

A fosszilis édesvízi Ostracodák határozásának nehézségei

Készítette: Bóni Zoltán

Msc, II. évfolyam

TDK pályamunka

Témavezető: Dr. Gulyás Sándor egyetemi adjunktus

**Szegedi Tudományegyetem, TTIK, Földrajzi és Földtudományi Intézet,
Földtani és Őslénytani Tanszék**



Szeged, 2022.04.19.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	2
2. Az Ostracodákról	3
3. Az Ostracoda héj részei	4
4. Fosszilis és recens Ostracoda anyag feldolgozásának általános menete	5
4.1 Mintázás, mintaelőkészítés	5
4.2 Mikroszkópos vizsgálat alapjai	7
4.3 Kiegészítő módszerek	10
4.3.1 Pásztázó elektron mikroszkópos (SEM) vizsgálat	10
4.3.2 Morfometriai vizsgálatok	11
5. Az általam alkalmazott protokoll.....	12
5.1 Mintaelőkészítés.....	12
5.2 A határozás menete	14
6. A határozás nehézségei	16
Konklúzió	22

1. Bevezetés

Az Ostracodák igen gyakoriak a fosszilis ízeltlábúak körében (DAVID és DAVID, 2016), ami a meszesedett páncél rendkívül jó fosszilizációs képességére vezethető vissza. Mivel a ma élő taxonok környezeti tényezőktől függő elterjedése a fajoként is eltérő toleranciatartományra vezethető vissza, ezért a környezeti hatásokra adott érzékeny válaszaik alapján kiváló bioindikátorok. Az aktualizmus elvét alkalmazva nincs okunk feltételezni, hogy másképp lenne ez a történelem előtti időkben. Nem meglepő tehát, hogy az ökológusok, természetvédelmi szakemberek számos célból gyűjtik őket – paleokörnyezeti, paleoökológiai elemzések, közetsorok korrelációjához, környezeti rekonstrukcióhoz, taxonómiai és evolúciós tanulmányokhoz, stb. (DAVID és DAVID, 2016) - érzékenységet kihasználva éppen úgy, mint a mikropaleontológiával foglalkozó szakemberek. A kagylósrákokat számos abiotikus faktor változása érzékenyen érint, ezek a következők: sótartalom, vízhőmérséklet, pH, vízmélység, oldott oxigéntartalom, ionösszetétel, áramlási sebesség, víztest állandósága. Nincs ez másképp a biotikus tényezőkkel sem, amik a növényzet, táplálék rendelkezésre állása, predációs nyomás, kompetíció, parazitizmus. A felsoroltak mind hatással vannak a szaporodási stratégiájukra, növekedésükre, eloszlásukra és az egyedszámukra (abundancia). A múlt vizes élőhelyeinek hidrokémiájának megismerésére a kagylósrákokon számos vizsgálati módszer hajtható végre. Ilyen az oxigén- és szénizotóp jellemzői, vagy a páncél morfológiai vizsgálatai stb. (GABRIELA et. al., 2020).

A kagylósrákok más rákfélékkel ellentétben még mindig viszonylag alulkutatottnak számítanak, ennek pedig több oka van. Az egyik, hogy az állatok pontos meghatározása időigényes, s teljes boncolást igényel, ami mindenképp szakemberhez kötött, hiszen a folyamat elsajátítása rengeteg időt igénybe vehet (KOEN és FRANCIS, 1994). A mikropaleontológusnak ennél nehezebb dolga van, mivel csak a jól fosszilizálódó héj áll rendelkezésére. A határozás tehát nehéz, de mi a helyzet az írásos anyaggal? A 2000-es évek előtt az Ostracodákkal foglalkozó szakember nem igazán találhatott könyveket, szakirodalmat, ami segíthetett volna az azonosítás fáradtságos munkájában. Határozókulcsok ugyan léteztek, de a taxonómia azóta sokat változott, így az idő elavulttá tette őket. Noha még a probléma napjainkban is jelen van, de az ezredfordulóban és azon túl már születtek az édesvízi Ostracodákkal foglalkozó összefoglaló munkák. Ilyen, szinte alaplátnak számít CLAUDE MEISCH 2000-ben kiadott „Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe” tekintélyes terjedelmű munkája, vagy IVANA KARANOVIC 2012-ben megjelent „Recent Freshwater Ostracods of the World: Crustacea, Ostracoda, Podocopida” könyve. Azonban azt hozzá kell tenni, hogy még ezek a kiváló leírások is a ma élő taxonokkal foglalkoznak, a fosszilis anyag pontos azonosítása továbbra is segítségért kiált. Magyar nyelven pedig a FARKAS HENRIK által 1957-ben íródott „Magyarország állatvilága, Fauna Hungarie, IV. kötet, 3. füzet: Kagylósrákok – Ostracoda” mű, amit érdemes kiemelni.

Dolgozatomban a fosszilis édesvízi Ostracodák a határozás módszereit és nehézségeit tekintem át és az általam szerzett tapasztalatok alapján megpróbálom felvázolni egy előzetes határozási protokollt.

2. Az Ostracodákról

Az Ostracodák osztálya kicsiny (COHEN et. al., 2007 pontosításra szorul), meszesedett, két héjből álló páncéllal rendelkező rákfélék (DAVID ÉS DAVID, 2016) (GABRIELA et. al., 2020), amik hosszúsága átlagosan körülbelül 1 mm, bár ennek meghatározása szerzőtől függően változhat. Valahol 0,2-2 (COHEN et. al., 2007); 0,5-2 mm-es intervallumot adnak meg (ROGER et. al., 1998), de a tengeri Myodocopáknál már 1-32 mm-ig változhat, héjuk vastagsága 20-60 μm (ANDREW et. al., 2021). A páncél az Ostracodák teljes testét befedi, védik. Sikerességük ékes bizonyítéka, hogy előfordulásuk széleskörű, világszerte éppúgy megtalálhatók az édes, mint a sós vizekben, intersticiális és félig szárazföldi területeken (KOEN és FRANCIS, 1994), az árapály zónától a mélytengerekig akár 7000 méteres mélységig, torkolatokban, mocsarakban, trópusi korallzátonyok ökoszisztémáiban, stb. (COHEN et. al., 2007).

Életmódjukra leggyakrabban a bentikus életforma a jellemző (ANDREW et. al., 2021) (ROGER et. al., 1998), leggyakrabban az üledékben 1 cm-es mélységben, vagy annak felszínén, sziklákon, növényeken találhatók, a nyílt óceánra már kevésbé jellemzőek. Táplálkozásukat tekintve lehetnek detritivorok, dögevők, ragadozók, növényevők, vagy akár paraziták is. Általánosságban a szuszpenziós anyagot fogyasztják. Azonban ők maguk is sok más élőlénynek szolgálnak táplálékkul, mint például a halaknak, azonban a biotikus kapcsolataik más, főleg gerinctelen fajokkal meglehetősen alulkutatottak (ANDREW et. al., 2021).

A bentikus, vagy a nyílt tengeri életmód egyik velejárója, hogy az állatok folyamatosan ki vannak téve az üledék nyomásának, a ragadozásnak, vagy a lebegő részecskékkel való ütközésnek, amelyek változó sebességgel képesek mozogni. Ebből következően a páncélnak hatékony védelmet kell nyújtania a felsoroltakkal szemben (ANDREW et. al., 2021). A védekezésnek azonban nem ez az egyetlen módja. Számos *Myodocopid* és *Halociprid* fajról tudjuk, hogy a ragadozók elriasztására biolumineszcenciát alkalmaznak, vagyis a különböző mirigyeikben luciferin és luciferáz termelődik, aminek a segítségével fényt képesek előállítani (COHEN et. al., 2007).

Diverzitásukról COHEN és társai 2007-ben a következőket írták: A diverzitás az élőhelytől, illetve a különböző fajok toleranciaképességétől függően változik, hiszen a nem egyforma bitópok eltérő környezeti adottságokkal bírnak. Fajgazdagságban a magasabb szélességi körök vizes élőhelyei, illetve a fokozott stresszfaktorral rendelkező élőhelyek, mint a sós tavak, parti mocsarak, stb., alig néhány fajjal képviseltetik magukat, ezzel szemben a korrallzátonyok vagy a mélytengerek már több 100 fajt is rejthetnek magukban. A part menti zónák szintén magas fajszámmal kecsegtethetnek, bár ez sem tipikus. A különböző anchihalín víztestek, medencék haloklin rétegei felett számos *Cyprididae* sótűrő faj található meg az életfeltételeit. Az Ostracodákkal foglalkozó szakembernek érdemes görcső alá vennie a különböző növények levelei között megtartott vizet (telma), valamint a talajhoz közeli nedves avart, ahol igen különleges és ritka „félszárazföldi” fajok is megbújhatnak. Azonban ezek az adatok nem feltétlenül reprezentatívak, kellően megbízhatóak. Ugyanis fontos megemlíteni, hogy az eddig megállapított fajgazdagságot erősen árnyalja a különböző élőhelyek kutatottságának mértéke. Ennek jó példája, hogy Ostracodák szempontjából Észak-Amerika akkréciós partjait sokkal intenzívebben kutatták, mint Kalifornia eróziós partjainak faunáját.

Kiváló fosszilizálódási képességgel rendelkeznek, ennek eredményeként tudjuk, hogy már több mint 500 millió éve élnek a Földön (tengeri környezetben az ordovíciumtól, azon kívül legalább a karbontól (DAVID és DAVID, 2016)), s napjainkig is fennmaradtak (GENGO et. al., 2019). Az ízeltlábúak közül a legjobb fossziliáknak számítanak (COHEN et. al., 2007), de jelentőségük a paleontológusok, pontosabban a paleoökológusok körében éppoly nagy, mint

a modern szaporodásbiológiával foglalkozók között. A jó megtartóképességnek az oka a páncél alacsony magnézium-kalcit tartalma (GABRIELA et. al., 2020), ezért az elhalt állatok maradványai bőségesen állnak rendelkezésre mind a fiatal, mind az idősebb üledékekben (COHEN et. al., 2007). Példának okáért, az édesvízi fajok különösen érdekesek lehetnek (*Cypridoidea*, *Cytheroidea*, *Darwinuloidea*), mivel számos, egymástól függetlenül kialakult ivartalan szaporodási mód látható a különböző csoportjaikban. Ezek a leszármazási vonalak egymástól külön alakultak ki már 350 millió éve, ezért a különböző evolúciós stratégiák kialakulására rengeteg idő állt rendelkezésre (ROGER et. al., 1998).

Ma élő fajok számát közel 25 000-re becsülik, s nagyságrendileg mintegy 12 000 fajt írtak eddig le, de ez a szám a kutatások előrehaladásával a későbbiekben folyamatosan bővül. A tengeri és az édesvízi fajok száma között jelentős eltérés van. Előbbiekből eddig 3 000 fajt azonosítottak, ebből következően a tengeriek jóval számosabbak, 9 000-t írtak le eddig (COHEN et. al., 2007).

