02 | 0.00 | 17.02 | 90.13 | 100.00 | B10 | 421 | 365 | 56 | 0 |
| B11 | 360 | 220 | 122 | 3 | 61.11 | 33.89 | 0.83 | 34.72 | 77.46 | 99.52 | B11 | 303 | 208 | 94 | 1 |
| B12 | 484 | 309 | 156 | 0 | 63.84 | 32.23 | 0.00 | 32.23 | 79.84 | 100.00 | B12 | 447 | 300 | 147 | 0 |
| B13 | 299 | 242 | 50 | 0 | 80.94 | 16.72 | 0.00 | 16.72 | 90.64 | 100.00 | B13 | 284 | 238 | 46 | 0 |
| B14 | 536 | 419 | 91 | 0 | 78.17 | 16.98 | 0.00 | 16.98 | 90.20 | 100.00 | B14 | 494 | 410 | 84 | 0 |
| B15 | 38 | 33 | 1 | 2 | 86.84 | 2.63 | 5.26 | 7.89 | 92.96 | 94.29 | B15 | 36 | 33 | 1 | 2 |
| B16 | 338 | 296 | 28 | 1 | 87.57 | 8.28 | 0.30 | 8.58 | 95.18 | 100.00 | B16 | 314 | 286 | 28 | 0 |
| B17 | 527 | 395 | 86 | 29 | 74.95 | 16.32 | 5.50 | 21.82 | 84.58 | 99.49 | B17 | 456 | 390 | 64 | 2 |
| B18 | 289 | 218 | 69 | 0 | 75.43 | 23.88 | 0.00 | 23.88 | 86.34 | 100.00 | B18 | 272 | 216 | 56 | 0 |
| B19 | 337 | 251 | 64 | 7 | 74.48 | 18.99 | 2.08 | 21.07 | 86.55 | 99.55 | B19 | 281 | 222 | 58 | 1 |
| B20 | 191 | 157 | 17 | 4 | 82.20 | 8.90 | 2.09 | 10.99 | 92.63 | 100.00 | B20 | 169 | 152 | 17 | 0 |
| B21 | 84 | 78 | 6 | 0 | 92.86 | 7.14 | 0.00 | 7.14 | 96.30 | 100.00 | B21 | 77 | 72 | 5 | 0 |
| B22 | 143 | 122 | 5 | 2 | 85.31 | 3.50 | 1.40 | 4.90 | 96.44 | 100.00 | B22 | 119 | 114 | 5 | 0 |
| B23 | 490 | 346 | 55 | 63 | 70.61 | 11.22 | 12.86 | 24.08 | 79.27 | 100.00 | B23 | 350 | 300 | 50 | 0 |
| B24 | 207 | 159 | 31 | 13 | 76.81 | 14.98 | 6.28 | 21.26 | 84.80 | 100.00 | B24 | 122 | 103 | 19 | 0 |
| B25 | 413 | 245 | 159 | 0 | 59.32 | 38.50 | 0.00 | 38.50 | 75.50 | 100.00 | B25 | 303 | 163 | 140 | 0 |
| B26 | 295 | 213 | 58 | 20 | 72.20 | 19.66 | 6.78 | 26.44 | 81.30 | 97.77 | B26 | 227 | 175 | 48 | 4 |
| B27 | 230 | 173 | 17 | 23 | 75.22 | 7.39 | 10.00 | 17.39 | 84.60 | 99.39 | B27 | 181 | 164 | 16 | 1 |
| B28 | 176 | 127 | 33 | 12 | 72.16 | 18.75 | 6.82 | 25.57 | 81.67 | 96.12 | B28 | 162 | 124 | 33 | 5 |
| B29 | 383 | 303 | 44 | 8 | 79.11 | 11.49 | 2.09 | 13.58 | 90.99 | 97.12 | B29 | 305 | 270 | 27 | 8 |
| B30 | 572 | 497 | 63 | 6 | 86.89 | 11.01 | 1.05 | 12.06 | 92.98 | 98.71 | B30 | 514 | 460 | 48 | 6 |
| B31 | 437 | 349 | 53 | 14 | 79.86 | 12.13 | 3.20 | 15.33 | 89.60 | 100.00 | B31 | 365 | 332 | 33 | 0 |
| B32 | 223 | 172 | 33 | 2 | 77.13 | 14.80 | 0.90 | 15.70 | 90.29 | 99.40 | B32 | 191 | 167 | 23 | 1 |
| B33 | 299 | 219 | 49 | 0 | 73.24 | 16.39 | 0.00 | 16.39 | 89.94 | 100.00 | B33 | 243 | 196 | 47 | 0 |
| B34 | 489 | 402 | 74 | 6 | 82.21 | 15.13 | 1.23 | 16.36 | 90.34 | 98.37 | B34 | 441 | 361 | 74 | 6 |
| B35 | 351 | 272 | 41 | 18 | 77.49 | 11.68 | 5.13 | 16.81 | 87.60 | 100.00 | B35 | 307 | 266 | 41 | 0 |