3. Az Ostracoda héj részei

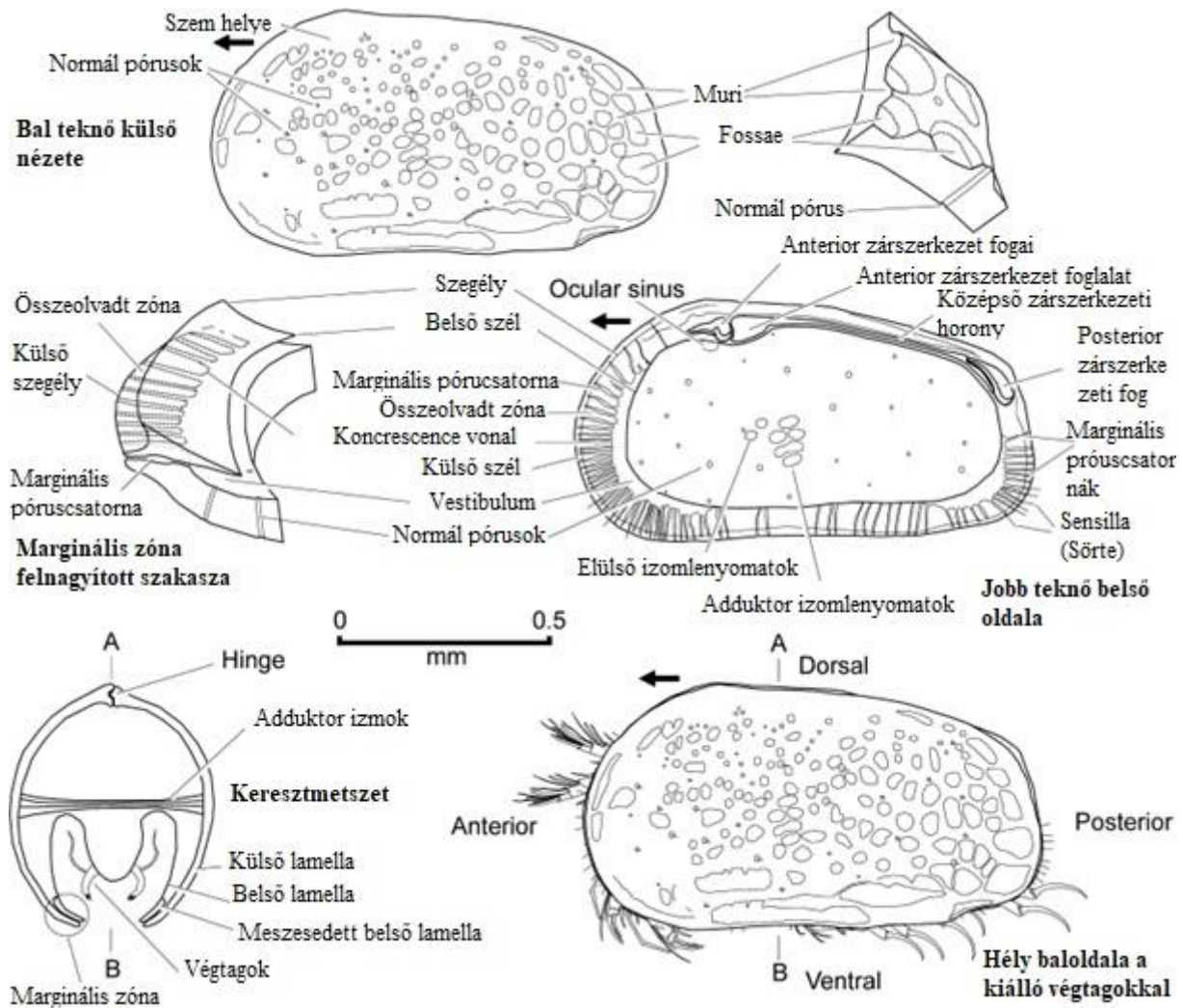
Mivel a lágy részek csak kivételes esetben maradnak fenn, ezért az esetek döntő többségében a mikropaleontológus kénytelen beérni a „keménye részekkel”, ami maga a héj. Az elkövetkezendőkben a héj részeinek bemutatására teszek kísérletet COHEN ANNE és társai 2007-ben, illetve FARKAS HENRIK 1957-ben megjelent munkája alapján, amik kielégítő módon összefoglalják a legfontosabb tudnivalókat.

Az Ostracodák két teknőből álló héja rejti az állatok lágyabb testrészeit, amibe a végtagjaikat képesek visszahúzni (1. ábra). A héj tulajdonképpen az állat testének elülső oldaláról eredő bőrkettőzet, ami egy külső és egy belső lemezből áll. A külső rész szilárdságát mészsók okozzák, ezzel ellentétben a belső teknőlemeznek csupán egy keskeny, a külső résszel összeolvadt szegélye meszesedik el. Ennek eredménye egy (általában) jól látható összeolvadási vonal. Összeolvadási övnek nevezzük azt az összeolvadási szegélyt, amely a külső és belső rész összeolvadásából jön létre, s az összeolvadási vonaltól a héj pereméig terjed. Az el nem meszesedett rész egy belső peremvonal segítségével különböztethető meg az elmeszesedett szegélytől. A két teknőlemez össze nem olvadt része egyfajta üreget hoz létre, amiben például a *Cypridae* család egyes képviselőinél a két nem szaporodáshoz köthető szervei találhatók.

A héj képes ellenállni a környezeti körülményeknek, s védelmet nyújt a ragadozók ellen. Kutatók beszámoltak arról is, hogy az őket predáló halak bélrendszerében a kagylósrák képesek túlélni, s azon keresztül sértetlenül távozni. Ezt a hatékony védelmi eszközt a központi adduktor izmok képesek zárni, kiegészítő nyitó izmuk létezéséről ellenben nem tudunk, így azt a két oldal közötti kapcsolatot biztosító rugalmas szalag működésével, vagy a különböző függelékek „lökődésével” oldják meg. A dorsális rész egy rövid szakaszán található az úgynevezett zárszerkezet, s itt a hátoldal két része kiemelkedésekkel és vályúszerű bemélyedésekkel illenek egymásba.

A héj felülete lehet sima, vagy erősen díszített, de ez taxontól függően változó. Növekedésük során többször vedlenek – mivel a meszesedés miatt a teknők nem növekedhetnek - (általában 5-8 szakasz), ezért nincsenek növekedési vonalaik. Számos kicsiny, érzékelő szervvel rendelkeznek, amelyek úgynevezett normál poruscsatornákon keresztül lyukasztják át a páncélt. A meszes réteg csőszerűen öleli körbe a serte alapi részét, ezért likacscsatornának is nevezik őket. A páncélszerkezet ökofenotípusos variabilitása igen változatos lehet a partmenti övezetben, például a podocopid csoport populációiban. A héjak külső része (exoskeleton) egy merevebb részből, s egy rugalmasabb kutikuláris kültakaróból áll. A belső rész (endoskeleton)

kitines szkleritek laza csoportosulása. Nincs lárvastádiumuk és metamorfózisuk, a kikelt lárvák hasonlítanak az adult egyedekre, de héjaik kevésbé meszesedettek, mint felnőtt társaiké. Ivari dimorfizmus jellemzi őket. A héj részletei – például a héj szélén lévő határozó bélyegek -, az elsődleges és másodlagos szexuális jegyek életük későbbi szakaszaiban válnak határozottabbá, s csak kifejelettként nyerik el a végleges formáikat. Ennek oka a már korábban említett vedlési stádiumok. Mivel a juvenilis példányokat nehéz azonosítani (adott esetben egyáltalán nem is lehetséges), ezért a vizsgálatoknál törekedni kell a minél magasabb egyedszámra, lehetőleg a teljes növekedési sorozattal, valamint nőtény és hím imágók begyűjtésére. Fajtól függően a nemeket könnyebb, vagy nehezebb megkülönböztetni, de nem nélkülözhető a határozáshoz (COHEN et. al., 2007).



1. ábra Ezen az ábrán a legfontosabb részekon kívül számos egyéb részlet is látható, DAVID és DAVID (2016) után

4. Fosszilis és recens Ostracoda anyag feldolgozásának általános menete

4.1 Mintázás, mintaelőkészítés

DAVID és DAVID 2016-BAN a következőképpen értekeznek a témáról: A kagylósrákok vizsgálata minden esetben mikroszkóppal történik. Ehhez viszont elő kell készíteni a mintákat.

Terepi anyaggyűjtés az üledék, vagy kőzetminták gyűjtését takarja. Ezután laboratóriumi körülmények között a mintákat (ha szükséges) óvatosan feldarabolják, vizes iszapolással kinyerik (CSOMA, 2017), vagy különböző lyukbősséggel szítálják. Értelemszerűen, hogy megkapjuk a milliméteres nagyságrendű maradványokat rendkívül kis lyukbősségű szita szükséges. Ezt követően a kapott fossziliák mikroszkóposan vizsgálhatóak.

Alapvetően a legjobb megőrzésű és állapotú anyagot a rendkívül finomszemű litológiák, így az agyagok, márgák, palák adják. Ennek fontosságára a homok példája szolgálhat, ugyanis a homokból az apró fossziliák könnyebben kimosódhatnak. A mészkövek ugyan gazdag fosszilis anyaggal rendelkezhetnek, de a kalcium-karbonát anyagú héjak kiszabadítása igen kényes és nehézkes folyamat, ráadásul a jobb és bal oldali teknők szétválasztása jóval nehezebb, vékony metszetekben pedig szinte lehetetlen az identifikációjuk. Rendkívül ritka esetben előfordulhat (inkább csak a néhány ezeréves, holocén korú üledékekben), hogy a páncélzat néhány lágy részt megőriz. Ezek főleg az erősebben szklerotizált, megkeményedett nyúlványok. Ilyenek például a lábak, az antennuláris függelékek. Ezekben az esetekben is fokozott figyelemmel kell eljárni a vizsgálatok során. Még ritkább eset, amikor ennél régebbi időkből kerülnek elő megkövesedett lágyrészekkel rendelkező példányok. Egy antarktiszi miocén tavi üledékből nyert minta éppen ilyen, ahol is az egykor élt élőlények piritben és goetitben konzerválódtak.

A finomszemű agyagok, palák kisebb darabjait kemencében 60 °C-on szárítják, ezután forró vizet öntenek hozzá, s több órán át áztatják. Ezt követően nedves szítalással eltávolítjuk az üledékszemcséket. A kis lyukméret (63-tól 75-ig μm) fontos, mivel a fiatal Ostracodák kiválogatására is gondolnunk kell. Feldolgozási módszertől függetlenül, a megkapott kövületeket megszáritjuk, majd tároljuk a vizsgálatok megkezdéséig.

A karbonátok már egészen más technikákat igényelnek. Egyik módja a kövületek kiszabadításának a fagyasztás-olvasztásos eljárás. Lényege, hogy a mészkövet felhevítjük, majd vízben gyorsan lehűtjük. Egy másik lehetőség a száraz minták forró acetolízises (ecetsavas) áztatása. A folyamat napokig, vagy akár hetekig is eltarthat. További alternatív megoldás a mechanika kiszabadítás kalapáccsal vagy valamilyen törő eszközzel, amit száraz szítálás követ, de értelemszerűen ennek alkalmazhatósága korlátozott és a héjak sérülékenysége miatt megkérdőjelezhető. Ennek egyik finomabb változata a gravírozók és tűk használata, amely már alkalmasabbnak bizonyulhat a mészkő felszínén lévő anyagok előkészítésére. Hátránya, hogy időigényes, s nagy gyakorlatot igényel.

Megeshet, hogy a fosszilizálódott kagylósrákoknál diagenetikai változások miatt szilicifikáció következik be. Ebben az esetben bevett eljárás a gyenge sósav használata, de ez alapvetően a szilicifikáció mértékétől függ. A feldolgozás ideje a sav hőmérsékletétől és koncentrációjától függően egy héttől akár hónapokig is tarthat. Létezik a hidrogén-fluoridos módszer, melynek során a kovatartalmú kőzetekből, például a kovapalából lehet felszabadítani a fossziliákat. Ritkán ugyan, de előfordulhat másodlagos foszfatizáció. Az ilyenkor bejáratott sztenderd módszer alkalmazásával az ostracodákat tartalmazó karbonátkőzetet gyenge ecetsavval oldják, amit szítálás és válogatás követ.

Az előbbi esettel ellentétben már jóval gyakoribb, hogy egyéb üledékes kőzet felszínén őrződnek meg a maradványok. Érdekes módszer a formák szilikongumival (vagy hasonló anyaggal) való leöntése, minek során az felveszi a héj alakját, s rendkívül pontos lenyomatot eredményez. A munka pár perctől akár 24 óráig is tarthat, ami a gumi megkeményedésével fejeződik be.

Kalcit kitöltésként is megőrződhetnek a maradványok, viszont kiszabadításuknál a hagyományos módszerek a minta érzékenysége miatt nem jöhetnek szóba. Lehetőség van viszont a tomográfia alkalmazására. A módszer lényege, hogy 20-30 μm -es közönként őrléssel megsemmisítik a tartalmazó kőzetet, majd számítógépes eljárással 3 dimenziósan gyakorlatilag „virtuális kövületet” hoznak létre. Kezdetben az eredmények rendkívül rossz minőséget

produkáltak köszönhetően az eltérő sűrűség miatt, de a röntgentomográfia fejlődésével a lehetőség már kihasználható volt.

Az Ostracodák jelenléte terepen is megállapítható egy 10x-es nagyítású lencsével, de a legtöbb esetben biztosan csak a laboratóriumi feldolgozás adhat. A kagylósrákok esetenként olyan tömegesen jelenhetnek meg az adott üledékben, hogy az üledékes kőzetek aljzati síkját szinte lefedik, vagy vékonyabb mészkőréteget is alkothatnak. Egy ilyen szituációban szerencsésebb a helyi, in situ vizsgálat, mert a páncél eleve rendkívül törékeny még a legnagyobb körültekintés mellett is.

4.2 Mikroszkópos vizsgálat alapjai

A legtöbb szakirodalom, cikk egyetért abban, hogy a vizsgálatokat minden esetben fénymikroszkóppal kell elvégezni (COHEN et. al., 2007). Jelen dolgozatomban viszont megkérdőjelezem ezt az állítást, s megkísérlem bebizonyítani, hogy ez nem feltétlenül így van.

Vizsgálataimat egy általam választott és megvásárolt biológiai mikroszkóppal végeztem. A típus neve: Scopium XSP-151T-LED (1. kép). Az XSP sorozat jelenleg három változatban kapható, Ezek a monokuláris, binokuláris és a trinokuláris fejjel ellátottak. Kényelmességi és dokumentációs lehetősége miatt a harmadik, trinokuláris fejjel rendelkező modellt preferáltam. Ez a mikroszkóp megvásárolható több portálon, bolton keresztül is¹.

A vékony metszeteken túl – ahogy látni fogjuk – alkalmas lehet többek között az Ostracodák vizsgálatára is, sőt, több esetben jobb választás lehet, mint a sztereó mikroszkópok. Ezekről a későbbiekben esik szó.

Ki kell térnem a legfontosabb tulajdonságaira, a világításra és az objektívekre. A megvilágítás alulról történő LED világítással történik, ami áteső fényben mutatja a mintát. Ez számunkra most az Ostracoda anyag vizsgálatának az alapja, hiszen áteső fényben elégséges minőségben látszanak a héj legfontosabb részei. A mikroszkóp ezen tulajdonságát csak megfelelő minőségű objektívekkel tudjuk kihasználni. Az úgynevezett akromatikus objektívek a látómező 50-70 %-ról nyújt éles képet. Abban az esetben, ha a látómező szélét is élesen szeretnénk látni, akkor a durva és a finomfókuszírozó gomb segítségével operálunk, s a kép közepe lesz kissé életlen. Ugyanez igaz a semi-plan objektívekre is, viszont itt már a látómezőnek 70-85 %-ról kapunk megfelelő képélességet (1. fotó). A plan objektívek gyakorlatilag a teljes látómezőt túlélessé teszik és korrigálják a színaberrációt. Utóbbi típus a legjobb választás makrofotózásra. Jelen mikroszkóp semi-plan objektívekkel rendelkezik.

Akik bővebben és mélyebben szeretnék beleásni magukat a mikroszkópok optikai elemeibe, azoknak számos honlap² áll a rendelkezésére. Az objektívekre vonatkozó információkra ezen honlapok szolgálnak hivatkozással.

¹ <https://www.tavcsomikroszkop.hu/>, www.makszutov.hu

² <https://www.levenhuk.hu/hasznos-informaciok/a-mikroszkopokkal-kapcsolatosan-gyakran-feltett-kerdesekre-adott-valaszok/>

<https://www.hd-tech.eu/hdtechblog/amit-a-mikroszkopokrol-mindenkepp-tudni-kell>

<https://www.asztrofoto.hu/tudastar/mikroszkop-vasarlas-utmutato.html>



1. fotó Ez a kép jó példa a sem-plan objektívek és a LED megvilágítás alkalmazására. A kép nem teljesen torzításmentes, a szélei életlenek, a középre beállított kép éles, az áteső fénynek köszönhetően jól látszanak az úgynevezett adduktor izmok lenyomatai. Forrás: Saját fotó



1. kép Egy Scopium SXP-151T-LED biológiai mikroszkóp trinokuláris fellej ellátva.¹

Az eszköz a következő fontosabb tulajdonságokkal rendelkezik:

Név	Típus/érték	Darab
Objektív típusa:	Semi-plan akromatikus	4
Megvilágítás típusa:	Led	-
Max. nagyítás:	Olajimmerziós, 1000x-es	1
Betekintési mód:	Trinokuláris	1
Használati szint:	Kutatói / klinikai	-

A mikroszkóphoz számos más, hasznos kiegészítő megvásárlására van lehetőség, a határt kizárólag a pénztárcánk szabja meg.

A dokumentálás igénye szülte egy mikroszkóp kamera beszerzését. Ez a típus a ToupCam 3 (2. kép) névre hallgat, amit mára már nem gyártanak. A névben a szám a megapixel nagyságát jelöli, vagyis a termék 3 megapixeles képfelbontásra képes.



2. kép A ToupCam kameraszorozat egyik tagja. (Megjegyzés: Ez a 2 megapixeles verzió képe, de kinézetben a 3 megapixeles típussal teljesen megegyező.)²

A kamera a következő fontosabb tulajdonságokkal bír:

Név	Típus/érték
Mikroszkóp felőli csatlakozás:	23,2 mm
Számítógép felőli csatlakozás:	USB 2.0
Felbontás:	3 megapixel
Hozzájáró szoftver:	ToupView
Operációs rendszer:	Windows 7/8/10, Max OS X, Linux

A legtöbb mikroszkópkamerához jár egy kezelő szoftver. Ehhez a típushoz CD mellékleten a ToupView programot mellékeltek, ami ingyenesen is letölthető és használható.

4.3 Kiegészítő módszerek

4.3.1 Pásztázó elektron mikroszkópos (SEM) vizsgálat

A múlt század 60-as éveiben a pásztázó elektronmikroszkópia létrejöttével a nagyfelbontású elemzés és képalkotás egycsapásra elengedhetetlen lett a képalkotás, fizikai, biológiai, stb. vizsgálatoknál. Ma már szabvány a geológiában és nem megkerülhető a mikropaleontológiai kutatásoknál. A módszer drága (STEPHEN és JOHN, 2007) ugyan, de ezt az előnye ellensúlyozzák.

Abban az esetben, ha a térbeli felbontás maximalizálására, vagy ha rendkívül kisméretű jellemzőket szeretnénk megfigyelni nagy nagyítással, akkor a kezdeti megfigyelések után néhány mintát 10 nm (SILVIA et. al., 2007; SHARMILA, 2003; STEFAN, 2011-2012) arany vagy palládium bevonattal látnak el. Korábban az ilyen megfigyelésekhez transzmissziós elektronmikroszkópot (TEM) használtak és a mintákból szénmásolatokat készítettek, de az rendkívül magas szakértelmet és energiát igényelt, manapság sokkal hatékonyabb az arannyal való bevonás és a pásztázó elektronmikroszkóp (SEM) használata (SLIPPER, 2005). A módszer elterjedt, lényege, hogy a minták nagyobb nagyításánál történő megfigyeléséhez, a felület feltöltődésének megakadályozásához, a másodlagos elektronok kibocsátásának elősegítésére, a homogén felület biztosítására az elemzéshez vezetőképes bevonatra van szükség (STEPHEN és JOHN, 2007). Erre azért van szükség, mert az elektromosan nem vezető minták elektronokat nyelhetnek el, és negatív töltést halmozhatnak fel, amely taszítja a következő elektronnyalábot, s így rontja az összképet. Ez a nyaláb röntgenfluoreszcenciát gerjeszthet, különösen a minta nehéz elemeiben, s ezen fotonok energiái alkalmasak az elemek azonosítására (SHARMILA, 2003). Ilyen a korábban említett arany, platina vagy akár a szén is. Hátránya, hogy csökkentheti a minták optikai átlátszóságát, ami azt eredményezi, hogy a sokszor taxonómiaiilag fontos határozóbélyegek a kutató számára láthatatlanok maradnak, vagy megváltoztatja a minták felületi színét, így múzeumi példányok esetében nem is alkalmazzák. Újabban ezt a hibát ozmium bevonattal próbálják mérsékelni. Mindenesetre, születnek tanulmányok a különböző bevonatok eltávolítására, ami ezüst és palládium esetén infravörös lézerrel történik, vagy cianidus oldószerrel, ám ez utóbbi toxikus (TATSUHIKO és YUKI, 2016).

A fémbevonat elkészítése általában vákumpárolgatással vagy porlasztásos eljárással történik. A bevonat felvitele után a minta egyenletesen vezetővé válik és homogén felületet biztosít a képalkotáshoz. Az aranyon kívül használható még alumínium, ezüst, szén. Az arannak azonban megvan az az előnye, hogy kiváló vezető, nem oxidálódik, s a leggyakrabban használt vezetőképes fémbevonat (STEPHEN és JOHN, 2007).

Másik lehetőségként a szinkrotron röntgensugárzás, ami különösen hasznos lehet az esetleges lágy részek zárt héjban történő megőrzésénél, hiszen a héj megbojgatása nélkül teszi

lehetővé a vizsgálatokat (RENATE et. al., 2014), de ezzel a módszerrel jelen esetben eszközpark hiányában nem foglalkozunk.

4.3.2 Morfometriai vizsgálatok

Az ostracodák paleoklimatológiai, paleoökológiai jelentőségére már korábban tettem utalást, héjaik mennyiségben és minőségben egyaránt elegendő információt képesek szolgáltatni a paleokörnyezet kutatásaihoz, de felhasználásuk még nem nevezhető általánosnak az ostracológusok között.

Az információk kinyerésének több módja ismert, ilyen például az izotópos összetételelemzés, vagy a karbonátrácsban megrekedt apró szerves anyagok vizsgálata, illetve a morfometriai eljárások. Az utóbbi módszer korábban csak a héj magasságának és hosszának mérésére koncentrált, azonban az idő előrehaladtával ezen módszerek is fejlődésnek indultak, s lehetővé tették a héj körvonalának vizsgálatát, a különbségek megállapítását (ALAN et. al., 2012).

A geometriai morfometria egyik úttörő alakja Thompson, aki az alakváltozást úgy fejezte ki, hogy az adott szervezeten lévő „landmark” pontokat (mérőpont) koordinátákká alakította. Ezután Bookstein továbbfejlesztette a módszer elméletét és gyakorlati megvalósítását. Mivel az ostracodák héján nehéz megkülönböztetni a díszítések egyes elemeit, a héj belső oldalában lévő karakterek pedig nem mindig megfigyelhetők, ezért a morfometria alkalmazása indokoltnak tűnik (ASHRAF, 2003).

A morfometria az entitás alakjával, illetve alakváltozásának leírásával, valamint annak elemzésével és értelmezésével (LORENA et. al., 2015; CLAUDIA et. al., 2016), a morfológiai változások számszerűsítésével foglalkozik. Jelentősége főként az alacsony diverzitású fosszilis együtteseknél mutatkozik meg (THIJS et. al., 2010). Két fő megközelítés létezik: az egyik 2 vagy 3 D-s térben egyértelműen meghatározott homológ adatpontokra, a másik pedig vázlaton alapuló, zárt vagy nyitott körvonalakra, görbékre és felületekre koncentrált. A vázlatos módszerek egyik legelterjedtebb képviselője a Fourier-analízis (spektrális/harmonikus analízis), azon belül is az elliptikus Fourier-analízis (EFA) (NORMAN, é. n.). Ez a típus nem veszi figyelembe a homológ pontokat (fossae és póruskonuszok) vagy legalábbis akkor hatékony, ha nincs számottevő mérőpont. Például, egy zárt görbét, jelen esetben egy ostracoda körvonalát különálló komponensekre, vagyis sinus és cosinus hullámok kombinációjára lehet bontani. Ezeket több együttható írja le, amiket össze lehet hasonlítani. Másik, egyre jobban teret nyerő eljárás az Eigenshape analízis. Itt a körvonalat előre meghatározott számú pontra bontjuk, és elemezzük az egymást követő pontok közötti szögeloszlást. A B-spline elemzés alapjául szolgáló algoritmus meghatározott számú pont szerint „B-spline-okat” illeszt a már digitalizált körvonalra (CLAUDIA et. al., 2016).