| B36 | 422 | 265 | 150 | 6 | 62.80 | 35.55 | 1.42 | 36.97 | 76.59 | 100.00 | B36 | 371 | 227 | 144 | 0 |
| B37 | 252 | 183 | 39 | 1 | 72.62 | 15.48 | 0.40 | 15.87 | 89.93 | 100.00 | B37 | 200 | 161 | 39 | 0 |
| B39 | 163 | 86 | 77 | 0 | 52.76 | 47.24 | 0.00 | 47.24 | 69.08 | 100.00 | B39 | 135 | 60 | 75 | 0 |
| B40 | 392 | 284 | 88 | 5 | 72.45 | 22.45 | 1.28 | 23.72 | 85.29 | 98.92 | B40 | 364 | 274 | 87 | 3 |
| B41 | 408 | 351 | 28 | 16 | 86.03 | 6.86 | 3.92 | 10.78 | 92.13 | 95.89 | B41 | 389 | 350 | 24 | 15 |
| B42 | 295 | 245 | 38 | 3 | 83.05 | 12.88 | 1.02 | 13.90 | 91.76 | 100.00 | B42 | 265 | 244 | 21 | 0 |
| B43 | 339 | 235 | 71 | 4 | 69.32 | 20.94 | 1.18 | 22.12 | 85.61 | 98.74 | B43 | 294 | 235 | 56 | 3 |
| B44 | 386 | 301 | 83 | 2 | 77.98 | 21.50 | 0.52 | 22.02 | 87.37 | 99.66 | B44 | 337 | 290 | 46 | 1 |
| B45 | 327 | 289 | 38 | 0 | 88.38 | 11.62 | 0.00 | 11.62 | 93.83 | 100.00 | B45 | 303 | 268 | 35 | 0 |
| B47 | 345 | 288 | 46 | 0 | 83.48 | 13.33 | 0.00 | 13.33 | 92.60 | 100.00 | B47 | 308 | 282 | 26 | 0 |
| B48 | 260 | 228 | 29 | 3 | 87.69 | 11.15 | 1.15 | 12.31 | 92.87 | 98.63 | B48 | 239 | 216 | 20 | 3 |
| B50 | 419 | 385 | 33 | 1 | 91.89 | 7.88 | 0.24 | 8.11 | 95.65 | 100.00 | B50 | 408 | 380 | 28 | 0 |
| B51 | 456 | 399 | 56 | 0 | 87.50 | 12.28 | 0.00 | 12.28 | 93.44 | 100.00 | B51 | 425 | 384 | 41 | 0 |
| B52 | 184 | 130 | 53 | 1 | 70.65 | 28.80 | 0.54 | 29.35 | 82.54 | 99.24 | B52 | 142 | 130 | 11 | 1 |
| B53 | 423 | 358 | 37 | 12 | 84.63 | 8.75 | 2.84 | 11.58 | 92.15 | 98.30 | B53 | 373 | 346 | 21 | 6 |
| B54 | 378 | 297 | 75 | 6 | 78.57 | 19.84 | 1.59 | 21.43 | 87.22 | 97.76 | B54 | 305 | 262 | 37 | 6 |
| B55 | 336 | 239 | 94 | 3 | 71.13 | 27.98 | 0.89 | 28.87 | 82.70 | 98.51 | B55 | 295 | 198 | 94 | 3 |
| B56 | 311 | 259 | 34 | 16 | 83.28 | 10.93 | 5.14 | 16.08 | 88.70 | 100.00 | B56 | 268 | 236 | 32 | 0 |
| B57 | 426 | 374 | 47 | 4 | 87.79 | 11.03 | 0.94 | 11.97 | 93.15 | 98.90 | B57 | 387 | 360 | 23 | 4 |
| B58 | 83 | 79 | 4 | 0 | 95.18 | 4.82 | 0.00 | 4.82 | 97.53 | 100.00 | B58 | 78 | 74 | 4 | 0 |
| B60 | 348 | 279 | 68 | 0 | 80.17 | 19.54 | 0.00 | 19.54 | 89.14 | 100.00 | B60 | 273 | 253 | 20 | 0 |
| B61 | 339 | 253 | 74 | 4 | 74.63 | 21.83 | 1.18 | 23.01 | 86.05 | 100.00 | B61 | 275 | 230 | 45 | 0 |
| B62 | 417 | 391 | 24 | 2 | 93.76 | 5.76 | 0.48 | 6.24 | 96.54 | 99.73 | B62 | 387 | 364 | 22 | 1 |
| B63 | 347 | 308 | 33 | 0 | 88.76 | 9.51 | 0.00 | 9.51 | 94.92 | 100.00 | B63 | 324 | 291 | 33 | 0 |
| B64 | 393 | 366 | 21 | 3 | 93.13 | 5.34 | 0.76 | 6.11 | 96.44 | 99.17 | B64 | 376 | 357 | 16 | 3 |
| B65 | 639 | 586 | 38 | 1 | 91.71 | 5.95 | 0.16 | 6.10 | 96.70 | 99.82 | B65 | 570 | 559 | 10 | 1 |