Az úgynevezett landmark (anatómiai mérőpont) alapú morfometriai technikák még nem alkalmazhatók teljes bizonyossággal az ostracodákon. Ennek ok az, hogy a nem tengeri fajoknál nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű homológ pont. Ebből kifolyólag a legtöbb vizsgálat a körvonalra koncentrálik és az alakváltozások jelentős részét figyelmen kívül hagyja. Ennek kiküszöbölésére hozták létre „félig tereptárgy” módszerét, amely már a görbék és felületek számszerűsítésére, s azok elemzésére is alkalmas (CLAUDIA et. al., 2016).

A morfometrikus eljárás lehetővé teszi két faj allometrikus növekedési mintáinak dokumentálását, leszármazási vonalak tisztázását (DAN et. al., 2008), közeli rokon fajok és a regionális morfortípusok megkülönböztetését, ontogenetikai alakváltozások felismerését. Ennek eredményeképpen sikerült megállapítani pl.: a fiatal *Cytheridella* genus egyedek populációk közötti csekély morfológiai változását, illetve, hogy legjelentősebb a változás az utolsó vedlési fázisban van (CLAUDIA et. al., 2016).

Haszna a juvenilis és adult egyedek egyértelmű elkülönítése (CLAUDIA et. al., 2016), szelepdíszítések variációinak vizsgálata (VUKICA et. al., 2002), továbbá kiderült, hogy egyes fajok populációinak héjkörvonala az élőhely típusától függ (nem pedig a földrajzi távolságtól) (ANGEL és DAN, 2003), valamint a felszíni víz hőmérséklete, a lúgosság/szulfát arány, a fajlagos vezetőképesség és az összes foszfor mennyisége együttesen jelentős befolyással rendelkeznek a héjak körvonala közötti különbségek kialakításában. Másszóval, a körvonalból következtetni lehet a fizikokémiai környezetre (THIJS et. al., 2010), a környezet okozta alakváltozás közötti kapcsolat feltárására (ANGEL és DAN, 2003). Egy másik taxon esetében kimutatták, hogy a nagyobb egyedek a magasabb Mg^{2+} -, Ca^{2+} -, K^+ koncentrációt, hőmérsékletet és alacsonyabb pH-t jeleztek, a kisebb példányok viszont a környezeti tényezők fordítottját igazolták. A héj lekerekítettségének is jelzőszerepe lehet, például a lekerekítettebb héj magasabb Ca^{2+} - és Mg^{2+} koncentrációt és alacsonyabb pH-val korreláltak, míg a megnyúltabb héjak az ellenkező környezetre voltak jellemzőek (LORENA et. al., 2015). A sótartalom szintén fontos tényező (REYMENT et. al., 1988), hatással van a héj alakjára, díszítettségére csakúgy, mint a hím és nőstény egyedek közötti különbségekre, ugyanis a nőstények nagyobb morfológiai variabilitást mutatnak (CLAUDIA et. al., 2018).

Egy másik módszer a fraktálgeometria. Noha mindkettő statisztikai eredményt ad, s mindkettő alkalmas közel rokon fajok elkülönítésére, valamint az intrapopulációs variabilitás vizsgálatára, kettő között azonban van különbség. A fraktálanalízis előnyére szolgál, hogy figyelmen kívül hagyja a szubjektivitást a karakterek kiválasztásában, s alkalmasabb a díszítettség elemzésére. Ez alapján a legváltozatosabb tulajdonságok a vesztibuláris terület és a héj hátsó körvonala. A morfometria azonban képes jelezni a fraktálanalízissel szemben, hogy hol fordulnak elő a héjon szignifikáns alakváltozások (GIUSEPPE et. al., 2007). A fraktálanalízis/dimenzió egy index, amelynek értéke nullától (az összes adat egyetlen pontban vagy elszigetelt pontokban van elosztva), egyig (összes adat egy vonal mentén oszlik meg), illetve kettőig (összes adat homogén vagy véletlenszerűen oszlik el egy síkban) terjed, s módot ad a héjak közötti különbségek számszerűsítésére. Lényege, hogy a forma 3 dimenzióját 2 dimenzióra csökkentjük (tehát a leíróelemeket). Nem csak fajok közötti, hanem fajon belüli különbségek kimutatására is használható hasonlóan a morfometriához, bár ebben a tekintetben ez utóbbi hatékonyabb. A fraktálanalízis inkább a nemzetségek közötti különbségek feltárásában megfelelőbb (pl.: a díszítettség összetettsége). A morfometria vizsgálja mind a homológ (valódi landmarkok) és az analóg (pszeudó/ál landmarkok) alakokat. Ezzel szemben a fraktálanalízis nem él a homológ landmarkok vizsgálatával. Távoli rokon taxonok esetén félrevezető lehet a használata, de közel rokon fajok bizonytalan homológiája esetén van létjogosultsága (GIUSEPPE et. al., 2007).

5. Az általam alkalmazott protokoll

5.1 Mintaelőkészítés

Szükséges eszközök:

- tetszés szerint műanyag tároló (jelen esetben eppendorf cső)
- petri csésze/tárgylemez, 2 db
- vékony ecset³
- bonctű



Természetesen a felsoroltaktól el lehet térni, nem kötelező érvényűek, mindenki maga választhatja meg az eszközeit. A kis méretű műanyag tároló a minták állandó tárolására szolgálhat, a 2 db petri csésze közül az egyikben a még nem vizsgált anyagot, a másikba a már végzett mintákat rakhatjuk. A vékony ecsetnek és a bonctűnek rendkívül fontos szerepe van. Előbbi benedvesítésével a törékeny minták biztonsággal mozgathatóak egyik helyről a másikra, a bonctűvel pedig a minták aprólékos mozgathatóságát érhetjük el. Utóbbi helyett használhatunk akár kihagyozott hurkapálcát is, vagy egyéb más, a héjak tájolását lehetővé tevő eszközt.

Jelen esetben a fosszilizált anyagok már előzetesen kivoltak válogatva a tanszék munkatársai által. Két minta anyagai két külön eppendorf csőbe lettek elhelyezve. A minták a PF 26, és a PF 27-t nevet kapták. Mivel a mikroszkóppal lehetőség van többféle megvilágítás használatára, ezért a vizsgálat szempontjából érdemes kihasználni őket.

Első lépésként az eppendorf cső tartalmát óvatosan kiöntjük a petricsészébe, majd a vékony, már előzetesen benedvesített ecsetünkkel kihasználva a felületi feszültséget óvatosan hozzáérintjük a páncélhoz, majd a tárgylemezünkre/másik petricsészébe helyezzük. A mikroszkóppal először a legkisebb nagyítással derítsük fel a lerakás helyét, majd állítsuk nagyobb, legalább 100x-os nagyításra az objektíveket tartalmazó revolverfejet. Ahhoz, hogy jól látszódjanak az áteső fényben a legfontosabb határozó bélyegek, legalább ekkora nagyítás szükséges a tapasztalatom szerint, de nem hátrány az ennél valamivel nagyobb sem (160 vagy 200-as). Sorban a következő lépés, hogy a mintákat igyekezzünk horizontálisan orientálni (3. kép). Ez nem létfontosságú ugyan, de nagyságrendekkel megkönnyíti a határozást. Ilyenkor van szükség a bonctűre, amivel rendkívül óvatosan kell bánni, hiszen a vékony, törékeny héjak könnyen sérülhetnek, vagy gyakorlatilag kipattanhatnak a tárgyasztalról. Miután pozícióba helyeztük a példányunkat és tisztában vagyunk azokkal a bélyegekkel, amikkel azonosítani tudjuk az állatot, akkor azokat kamerával rögzítjük. Ha úgy érezzük, hogy már nincsen az adott példánnyal dolgunk, akkor helyezzük egy másik petricsészébe, jelezve ezzel, hogy végeztünk. Ez tehát az általam is elvégzett sémája a folyamatnak.



3. kép Egy vizsgálathoz előkészített Ostracoda. Forrás: Saját fotó

5.2 A határozás menete

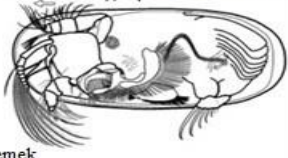
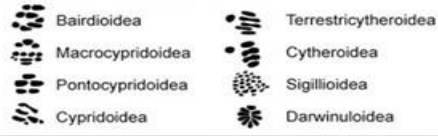
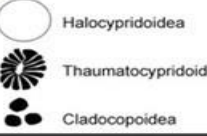
Az ostracodák osztályozása (ahol lehetséges) a forma, a héj teknőinek átfedése, a díszítés, a zárszerkezet jellemzői, valamint a hím és nőstény héjának különbségei alapján történik (SREEPAT, 2020), közelebbről pedig (felsorolás szintjén, nem sorrendben):

- zárszerkezet alakja
- a héjzat szélén lévő struktúrák megléte, alakja
- póruscsatornák és pórusok megléte, alakja
- izomtapadási hegek (központi és állkapocs izmok alakja, darabszáma)
- díszítettség, sima/díszített (a héjon lévő mélyedések, vagy kiemelkedések)
- forma
- a héj két felének átfedése
- nőstény vagy hím?

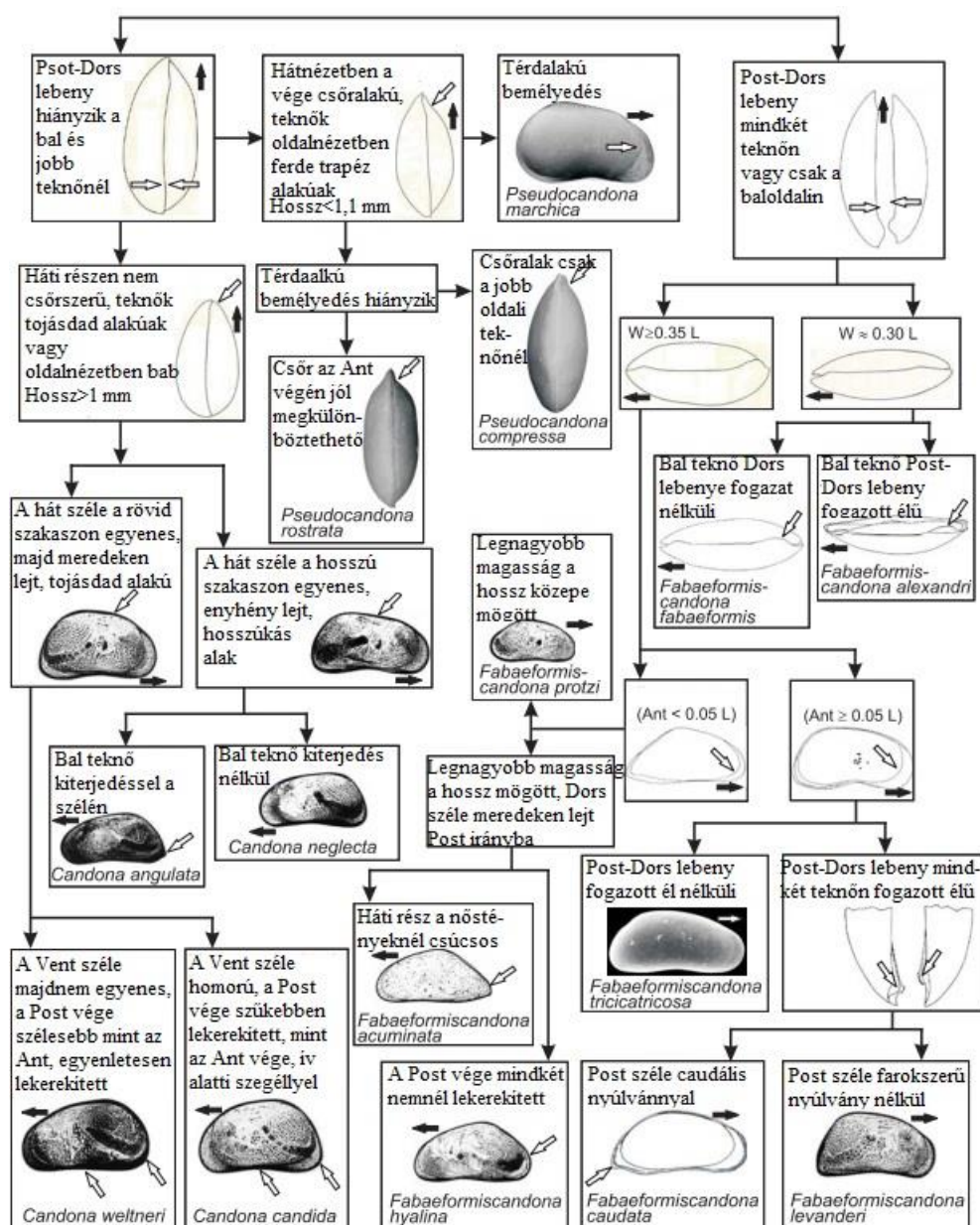
ALAN LORD (2020) a fosszilis fajok határozásnak két elvi verzióját vázolta fel, ami nyersen lefordítva a következőképpen néznek ki:

- A. „Külső: 1. Háromdimenziós forma dorsalis, ventrális, bal oldali, jobb oldali, elülső és hátsó nézetben. 2. teknő átfedés és túlnyúlás. 3. Felületi morfológia, beleértve a szem struktúráit, szubcentrális gumókat vagy mélyedéseket, lobációt, érintkezési szegély jellemzőit, caudalis folyamatokat. 4. Felületi dísz. 5. Normál póruscsatornák. 6. Peremek és tüskék. 7. A szexuális dimorfizmus jellemzői. 8. Fiatalkori vedlési szakaszok vö. felnőttek”
- B. „Belső: 1. A külső rész alakja belülről nézve,... 2. A háti szegély és a szabad szélek kapcsolata. 3. A hátsó csuklópánt szerkezetek vagy érintkezési horony jellege nagyobb szelepből. 4. Adductor, frontalis, mandibularis és egyéb izomhegek jellege. 5. A peremzóna jellege: alakja, szélessége, előcsarnokok, marginális póruscsatornák. 6. A külső felületi morfológiát tükröző belső morfológia (A.3). 7. Normál póruscsatornák belső természete. 8. A szexuális dimorfizmus jellemzői (A.7). 9. Fiatalkori vedlési szakaszok vö. felnőttek (A.8).”

Ezen kívül más kutatók más klasszifikációs szinteken más-más határozó kulcsokat használnak (2. és 3. ábra).

OSZTÁLY OSTRACODA			
Kétféleképpől álló héjjal rendelkező izeltlábak, amelyek felnőtt korban legfeljebb 8 pár végtaggal és egy furca-val (hátsó „lágy” rész tagolatlan függeléke) rendelkeznek, amelyek mindegyike teljesen bezárható a héjba.			
ALOSZTÁLY MYODOCOPA		ALOSZTÁLY PODOCOPA	
PÁNCÉL	VÉGTAGOK	PÁNCÉL	VÉGTAGOK
- Tojásdad, nem homorú - Rostrum van/hiányzik - Minimális teknőátfedés - Csuklópánt egyoldalú - Szűk peremzóna	5-7 pár + nemi apparátus + robusztus furca - Exopodita fejlett - Maxillula elágazólemez nélkül - Ötödik végtag elágazó lemezzel - Furca az anus után - Epipod áglemez - Bellonci szerv megléte - Összetett oldalsó szemek	- Négyzet, háromszög, vese, tojásdad alakú, a has gyakran homorú - Rostrum hiányzik - Átfedés minimális-erős - Csuklópánt egyoldalú-komplex - Szegélyzóna egyszerű-komplex	6-8 pár, általában 7 + nemi apparátus + robusztus/kiseb furca - Endopodite fejlett - Maxillula nagyméretű elágazólemezzel - Ötödik végtag elágazó lemezzel/anélkül - Furca az anus előtt - Epipod áglemez - Hiányoznak az összetett oldalsó szemek és a Bellonci szerv
REND Myodocopida A héj általában tojásdad vagy kör alakú 7 pár végtag 7. végtag egy vermiform tisztító végtag Összetett oldalsó szemek 		REND Platycopida Szegélyzóna egyszerű, keskeny Jobbteknő átfedi a bal-t Nőténynél petezsákok Nőtény 6 pár végtaggal Exopodita 2 podomerrel Törzsszegmentáció egyértelmű 	
Ordovicium - napjainkig Tengeri, nektobentonikus Nőténynél petezsákok 		REND Podocopida A szegélyzóna széles, egyszerű vagy összetett Balteknő > vagy < jobb Csuklópánt egyoldalú vagy összetett Némelyiknél petezsák Nőtény 7 végtaggal Törzsszegmentáció gyenge/hiányzik 	
REND Halocyprida A héj általában félhold, tojásdad vagy kör alakú Jellemzően petezsák kamra nélkül 5-7 pár végtag A 7. végtag egyszerű, csökevényes, vagy hiányzik Vak 		Ordovicium - napjainkig Tengeri, edesvízi, néhány szárazföldi, bentonikus és nektob. Bairdioidea Macrocypridoidea Pontocypridoidea Cypridoidea Terestricytheroidea Cytheroidea Sigillioidea Darwinuloidea 	
Szilúr - napjainkig Tengeri, nektobentonikus, pelágikus Halocypridoidea Thaumacypridoidea Cladocopoidea 		REND Palaeocopida Csuklópánt egyenes 8 pár végtag Tengeri, bentonikus 	

2. ábra Az ábrán a legfontosabb taxonok, leírásuk, általános alakjuk és adductor izomlenyomataik láthatók, SREEPAT (2020) után



3. ábra A Candoninae alcsalád határozásához egy hasznos kulcs, JARMILA és TADEUSZ (2013) után

Összességében kijelenthetjük, hogy jelenleg a fosszilis Ostracodáknak nincsen egységes határozó kulcsa. A fentebb felsoroltak csupán pár példa a sok közül.

6. A határozás nehézségei

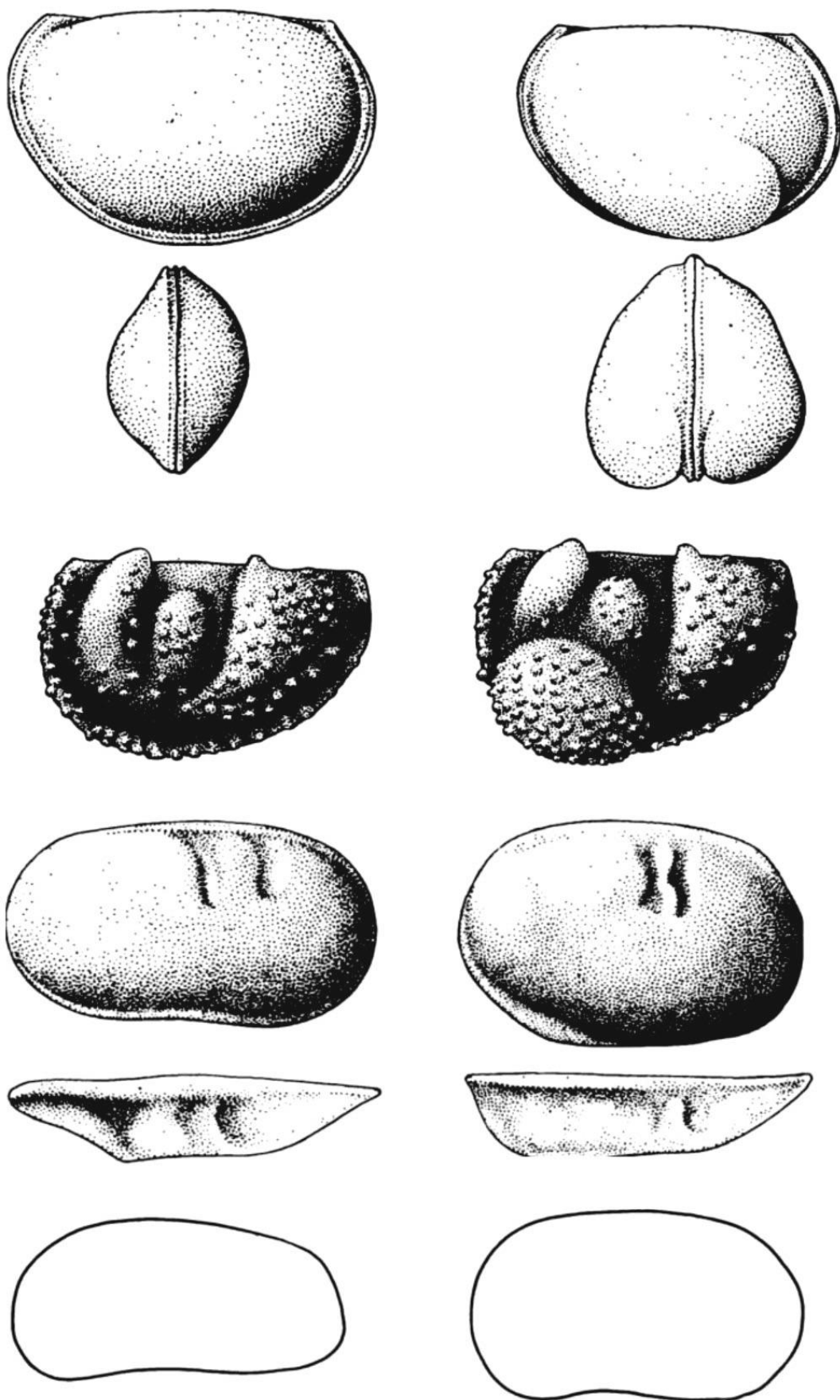
A kagylósrákok nem minden taxonja őrződik meg megfelelően, többek között a gyenge meszesedés miatt. Jó példa erre a Myodocop csoport, aminek szórványosak a feljegyzései, a héj jellemzően az átlagosnál gyengébben meszesedik, a félig szárazföldi fajokból pedig szinte alig találtak kövületet, köszönhetően a nedves, szerves anyagban gazdag környezet gyenge konzerváló képességének (DAVID és DAVID, 2016). Az alulkutatottság és a lágy részek hiánya csak tovább nehezíti a paleontológus dolgát, ráadásul a jelenkori fajok határozása és összehasonlítása nagyrészt a héjon belüli puha részeken alapul. Fossziliák esetében

értelemszerűen csak a páncél marad, ami ráadásul bővelkedik homeomorf bélyegeken (DAVID és DAVID, 2016). Ez azt jelenti, hogy „*Két geometriai alakzat topológiailag ekvivalens - azaz homeomorf - ha topológiai transzformációval egyik a másikba átvihető*”⁴. Nincs megnyugtatóan tisztázva az Ostracodák filogenetikai, vagyis (le)származástani kapcsolatai, s viszonyulásuk más ízeltlábú csoportokhoz (DAVID és DAVID, 2016). Ez főként a rendszertani besorolásuknál okoz igen komoly problémát. Noha alapvetően csak a héj fosszilizálódik, mindenesetre rendkívül kivételes esetben előfordul, hogy a végtajaik is megmaradnak. Ezek vizsgálata nagy segítséget nyújthat a törzsfajlásuk jobb megértésében. A kapott eredmények arra juttatták a kutatókat, hogy bizonyos ízeltlábúakat ne tekintsenek az osztályba tartozónak, konkrétan a *Bradoriida* és a *Phosphatocopida* taxonokat zárták ki. Ennek lett a következménye, hogy a fosszilis leletek alapján az ordóvícium előtről nem ismerünk kagylósrákokat. Egy másik esetben szintén megőrződött lágy szövetek és anatómiájuk elemzése alapján egy szilurban élt Ostracodát átsorolták a *Myodocopa* alosztályba. Ennek azért van rendkívül nagy jelentősége, mert pusztán csak a páncél alapján a *Paleocopa*, *Podocopa* vagy a *Paleocopida* csoportokkal mutatott volna rokonságot, ennek tanulsága pedig az, hogy a páncélzat morfológiája sok esetben nem elégséges, vagy kétségesé teszi más Ostracoda taxonok rokonságát (DAVID és DAVID, 2016).