4. táblázat: BFOI index kiszámításához használt táblázat, összegezve az oxikus, szuboxikus és dizoxikus indikátor fajokat a mintákban, az agglutinált fajokkal és az agglutinált fajok nélkül is (Kaiho képletének megfelelően).

Hivatkozások

| | |
|----|--------------------------------|
| 1 | (Kranner et al., 2022) |
| 2 | (Kerkhoff et al., 2023) |
| 3 | (Tóth & Görög, 2008) |
| 4 | (Gebhardt et al., 2013) |
| 5 | (Kaminski, 2012) |
| 6 | (Bindiu-Haitonic et al., 2019) |
| 7 | (Cetea et al., 2011) |
| 8 | (Kaiho, 1994) |
| 9 | (Goubert et al., 2001) |
| 10 | (Corliss, 1991) |
| 11 | (Barbin & Keller-Grünig, 1991) |
| 12 | (Bindiu-Haitonic et al., 2021) |
| 13 | (Gebhardt et al., 2010) |
| 14 | (Ozsvárt et al., 2016) |
| 15 | (Ozsvárt, 2018) |

| Fajok | Oxigén | Hivatkozás |
|--|---------------|-------------------|
| <i>Ammodiscus tenuissimus</i> | D | 1,4,6 |
| <i>Anomalinoides cf. chileana</i> | O | 1,2,7 |
| <i>Anomalinoides cf. pseudogrosserugosus</i> | O | 1,2,7 |
| <i>Anomalinoides granosus</i> | O | 1,2,4 |
| <i>Baggina dentata</i> | O? | |
| <i>Bolivina semistriata</i> | D | 1,2,3,4,5 |
| <i>Bolivina sp.</i> | D | 1,2,3,4,5 |
| <i>Cancris sp.</i> | S | 1,2,8,9 |
| <i>Cibicides amphysiliensis</i> | O | 1,2,4,5,8,9 |
| <i>Cibicides boueanus</i> | O | 1,2,4,5,8,9 |
| <i>Cibicides sp2.</i> | O | 1,2,4,5,8,9 |
| <i>Cibicidoides sp.?</i> | O | 1,2,4,5,7,8,9 |

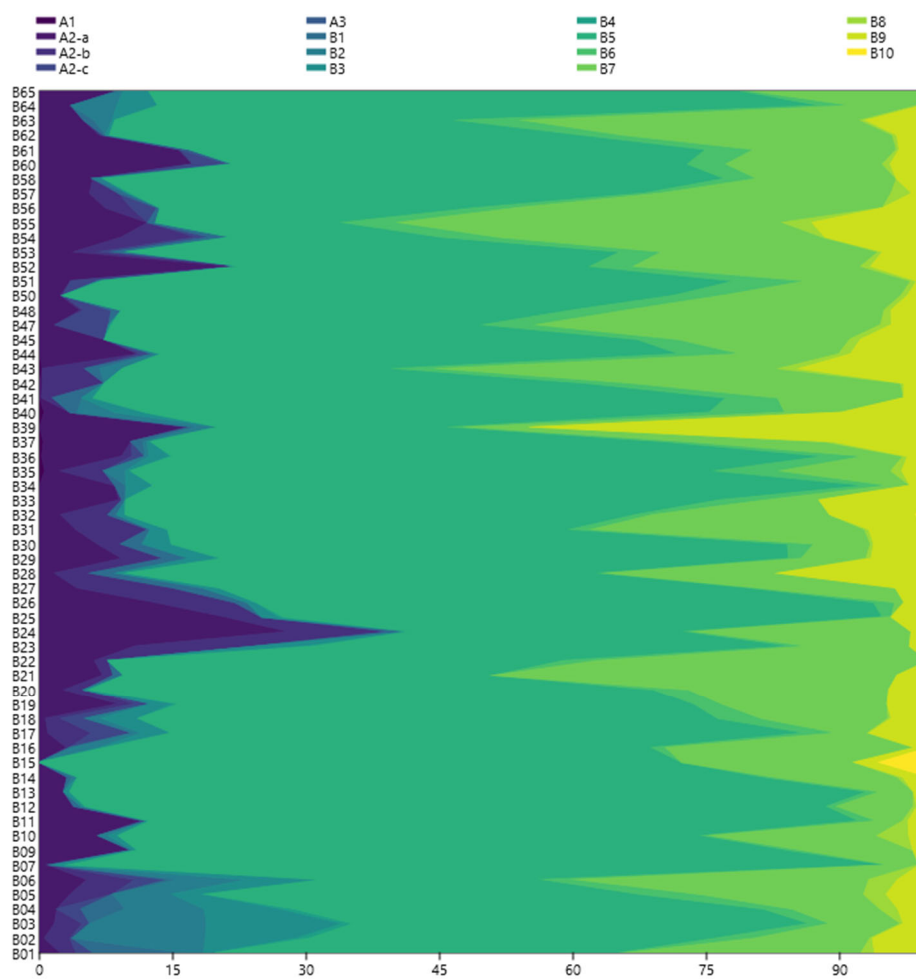
| | | |
|-------------------------------|---|---------------|
| <i>Clavulinoides sp.</i> | D | 7,14,15 |
| <i>Cycloforina sp1.</i> | O | 1,3,5 |
| <i>Cycloforina sp2.</i> | O | 1,3,5 |
| <i>Dentalina elegans</i> | S | 1,2,8 |
| <i>Dimorphina sp.?</i> | S | 1 |
| <i>Discorbis sp.</i> | O | 10 |
| <i>Discorbis sp2.</i> | O | 10 |
| <i>Eggerella irregularis</i> | S | 1 |
| <i>Eponides repandus</i> | O | 1,7 |
| <i>Globulina gibba</i> | O | 1,2 |
| <i>Gaudryina spp.</i> | S | 7,11 |
| <i>Guttulina irregularis</i> | S | 1,2,5 |
| <i>Gyroidinoides soldanii</i> | S | 1,2,4,7,8,9 |
| <i>Haplophragmoides sp.?</i> | D | 1,4,6,7 |
| <i>Hemirobulina sp.?</i> | S | 1,7 |
| <i>Heterolepa costata</i> | O | 1,2 |
| <i>Heterolepa eocaena</i> | O | 1,2 |
| <i>Heterolepa sp.</i> | O | 1,2 |
| <i>Karreriella siphonella</i> | D | 1,2,4 |
| <i>Lenticulina cultrata</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina excisa</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina inornata</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina sp1.</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina sp2.</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina sp3.</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lenticulina sp4.</i> | S | 1,2,4,5,7,8,9 |
| <i>Lobatula carinata</i> | O | 1,2,3,4,9 |
| <i>Lobatula cf. lobatula</i> | O | 1,2,3,4,9 |
| <i>Lobatula lobatula</i> | O | 1,2,3,4,9 |
| <i>Loxostomina sp.</i> | D | 4 |
| <i>Melonis cf. affinis</i> | S | 1,2,4,5,8,10 |

| | | |
|----------------------------------|---|--------------|
| <i>Melonis pompilioides</i> | D | 1,2,4,5,8,10 |
| <i>Miliola prisca</i> | O | 5 |
| <i>Miliolinella sp.</i> | O | 5 |
| <i>Neoconorbina terquemi</i> | O | 5,9 |
| <i>Neoeponides schreibersii</i> | O | 1,9 |
| <i>Nodosaria indet.</i> | S | 1,4 |
| <i>Nodosaria intermittens</i> | S | 1,4 |
| <i>Nodosaria sp1.</i> | S | 1,4 |
| <i>Nodosaria sp2.</i> | S | 1,4 |
| <i>Nodosaria sp3.</i> | S | 1,4 |
| <i>Nodosaria sp4.</i> | S | 1,4 |
| <i>Nonion commune</i> | S | 1,2,3,8,10 |
| <i>Nummulites bouillei</i> | O | 4 |
| <i>Operculina complanata</i> | O | 4 |
| <i>Pararotalia inermis</i> | O | 11,12,15 |
| <i>Planostegina sp.</i> | O | 1 |
| <i>Planulina austriaca</i> | O | 1,4,9 |
| <i>Plectina sp.</i> | S | 13 |
| <i>Pseudogaudryina schmitti</i> | S | 4,7 |
| <i>Pyrgo bulloides</i> | O | 1,5,8 |
| <i>Quadrिमorphina petrolei</i> | O | 7 |
| <i>Queraltina epistominoides</i> | O | 11 |
| <i>Quinqueloculina sp1.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Quinqueloculina sp2.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Quinqueloculina sp3.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Quinqueloculina sp4.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Quinqueloculina sp5.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Quinqueloculina sp6.</i> | O | 1,2,5,8 |
| <i>Rosalina sp.</i> | S | 1,3,5,8,9 |
| <i>Sphaerogypsina globulus</i> | S | 11 |
| <i>Spiroloculina jarvisi</i> | O | 1,5 |

| | | |
|--|---|---------|
| <i>Spiroloculina</i> sp. | O | 1,5 |
| <i>Spirorutilus</i> cf. <i>carinatus</i> | S | 1 |
| <i>Stilostomella</i> sp. | S | 1,2,4 |
| <i>Textularia agglutinans</i> | O | 1,9 |
| <i>Textularia</i> cf. <i>partschii</i> | O | 1,9 |
| <i>Textularia laevigata</i> | O | 1,9 |
| <i>Textularia lanceolata</i> | O | 1,9 |
| <i>Textularia</i> sp1. | O | 1,9 |
| <i>Textularia</i> sp2. | O | 1,9 |
| <i>Textularia</i> sp3. | O | 1,9 |
| <i>Textularia</i> sp4. | O | 1,9 |
| <i>Trifarina</i> sp. | S | 1,2,4,8 |
| <i>Triloculina carinata</i> | O | 1,3,5,8 |
| <i>Triloculina</i> sp1. | O | 1,3,5,8 |
| <i>Triloculina</i> sp2. | O | 1,3,5,8 |
| <i>Triloculina trigonula</i> | O | 1,3,5,8 |
| <i>Tritaxilina hantkeni</i> | D | 7 |
| <i>Vaginulina</i> sp. | S | 5 |

5. táblázat: A bentosz foraminiferák osztályozása oxikus (O), szuboxikus (S) és dizoxikus (D) kategóriákba és a hozzá tartozó hivatkozások listája (1-15-ig számozva).