Az ivari dimorfizmus megkülönböztető jegyei teljesen kifejlett, legfeljebb a késő juvenilis stádiumban figyelhetők meg (HIROKAZU, 2013). A nemek megkülönböztetése szintén igen nagy problémákat okozhat, mivel a hím és a nőstény számos dologban különbözhetnek egymástól, így a főbb különbségek a következők: méret (magasság/szélesség), alak, díszítés, körvonal, zárszerkezet és a különböző struktúrák meglétében vagy hiányában, illetve alakjában. Ráadásul még ezek gyakorisága, változatossága is különböző volt, mert a paleozoikumban a szexuális dimorfizmusra igen jól példákat találunk, ami sajnos már a közelmúlt fosszilis anyagaira nem jellemző. Megemlítendő, hogy kevés az angol nyelvű irodalom ezzel kapcsolatban, ráadásul a különböző szerzők különböző osztályozási rendszereket alkottak meg, de YANA és EKATERINA (2021) szerint két fő típus meghatározásában egyetértés van a szakemberek között. Ezek az extradomiciláris (külső) és a domiciliáris (belső) bélyegek. Az előbbit csak a paleozoikumi időkből ismerjük, így a továbbiakban ezzel a típussal jelen esetben nincsen dolgunk. A másik típus viszont az egész fanerozoikumban előfordul. Ennél a típusnál a különbségek morfológiai módszerekkel mutathatók ki, a kapott eredmények pedig a héj domborúságában, duzzanataiban érhetők tetten. Ezen belül még 4 további altípust különböztetünk meg (4. ábra):

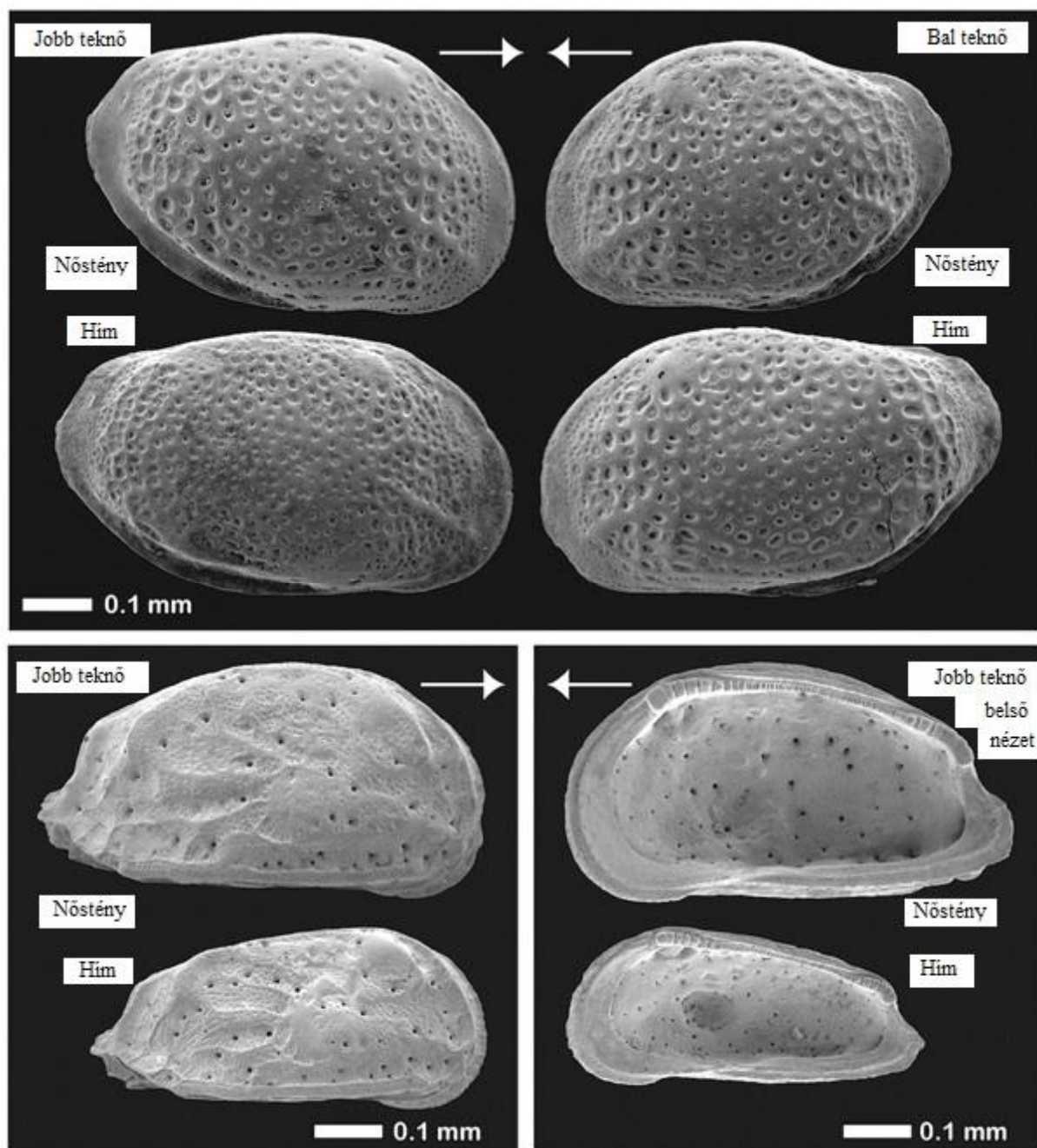
- Aparchitid: A nőstény ivarú egyednél a héj hátsó része kitágul, vagy hagymaszerű duzzanat jelenléte észlelhető.
- Beyrichiid: A nőivarú egyednél az elülső-ventrális részén domborúság kialakulása figyelhető meg.
- Klodenellid: A nőstényeken a héj hátsó részén üreg kialakulása látható.
- Kontúrdimorfizmus (méreтары): A két nem közötti különbség az alakban és arányokban esedékes.

Azonban az itt felsoroltak sem jelentenek a határozásnál teljes bizonyosságot, hiszen a domiciliáris dimorfizmus esetén a héj éppen úgy lehet nagyobb a különböző szervek miatt a hímeknél, mint a nőstényeknél. Alapvetően azonban kijelenthető, hogy a mezo-kainozós *Podocopida* csoport hím tagjainak héja nagyrészt kisebb, keskenyebb és hosszabb, mint a nőstényeké, melyeknél a héj inkább magasabb és szélesebb a hátsó részükénél. Ez a megállapítás a recens fajokra is érvényes (YANA és EKATERINA, 2021).

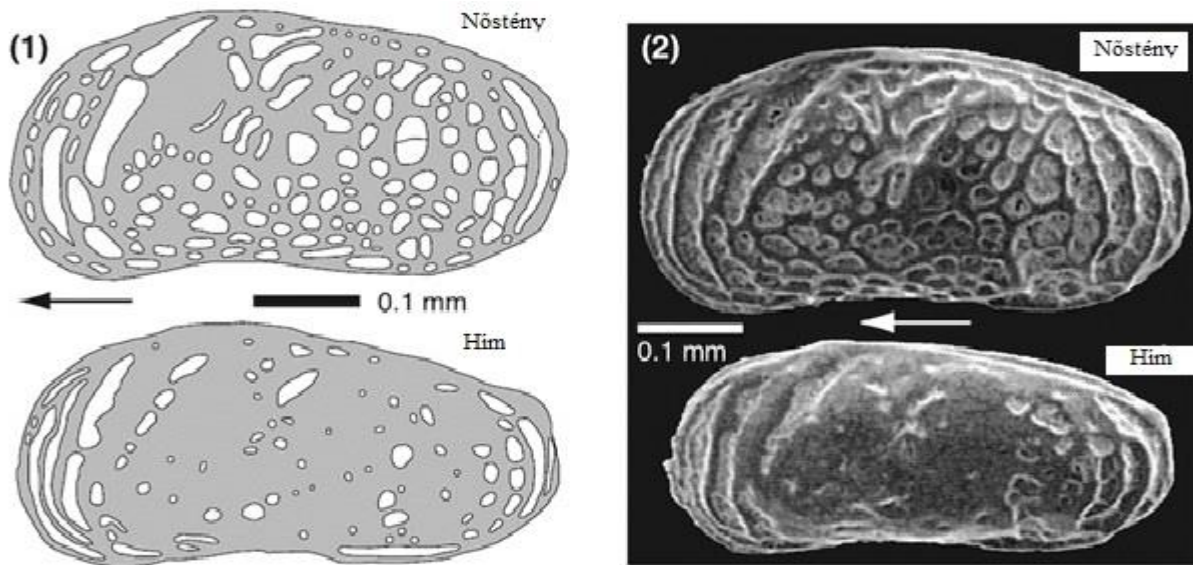


4. ábra Példa a domiciliáris dimorfizmusra és altípusaira. Első négy forma aparchitid dimorfizmus, következő két rajz beyrichiid dimorfizmus, következő négy ábra klodenellid dimorfizmus, utolsó kettő kontúrdimorfizmus (YANA és EKATERINA, 2021).

A héj ornamentika (díszítettség) szintén megkülönböztető jegy (2. fotó és 5. ábra). A nőstények héjának jóval nagyobb fokú díszítettsége, gödrössége a közelmúltban azt eredményezte, hogy két nemet két külön fajnak írták le, amit később a lágy részek vizsgálatával pontosítottak. A hímeknél a díszítés nagyságrendekkel szerényebb. Viszont kivételek itt is akadnak, vagyis vannak esetek, amikor a hímek díszesebbek a nőstényeknél (YANA és EKATERINA, 2021). A függelékek is segítenek a megkülönböztetésben, de lévén, hogy lágy részokról van szó, így a továbbiakban nem foglalkozunk velük.

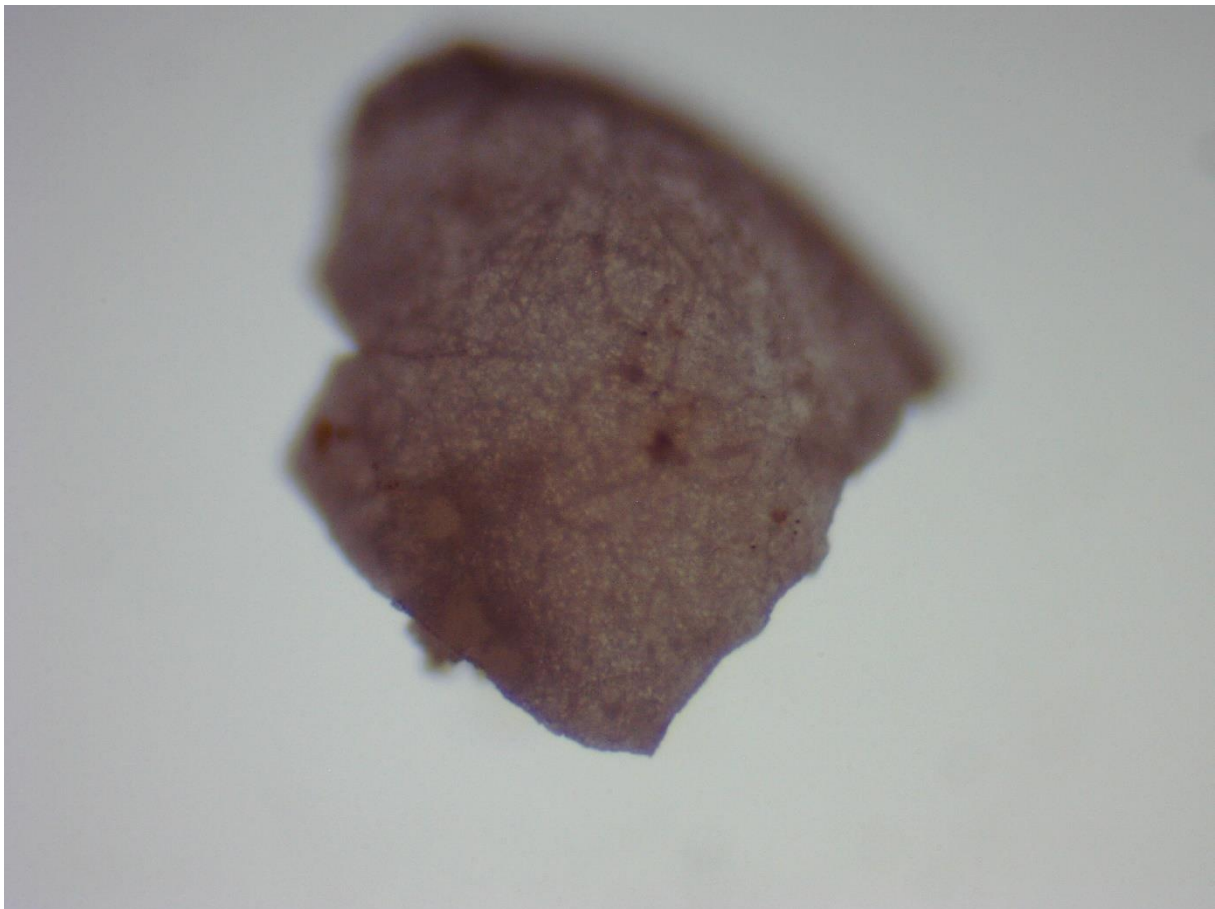


2. fotó SEM képek két külön faj nőstény és hím egyedeiről, HIROKAZU (2013) után.