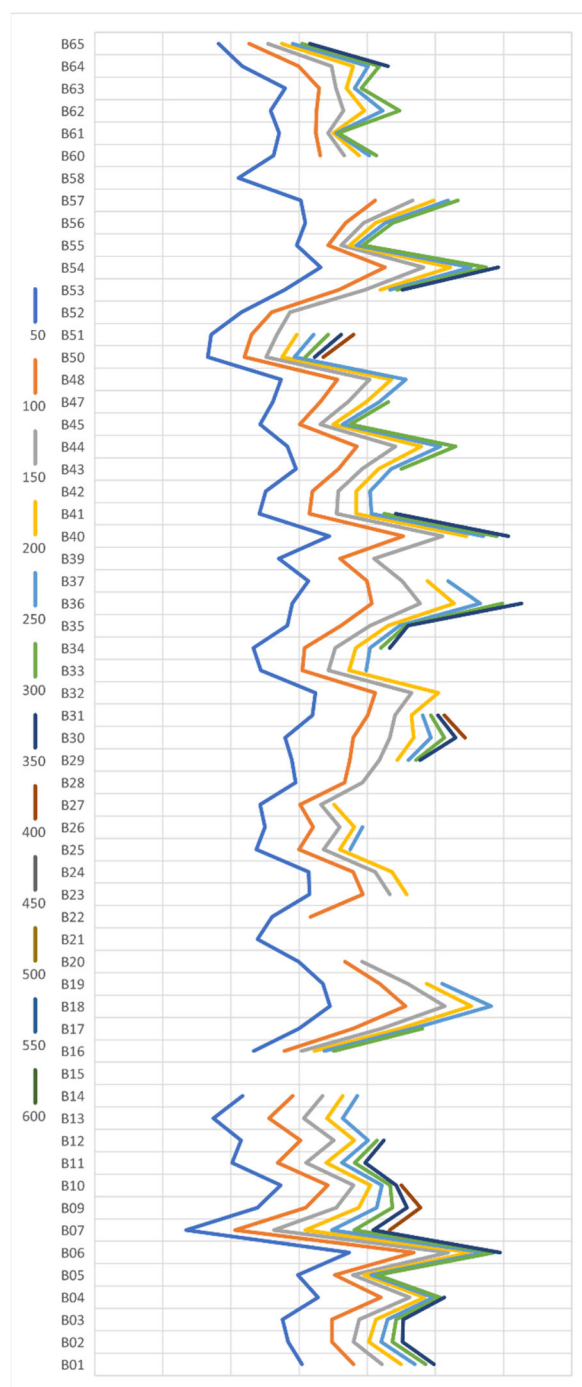
| Százalékok | A2 | | | | A3 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | | % | | | | |
|------------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|---------------|------------|---------------|------------|--------|
| | A1 | A2-a | A2-b | A2-c | | | | | | | | | | | | | Agglutináltak | Mészvázúak | Agglutináltak | Mészvázúak | |
| B01 | 0.00 | 2.39 | 1.74 | 1.96 | 0.00 | 10.22 | 2.17 | 1.30 | 0.00 | 45.43 | 0.65 | 26.52 | 1.52 | 5.43 | 0.65 | 100.00 | B01 | 28 | 432 | 6.09 | 93.91 |
| B02 | 0.00 | 0.57 | 2.87 | 0.29 | 0.00 | 0.00 | 14.94 | 10.34 | 1.44 | 45.69 | 4.31 | 12.93 | 0.29 | 6.32 | 0.00 | 100.00 | B02 | 13 | 335 | 3.74 | 96.26 |
| B03 | 0.00 | 1.71 | 3.13 | 0.85 | 0.00 | 0.00 | 13.11 | 15.38 | 1.14 | 51.28 | 2.28 | 7.98 | 0.28 | 2.85 | 0.00 | 100.00 | B03 | 20 | 331 | 5.70 | 94.30 |
| B04 | 0.00 | 1.98 | 0.00 | 2.72 | 0.00 | 4.95 | 8.91 | 8.66 | 1.49 | 52.72 | 3.22 | 9.90 | 1.98 | 3.47 | 0.00 | 100.00 | B04 | 19 | 385 | 4.70 | 95.30 |
| B05 | 0.00 | 3.49 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.67 | 3.81 | 0.00 | 48.89 | 6.67 | 18.41 | 2.54 | 4.44 | 0.32 | 100.00 | B05 | 26 | 289 | 8.25 | 91.75 |
| B06 | 0.00 | 5.38 | 5.38 | 3.76 | 0.00 | 1.08 | 7.80 | 8.60 | 0.00 | 24.73 | 3.76 | 32.80 | 3.23 | 3.49 | 0.00 | 100.00 | B06 | 54 | 318 | 14.52 | 85.48 |
| B07 | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.33 | 0.00 | 0.17 | 0.33 | 1.51 | 0.00 | 92.14 | 0.17 | 3.18 | 0.17 | 0.67 | 0.33 | 100.00 | B07 | 8 | 590 | 1.34 | 98.66 |
| B09 | 0.00 | 10.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 73.30 | 1.51 | 12.34 | 0.00 | 1.76 | 0.00 | 100.00 | B09 | 41 | 356 | 10.33 | 89.67 |
| B10 | 0.00 | 6.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.11 | 1.11 | 0.00 | 65.85 | 0.89 | 18.63 | 3.55 | 2.22 | 0.00 | 100.00 | B10 | 30 | 421 | 6.65 | 93.35 |
| B11 | 0.00 | 11.59 | 0.00 | 0.58 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.29 | 0.00 | 79.71 | 2.03 | 2.90 | 0.58 | 2.03 | 0.29 | 100.00 | B11 | 42 | 303 | 12.17 | 87.83 |
| B12 | 0.00 | 3.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.86 | 0.00 | 0.43 | 0.00 | 83.44 | 1.08 | 8.60 | 0.43 | 1.29 | 0.00 | 100.00 | B12 | 18 | 447 | 3.87 | 96.13 |
| B13 | 0.00 | 2.74 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.00 | 89.73 | 1.37 | 3.77 | 0.00 | 1.71 | 0.00 | 100.00 | B13 | 8 | 284 | 2.74 | 97.26 |
| B14 | 0.00 | 3.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.59 | 0.59 | 0.00 | 0.00 | 77.06 | 1.18 | 13.92 | 0.59 | 2.94 | 0.00 | 100.00 | B14 | 16 | 494 | 3.14 | 96.86 |
| B15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 72.22 | 0.00 | 19.44 | 0.00 | 2.78 | 5.56 | 100.00 | B15 | 0 | 36 | 0.00 | 100.00 |
| B16 | 0.00 | 3.08 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 3.08 | 0.62 | 0.00 | 61.54 | 1.54 | 28.00 | 0.00 | 1.54 | 0.00 | 100.00 | B16 | 11 | 314 | 3.38 | 96.62 |
| B17 | 0.00 | 0.98 | 4.90 | 4.71 | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 3.33 | 0.00 | 71.37 | 3.53 | 3.33 | 0.20 | 6.27 | 0.39 | 100.00 | B17 | 54 | 456 | 10.59 | 89.41 |
| B18 | 0.00 | 0.70 | 1.74 | 2.79 | 0.00 | 0.00 | 1.74 | 4.18 | 0.00 | 65.16 | 4.88 | 14.29 | 0.35 | 4.18 | 0.00 | 100.00 | B18 | 15 | 272 | 5.23 | 94.77 |
| B19 | 0.00 | 9.01 | 1.86 | 1.86 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.48 | 0.62 | 57.76 | 3.11 | 18.63 | 0.00 | 4.35 | 0.31 | 100.00 | B19 | 41 | 281 | 12.73 | 87.27 |
| B20 | 0.00 | 2.81 | 2.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 0.00 | 63.48 | 3.93 | 22.47 | 0.00 | 4.49 | 0.00 | 100.00 | B20 | 9 | 169 | 5.06 | 94.94 |
| B21 | 0.00 | 7.14 | 1.19 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 41.67 | 0.00 | 45.24 | 0.00 | 3.57 | 0.00 | 100.00 | B21 | 7 | 77 | 8.33 | 91.67 |
| B22 | 0.00 | 6.20 | 1.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 51.16 | 3.88 | 37.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | B22 | 10 | 119 | 7.75 | 92.25 |
| B23 | 0.00 | 10.78 | 13.36 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.82 | 0.65 | 53.66 | 1.94 | 11.21 | 0.00 | 2.16 | 0.00 | 100.00 | B23 | 114 | 350 | 24.57 | 75.43 |
| B24 | 0.00 | 28.08 | 11.33 | 0.49 | 0.00 | 1.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 31.03 | 0.99 | 24.14 | 0.00 | 1.97 | 0.00 | 100.00 | B24 | 81 | 122 | 39.90 | 60.10 |
| B25 | 0.00 | 21.04 | 3.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.98 | 0.50 | 67.33 | 0.99 | 0.00 | 0.00 | 4.21 | 0.00 | 100.00 | B25 | 101 | 303 | 25.00 | 75.00 |
| B26 | 0.00 | 13.06 | 8.93 | 0.00 | 0.00 | 1.37 | 0.00 | 1.03 | 0.00 | 69.42 | 2.41 | 1.03 | 0.00 | 2.75 | 0.00 | 100.00 | B26 | 64 | 227 | 21.99 | 78.01 |
| B27 | 0.00 | 4.23 | 10.80 | 0.00 | 0.00 | 3.29 | 0.00 | 1.88 | 0.00 | 59.62 | 0.94 | 15.49 | 0.00 | 3.29 | 0.47 | 100.00 | B27 | 32 | 181 | 15.02 | 84.98 |
| B28 | 0.00 | 1.74 | 4.07 | 0.00 | 0.00 | 2.91 | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 53.49 | 0.58 | 19.19 | 0.00 | 16.86 | 0.00 | 100.00 | B28 | 10 | 162 | 5.81 | 94.19 |
| B29 | 0.00 | 9.30 | 4.79 | 0.00 | 0.00 | 2.82 | 0.00 | 3.66 | 0.00 | 63.66 | 1.41 | 7.32 | 0.56 | 6.48 | 0.00 | 100.00 | B29 | 50 | 305 | 14.08 | 85.92 |
| B30 | 0.00 | 6.54 | 2.65 | 0.00 | 0.00 | 2.30 | 0.18 | 3.18 | 0.00 | 69.26 | 3.00 | 6.36 | 0.35 | 6.18 | 0.00 | 100.00 | B30 | 52 | 514 | 9.19 | 90.81 |
| B31 | 0.00 | 4.09 | 8.17 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 1.92 | 0.00 | 45.43 | 2.40 | 30.53 | 0.48 | 6.73 | 0.00 | 100.00 | B31 | 51 | 365 | 12.26 | 87.74 |
| B32 | 0.00 | 2.42 | 5.31 | 0.00 | 0.00 | 0.97 | 0.00 | 0.97 | 0.00 | 57.49 | 1.93 | 19.81 | 0.00 | 9.66 | 1.45 | 100.00 | B32 | 16 | 191 | 7.73 | 92.27 |
| B33 | 0.00 | 8.96 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 66.79 | 5.22 | 5.97 | 0.00 | 12.31 | 0.00 | 100.00 | B33 | 25 | 243 | 9.33 | 90.67 |
| B34 | 0.00 | 8.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.24 | 0.00 | 3.11 | 0.00 | 80.29 | 2.49 | 2.28 | 0.00 | 2.07 | 0.00 | 100.00 | B34 | 41 | 441 | 8.51 | 91.49 |
| B35 | 0.60 | 1.81 | 4.83 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.42 | 0.60 | 0.00 | 65.86 | 7.25 | 12.39 | 1.21 | 3.02 | 0.00 | 100.00 | B35 | 24 | 307 | 7.25 | 92.75 |
| B36 | 0.24 | 9.03 | 1.19 | 1.43 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 2.38 | 0.24 | 73.40 | 4.51 | 4.28 | 0.48 | 2.38 | 0.00 | 100.00 | B36 | 50 | 371 | 11.88 | 88.12 |