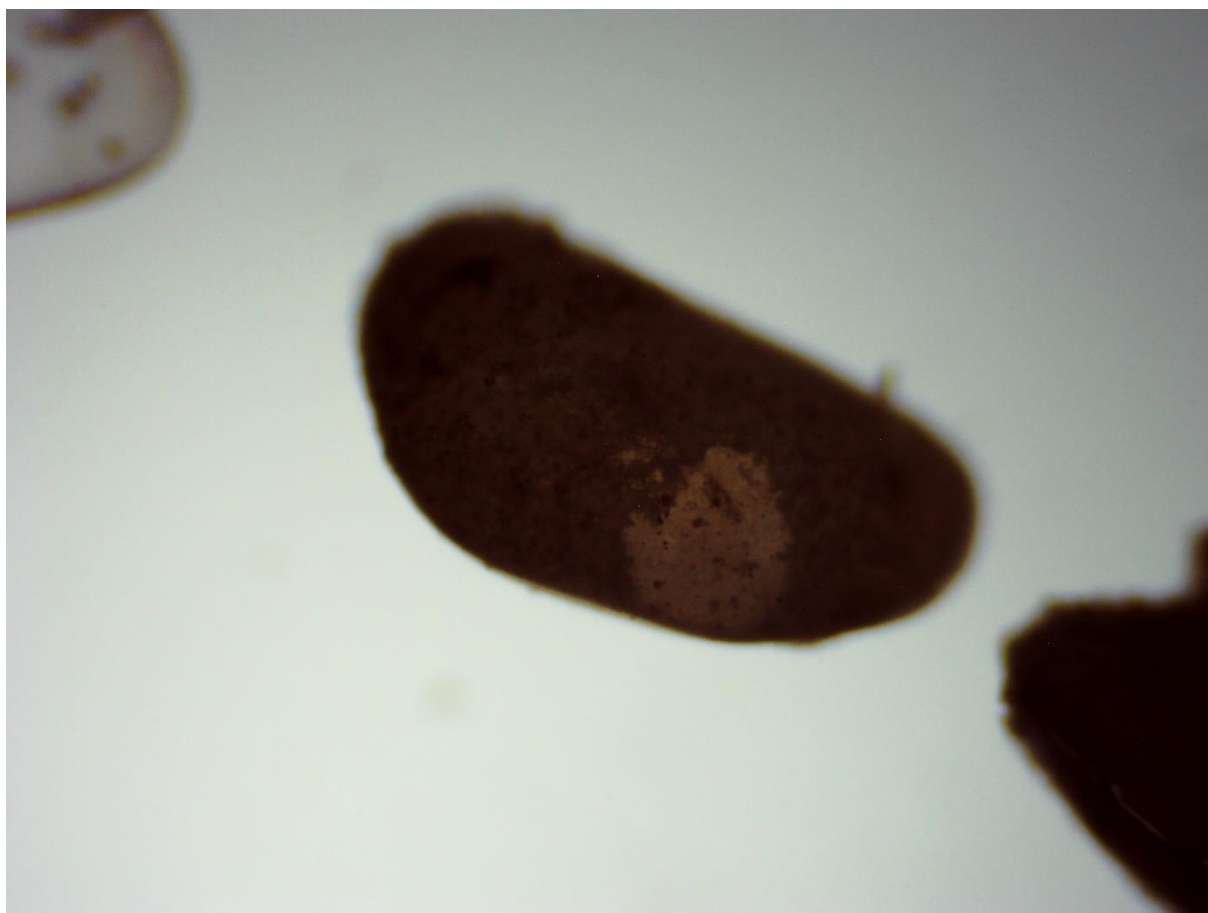
5. ábra Fossae típusú pórusok formája hím és nőstény egyedeknél sematikus ábrán és SEM képen (HIROKAZU, 2013).

Tovább nehezíti a körülményeket a töredezett minta, ami gyakorlatilag nem képezheti további határozás tárgyát (3. fotó).



3. fotó Gyakori eset, hogy a héj töredezett, ami meggátolja a szakembert, hogy az azonosítás szempontjából létfontosságú bélyegeket tanulmányozhassa. Forrás: Saját fotó

Az üledéknek köszönhetően megmutatkozik az átvilágítás hátránya (4. fotó).



4. fotó Az üledék gátolja a munka folytatását. Forrás: Saját fotó

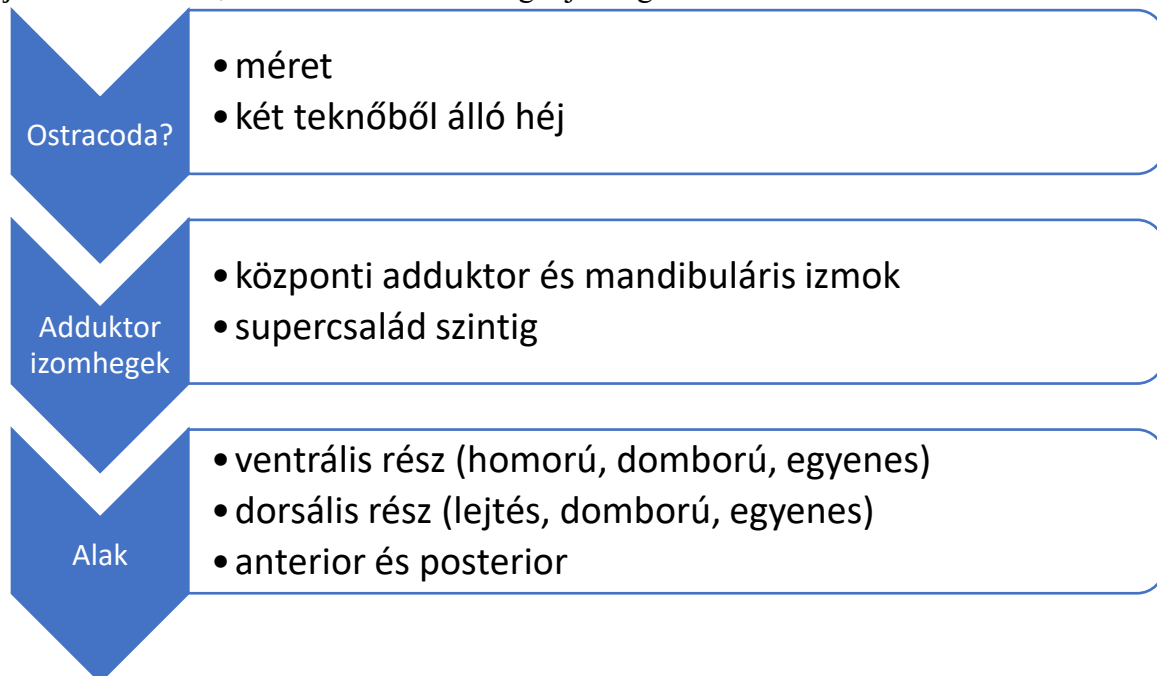
Nem kivételes eset, hogy mindkét tényező egyszerre forduljon elő (5. fotó).

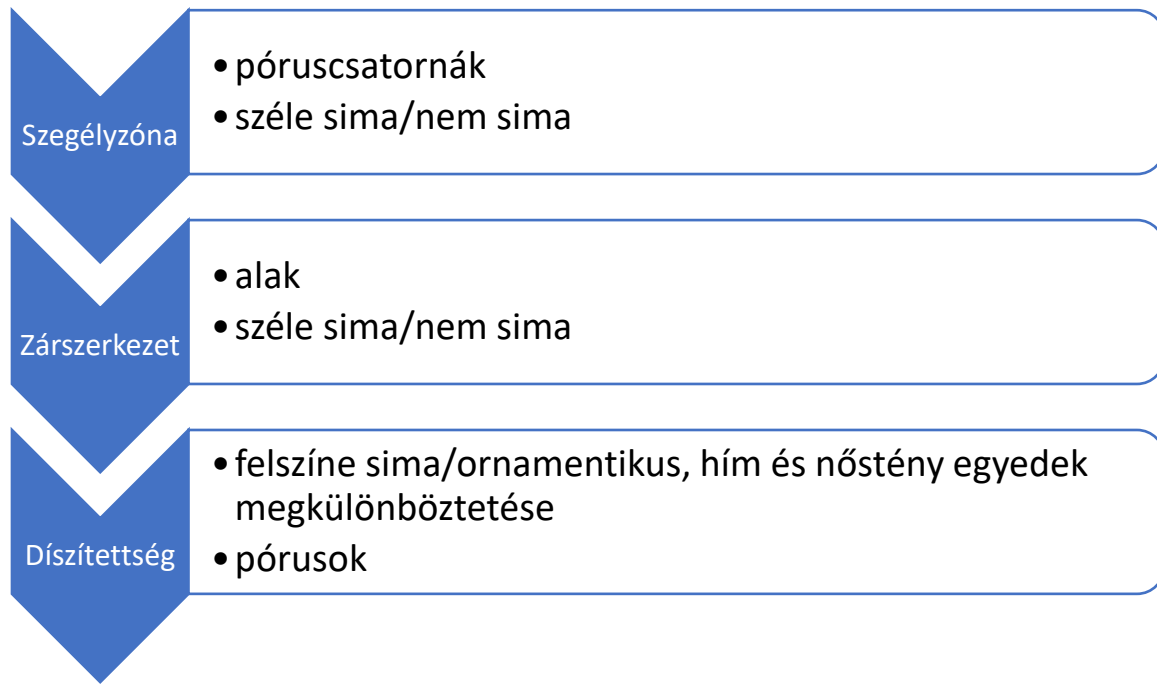


5. fotó Az üledék és a töredezettség miatt ez a minta egyed is használhatatlan a határozáshoz. Forrás: Saját fotó

Konklúzió

Összességében elmondhatjuk, hogy az édesvízi fosszilis Ostracodák határozása a mai napig nem könnyű feladat. Véleményem szerint a jövőben költséghatékony megoldásként mindenképp lesz létjogosultsága a SEM-nél egyszerűbb mikroszkópokkal való határozásnak. A SEM kétségtelen előnye a 3 dimenziós képalkotás, viszont rendkívül drága, s nem feltétlenül látszanak azok a határozóbélyegek, amik az Ostracodáknál feltétlenül fontosak lennének. Javaslom a biológiai mikroszkópok áteső fényvel való alkalmazását ferde megvilágítással, valamint semi-plan objektíveket a mérsékeltebb ár, de mégis megfelelő kép eléréséhez (plan objektív opcionális), a sztereomikroszkópok pedig a térbeli megállapításokhoz nyújthatnak komoly segítséget. Ez ugyan két fajta mikroszkópot igényel, de a mai egyszerűbb modellekkel is professzionális minőség érhető el, egy hozzávaló belépőszintű kamerával pedig a minőségi dokumentálás szintén garantált. A helyzetet csak tovább egyszerűsíti, hogy elhalt élőlények révén a minta nem mozog, ezért 2.0 USB-s bemenet szintén elegendő. A módszer hátránya viszont éppen az áteső fényben rejlik, hiszen az üledékkel teli minta esetén a SEM-mel a képalkotásnak köszönhetően továbbra is látszik a héj felszíne, addig a biológiai mikroszkópoknál ez gyakorlatilag kivitelezhetetlen. Ebből kifolyólag az aranyozás nem javasolt. Ezen kívül ajánlanám egy egységes, kifejezetten a fosszilis édesvízi kagylósrákokra megalkotott határozókulcs létrehozását, ami lépésről lépésre segíti a témával éppen ismerkedő szakembert, laikust, kutatót stb. Jelenleg ez nem áll rendelkezésre, ezért álljon itt egy általam javasolt módszer, ami a következőket foglalja magába:





Utolsó lépésként ezt kiegészítendő, érdemes a jelenkori faunára támaszkodni, vagyis a recens Ostracoda anyagot összehasonlítani a talált fossziliákkal. A folyamatábra feltételezi, hogy a leletek határozásra kifogástalan, sérülésmentes állapotban vannak, minden fontosabb taxonómiai bélyeg látható rajtuk mikroszkóp alatt.