| B37 | 0.45 | 9.87 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.35 | 0.45 | 0.45 | 0.00 | 57.85 | 2.69 | 15.25 | 0.90 | 10.76 | 0.00 | 100.00 | B37 | 23 | 200 | 10.31 | 89.69 |
| B39 | 0.00 | 16.56 | 0.61 | 0.00 | 0.00 | 0.61 | 2.45 | 0.00 | 0.00 | 26.38 | 1.84 | 7.36 | 0.00 | 44.17 | 0.00 | 100.00 | B39 | 28 | 135 | 17.18 | 82.82 |
| B40 | 0.53 | 2.92 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 4.24 | 3.45 | 0.00 | 63.40 | 8.49 | 6.37 | 0.00 | 9.81 | 0.00 | 100.00 | B40 | 13 | 364 | 3.45 | 96.55 |
| B41 | 0.00 | 0.25 | 1.27 | 0.00 | 0.00 | 3.29 | 0.00 | 1.27 | 0.00 | 71.14 | 5.82 | 14.18 | 0.00 | 2.28 | 0.51 | 100.00 | B41 | 6 | 389 | 1.52 | 98.48 |
| B42 | 0.00 | 0.35 | 6.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 54.20 | 5.24 | 30.07 | 0.35 | 2.80 | 0.00 | 100.00 | B42 | 21 | 265 | 7.34 | 92.66 |
| B43 | 0.32 | 0.00 | 4.84 | 0.00 | 0.00 | 1.61 | 2.58 | 0.00 | 0.00 | 30.97 | 4.84 | 38.06 | 2.26 | 14.52 | 0.00 | 100.00 | B43 | 16 | 294 | 5.16 | 94.84 |
| B44 | 0.00 | 11.14 | 0.26 | 1.30 | 0.00 | 0.26 | 0.52 | 0.26 | 0.00 | 58.29 | 6.99 | 10.88 | 1.30 | 8.81 | 0.00 | 100.00 | B44 | 49 | 337 | 12.69 | 87.31 |
| B45 | 0.00 | 7.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 59.94 | 4.59 | 19.27 | 1.22 | 7.65 | 0.00 | 100.00 | B45 | 24 | 303 | 7.34 | 92.66 |
| B47 | 0.00 | 1.80 | 0.00 | 5.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.30 | 0.00 | 41.92 | 5.99 | 38.62 | 1.20 | 4.19 | 0.00 | 100.00 | B47 | 26 | 308 | 7.78 | 92.22 |
| B48 | 0.00 | 4.62 | 0.38 | 3.08 | 0.00 | 1.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 50.77 | 6.15 | 28.85 | 0.77 | 3.85 | 0.38 | 100.00 | B48 | 21 | 239 | 8.08 | 91.92 |
| B50 | 0.00 | 2.39 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 68.74 | 5.49 | 20.05 | 0.72 | 2.39 | 0.00 | 100.00 | B50 | 11 | 408 | 2.63 | 97.37 |
| B51 | 0.00 | 3.52 | 0.00 | 3.08 | 0.00 | 0.00 | 0.22 | 0.22 | 0.00 | 71.21 | 8.13 | 11.65 | 0.66 | 1.32 | 0.00 | 100.00 | B51 | 30 | 425 | 6.59 | 93.41 |
| B52 | 0.00 | 21.74 | 1.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 39.13 | 4.89 | 25.54 | 1.09 | 5.98 | 0.54 | 100.00 | B52 | 42 | 142 | 22.83 | 77.17 |
| B53 | 0.00 | 3.93 | 2.95 | 1.47 | 0.00 | 1.47 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 55.28 | 4.67 | 24.32 | 0.49 | 5.16 | 0.00 | 100.00 | B53 | 34 | 373 | 8.35 | 91.65 |
| B54 | 0.00 | 9.26 | 8.47 | 1.59 | 0.00 | 2.12 | 0.26 | 0.00 | 0.00 | 23.54 | 6.35 | 36.51 | 0.26 | 11.64 | 0.00 | 100.00 | B54 | 73 | 305 | 19.31 | 80.69 |
| B55 | 0.00 | 12.20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 21.13 | 6.25 | 43.15 | 3.27 | 13.10 | 0.00 | 100.00 | B55 | 41 | 295 | 12.20 | 87.80 |
| B56 | 0.00 | 7.44 | 2.91 | 2.91 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.60 | 4.53 | 41.10 | 0.00 | 5.18 | 0.00 | 100.00 | B56 | 41 | 268 | 13.27 | 86.73 |
| B57 | 0.00 | 5.65 | 3.29 | 0.00 | 0.00 | 0.94 | 0.00 | 0.24 | 0.24 | 57.65 | 1.88 | 25.88 | 2.35 | 1.88 | 0.00 | 100.00 | B57 | 38 | 387 | 8.94 | 91.06 |
| B58 | 0.00 | 6.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 0.00 | 69.88 | | | | | | | | | | | |



A1. ábra: Morfocsoportok százalékos eloszlásának ábrázolása a mintákban a rétegsor mentén

| | Epifauna | Infauna | Százalékok | Epifauna | Infauna |
|-------|----------|---------|------------|----------|---------|
| B01 | 350 | 110 | B01 | 76.09 | 23.91 |
| B02 | 312 | 36 | B02 | 89.66 | 10.34 |
| B03 | 320 | 31 | B03 | 91.17 | 8.83 |
| B04 | 343 | 61 | B04 | 84.90 | 15.10 |
| B05 | 266 | 49 | B05 | 84.44 | 15.56 |
| B06 | 289 | 83 | B06 | 77.69 | 22.31 |
| B07 | 582 | 16 | B07 | 97.32 | 2.68 |
| B09 | 348 | 49 | B09 | 87.66 | 12.34 |
| B10 | 395 | 56 | B10 | 87.58 | 12.42 |
| B11 | 293 | 52 | B11 | 84.93 | 15.07 |
| B12 | 435 | 30 | B12 | 93.55 | 6.45 |
| B13 | 279 | 13 | B13 | 95.55 | 4.45 |
| B14 | 473 | 37 | B14 | 92.75 | 7.25 |
| B15 | 33 | 3 | B15 | 91.67 | 8.33 |
| B16 | 308 | 17 | B16 | 94.77 | 5.23 |
| B17 | 421 | 89 | B17 | 82.55 | 17.45 |
| B18 | 259 | 28 | B18 | 90.24 | 9.76 |
| B19 | 266 | 56 | B19 | 82.61 | 17.39 |
| B20 | 161 | 17 | B20 | 90.45 | 9.55 |
| B21 | 73 | 11 | B21 | 86.90 | 13.10 |
| B22 | 119 | 10 | B22 | 92.25 | 7.75 |
| B23 | 340 | 124 | B23 | 73.28 | 26.72 |
| B24 | 114 | 89 | B24 | 56.16 | 43.84 |
| B25 | 286 | 118 | B25 | 70.79 | 29.21 |
| B26 | 215 | 76 | B26 | 73.88 | 26.12 |
| B27 | 166 | 47 | B27 | 77.93 | 22.07 |
| B28 | 128 | 44 | B28 | 74.42 | 25.58 |
| B29 | 270 | 85 | B29 | 76.06 | 23.94 |
| B30 | 464 | 102 | B30 | 81.98 | 18.02 |
| B31 | 334 | 82 | B31 | 80.29 | 19.71 |
| B32 | 166 | 41 | B32 | 80.19 | 19.81 |
| B33 | 209 | 59 | B33 | 77.99 | 22.01 |
| B34 | 425 | 57 | B34 | 88.17 | 11.83 |
| B35 | 295 | 36 | B35 | 89.12 | 10.88 |
| B36 | 360 | 61 | B36 | 85.51 | 14.49 |
| B37 | 172 | 51 | B37 | 77.13 | 22.87 |
| B39 | 62 | 101 | B39 | 38.04 | 61.96 |
| B40 | 326 | 51 | B40 | 86.47 | 13.53 |
| B41 | 365 | 30 | B41 | 92.41 | 7.59 |
| B42 | 256 | 30 | B42 | 89.51 | 10.49 |
| B43 | 238 | 72 | B43 | 76.77 | 23.23 |
| B44 | 297 | 89 | B44 | 76.94 | 23.06 |
| B45 | 274 | 53 | B45 | 83.79 | 16.21 |
| B47 | 290 | 44 | B47 | 86.83 | 13.17 |
| B48 | 223 | 37 | B48 | 85.77 | 14.23 |
| B50 | 395 | 24 | B50 | 94.27 | 5.73 |
| B51 | 416 | 39 | B51 | 91.43 | 8.57 |
| B52 | 128 | 56 | B52 | 69.57 | 30.43 |
| B53 | 344 | 63 | B53 | 84.52 | 15.48 |
| B54 | 252 | 126 | B54 | 66.67 | 33.33 |
| B55 | 237 | 99 | B55 | 70.54 | 29.46 |
| B56 | 251 | 58 | B56 | 81.23 | 18.77 |
| B57 | 365 | 60 | B57 | 85.88 | 14.12 |
| B58 | 75 | 8 | B58 | 90.36 | 9.64 |
| B60 | 253 | 94 | B60 | 72.91 | 27.09 |
| B61 | 263 | 68 | B61 | 79.46 | 20.54 |
| B62 | 369 | 48 | B62 | 88.49 | 11.51 |
| B63 | 294 | 47 | B63 | 86.22 | 13.78 |
| B64 | 371 | 19 | B64 | 95.13 | 4.87 |
| B65 | 564 | 61 | B65 | 90.24 | 9.76 |
| TOTAL | 17177 | 3303 | TOTAL | 83.87 | 16.13 |

7. táblázat: Epi- és infaunális életmódú egyedek száma és százalékos aránya a mintákban



A2.ábra: A minták szűrése alapjául szolgáló ábra, amely minták nem érik el a 150 darabos egyedszámot, azok nem voltak számításba véve az adatelemzésnél

NYILATKOZAT

Név: Kicsi Anna Réka

ELTE Természettudományi Kar, szak: Geológia mesterszak

NEPTUN azonosító: BAQUDN

Diplomamunka címe:

Az eocén-oligocén átmenet az Erdélyi-medencében foraminifera vizsgálatok alapján

A **diplomamunka** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló szellemi alkotásom, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 2023.05.29.



a hallgató aláírása