Továbbá, mindenképpen tisztázásra szorul a leszármazási vonalak, rokonsági kapcsolatok egymáshoz viszonyulása a taxonómia lefixálása érdekében. Jelenleg a kutatók egymástól eltérő taxonómiai besorolásokat alkalmaznak, ami szintén nehézzé, adott esetben kétségesse teheti az anyag meghatározását. Jelentős problémát okoz a juvenilis és adult, valamint a nőstény és hím egyedek elkülönítése. Utóbbi a recens fajoknál értelemszerűen nem okozhat problémát, a leleteknél viszont hamar elveheti a kedvét a vizsgálónak. Éppen ezért a jövőben a morfometriai eljárások alkalmazását szorgalmaznám. Az eddigieken túl, törekedni kell a minta minél biztonságosabb módszerrel történő kiszabadítására a kőzetből, hogy az érzékeny héjak épségben álljanak rendelkezésre.

Felhasznált irodalom:

COHEN, A.; C. DAWN, E. P.; ROSALIE, F. M. (2007): Ostracoda, pp. 417-446, In: James T. Carlton, ed., *The Light & Smith Manual: Intertidal Invertebrates from Central California to Oregon*. Fourth Edition. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 417.-419. pp.

GABRIELA, C.; CORINA, C.; LORENA, R.; A. PATRICIA, P.; ANTJE, S.; VERA, M.; DANIEL, A.; FINN, V.; MARTA, A. (2020): Characterizing ecoregions in Argentinian Patagonia using extant continental ostracods, *An Acad Bras Cienc* (2020) 92(Suppl. 2): e20190459, *BIOLOGICAL SCIENCES*, 2-3. pp.

ALAN, L. (2020): Towards objectivity in Ostracoda species definition, *BSGF - Earth Sciences Bulletin, Special Issue Paleontology*, 2. pp.

ALAN, R. L.; IAN, B.; ELISABETH, B.; JOHN, E. W. (2012): Ostracod Taxa as Palaeoclimate Indicators in the Quaternary, 37; 40. pp.

ANDREW, R. P.; BARBARA, P. P.; JULIE, A.; KEITH, M. M.; SIMON, H.; F. TEGWEN, M. (2021): Biomimetic Transparent Eye Protection Inspired by the Carapace of an Ostracod (Crustacea), *Nanomaterials* 2021, 11, 663., 1. pp.

ANGEL, B., WOLFGANG B.; DAN, L. D.; JOHANN, L. (2003): Morphometric methods for applied ostracodology: tools for outline analysis of nonmarine ostracodes, 101. pp.

DAN, L. D.; ANGEL, B., TADEUSZ, N.; WALTER, G.; MARIA, P.; MONTSERRAT, R.; GERTRAUD, R. (2008): Developmental trajectories in geographically separated populations of non-marine ostracods: morphometric applications for palaeoecological studies, *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 183. pp.

ASHRAF, M. T. E. (2003): Morphometric Studies on Three Ostracod Species of the Genus *Digmocythere* Mandelstam from the Middle Eocene of Egypt, *Palaeontologia Electronica*, Paleontological Society, 1. pp.

SILVIA, S.; CHRISTOPH, N.; CLAUDIUS, P.; BERNARD; G. (2007): SCANNING ELECTRON MICROSCOPE IMAGES OF UNCOATED MICROFOSSILS: APPLICATIONS, PERSPECTIVES AND LIMITATIONS, *Journal of Foraminiferal Research*, v. 37, no. 3, p. 270–276, 270; 276. pp.

CLAUDIA, W.; JULIANE, M.; MARTIN, G.; MARIA, INES F. R.; WERNER, E. P.; (2018): Definition of regional ostracod (*Cytheridella*) morphotypes by use of landmark-based morphometrics, *Freshwater Science*. 2018. 37(3):573–592, 573. pp.

CLAUDIA, W.; THOMAS, A. N.; JULIANE, M.; WERNER, E. P. (2016): Shape Variation in Neotropical *Cytheridella* (Ostracoda) Using Semilandmarks-Based Geometric Morphometrics: A Methodological Approach and Possible Biogeographical Implications, 1.-6; 12. pp.

CSOMA, V. (2017): DÉL-DUNÁNTÚLI PANNÓNIAI KÉPZŐDMÉNYEK KAGYLÓSRÁK EGYÜTTESEINEK TAXONÓMIAI, BIOSZTRATIGRÁFIAI ÉS PALEOÖKOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE, Budapest, EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR ŐSLÉNYTANI TANSZÉK, 11. pp.

DAVID, J. H.; DAVID, J. S.; (2016): COLLECTING AND PROCESSING FOSSIL OSTRACODS, JOURNAL OF CRUSTACEAN BIOLOGY, 36(6), 841-848, 841.-842; 845.-847. *pp.*

THIJS, VAN DER M.; DIRK, V.; EMI, I.; KOEN, M.; (2010): Morphometric techniques allow environmental reconstructions from lowdiversity continental ostracode assemblages, Journal of Paleolimnology, *o. n. pp.*

GIUSEPPE, A.; FILIPPO, G.; DIANA, B.; GRAZIANO, F.; ADIANO, M.; PASQUALE, R.; RAFFAELE, V. (2007): Fractal analysis of ostracod shell variability: A comparison with geometric and classic morphometrics, Acta Palaeontologica Polonica, 563; 571.-572. *pp.*

YANA, S.; EKATERINA, MIKHAILOVNA T. (2021): The Ostracods (Ostracoda, Crustacea) as a Model Object for the Studying of the Evolution of Sexual Dimorphism, Biology Bulletin Reviews, 2021, Vol. 11, No. 3, pp. 226–236., 228.-230. *pp.*

REYMENT, R. A.; BOOKSTEIN, F. L.; MCKENZIE, K. G.; MAJORAN, S. (1988): Ecophenotypic variation in *Mutilus pumilus* (Ostracoda) from Australia, studied by canonical variate analysis and tensor biometrics, J.micropalaeontol., 7(1): 11-20, 11. *pp.*

FARKAS, H. (1957): Magyarország állatvilága, Kagyósrák, Ostracoda, Akadémia Kiadó, Budapest, Fauna Hungariae 39., IV. kötet, 3. füzet, 31. *pp.*

KOEN, M.; FRANCIS, B. (1994): A Checklist of the Recent Non-Marine Ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the Inland Waters of South America and Adjacent Islands, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Freshwater Biology, Luxembourg, ISSN 0251 – 2424, 2. *pp.*

GENGO, T.; TAKUMI, M.; RYOTA, U.; TOSHIFUMI, K.; YASUHISA, H.; (2019): Checklist of ostracods from Pleistocene Ogushi Formation, Amakusa City, Kumamoto, southwestern Japan, Bull. Goshoura Cret. Mus., No.20, 7-21, March, 2019., 7. *pp.*

HIROKAZU, O.; (2013): The History of Sexual Dimorphism in Ostracoda (Arthropoda, Crustacea) Since the Palaeozoic, Chapter 4, 51; 55; 62. *pp.*

SLIPPER, I. J. (2005): Micropaleontological techniques, University of Greenwich, Chatham Maritime, UK, 472. *pp.*

ROGER, B.; ISA, S.; KOEN, M.; (1998): Asexual reproduction in nonmarine ostracods, Ecology and Evolution, School of Biology, Freshwater Biology, Heredity 81 (1998) 473–480, Short Review, 473. *pp.*

JARMILA, K.; TADEUSZ, N.; (2013): Quaternary Ostracoda of the southern Baltic Sea (Poland) – taxonomy, palaeoecology and stratigraphy, Warszawa, Polish Geological Institute Special Papers, 29 (2013): 1–76, 25. *pp.*

RENATE, MATZKE-K.; JOHN, V. N.; ROBIN, J. S.; RADKA, S.; LIBOR, M.; MICHAEL, A.; SUZANNE, J. H.; PETER, C.; PAUL, T. (2014): Subcellular preservation in giant ostracod sperm from an early Miocene cave deposit in Australia, 3; 8. *pp.*

STEPHEN, A. L.; JOHN, C. M. (2007): REMOVING GOLD COATING FROM SEM SAMPLES, Palaeontology, Vol. 50, Part 6, 2007, pp. 1459–1461, 1459. *pp.*

KOEN, M.; FRANCIS, B. (1994): A Checklist of the Recent Non-Marine Ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the Inland Waters of South America and Adjacent Islands, Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Freshwater Biology, Luxembourg, ISSN 0251 – 2424, 2. pp.

VUKICA, V.; LJUPKO, R.; TAMARA, KARAN-Ž. (2002): Sexual dimorphism and left-right asymmetry of carapace ornamentation in *Hemicytheria setosa* RUNDIĆ, 101. pp.

LORENA, Y. R.; MARTA, A.; A., PATRICIA P.; CORINA, A. C.; ANTJE, S.; GABRIELA, C. C. (2015): *Eucypris fontana* (Graf, 1931) (Crustacea, Ostracoda) in permanent environments of Patagonia Argentina: a geometric morphometric approach, *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 51 (2015) 125–138, 125. pp.

NORMAN, M.: *Palaeo-Math 101, The Centre Cannot Hold II: Elliptic Fourier Analysis*, 1. pp.

SHARMILA, M. M. (2003): SAMPLE PREPARATION FOR MICROSCOPIC AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF SOLID SURFACES AND FILMS, *Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry*, CHAPTER 9, 387. pp.

SREEPAT, J. (2020): *Fundamentals of Invertebrate Paleontology, Mikrofossils*, Springer, 153. pp.

STEFAN, G. (2011-2012): Freshwater ostracods as palaeoenvironmental proxies in the Moervaart Depression, a palaeolake in Sandy Flanders (NW Belgium), 25. pp.

TATSUHIKO, Y.; YUKI, M. (2016): Osmium Plasma Coating for Observation of Microfossils, *Using Optical and Scanning Electron Microscopes, Paleontological Research*, 1.-4. pp.

¹<https://www.tavcso-mikroszkop.hu/termek/scopium-xsp-151t-led-biolgiai-mikroszkop/p:146>

²<https://www.tavcso-mikroszkop.hu/termek/toupcam-2-megapixeles-mikroszkop-kamera/p:939>

³<https://www.jewelryen.hu/hu/ecsetek-/335--premium-porcelan-epito-ecset.html>

⁴<http://www.jgypk.hu/tanszek/matematika/situs/index.html>