

Áttekintés, az ős Duna vízgyűjtőterületén élt jégkorszaki megafaunáról a Pesti-síkság kavicsbányáinak leletei alapján



Szénási Csanád 9. évfolyam

Gödöllői Református Líceum Gimnázium és Kollégium

Felkészítő tanár: Horváth Zsolt

Bevezetés

Lakóhelyem, Isaszeg közelében működő kavicsbányákból előkerült jégkorszaki megafauna csontleletek készítették a dolgozat megírására. Édesapám munkatársa által jutottam ezekhez a csontokhoz, melyeket bemutattam a Természettudományi Múzeum Őslénytani és Földtani Tárának főmuzeológusának, Gasparik Mihálynak.

Az egykor élt élőlények maradványainak azonosítása után kezdett el érdekelni az, hogy hogyan kerültek ide ezek a csontok, hogyan jutottak a kavicsbányák kotrógépeinek lapátjára. Ezek a bányák a Duna által sok tízezer éve lerakott kavics tömeget termelik ki. A kavicsok mellett a Duna vízgyűjtőterületén elhullott, később fosszilizálódott csontok is leülepedtek a Pesti síkságon.

Munkám során megismerkedtem a jégkorszakok kialakulásának elméleteivel, a jégkorszaki klíma sajátágaival, valamint, hogy ehhez milyen módon tudtak alkalmazkodni az egykor a Kárpát-medencében élő emlősök. Érdekelni kezdett az, hogy hogyan néztek ki, milyen életmódot folytattak ezek a valaha élt állatok.

A kutatás során felmerülő sok kérdés közül talán a legizgalmasabb az, hogy hogyan lehet megállapítani a csontleletek korát. Megkerestem a Magyarországon a radiokarbon meghatározást végző intézeteket, vállalkozásokat. Közülük a Debrecenben működő Isotoptech zRT. vállalta a minták tényleges meghatározását.

Dolgozatomban az ősz Duna kialakulásával, a jégkorszakokat magyarázó modellek ismertetésével, majd csontleleteim segítségével a jégkorszaki megafauna két tagjának jellemzésével, a jégkorszaki klímához való alkalmazkodással, a radiokarbon módszerrel, és végül a megafauna kihalására vonatkozó elméletekkel fogok foglalkozni.

A Duna kialakulása és hordaléka [1, 13]

Hazánk területe a pliocén (5,3-2,5 millió év között) korszakban kezdett szárazulattá válni (hegyek környéke), azonban az ország jelentősebb részét 10-100 m mélységű, alig sósvízű Pannon-tenger borította. A pliocén végére lassan feltöltődött a Pannon-tenger. Ezután földszerkezeti mozgások, süllyedések, emelkedések következtek be. Ennek eredményeképpen, valamint a folyók erodáló és feltöltő hatására kialakult a felső pliocénben a mai vízrendszer őse. Az ősfolyók kezdetben egymással kapcsolatban levő édes vízi törendszerekben és süllyedő medencékben (Alföld, Kisalföld, szlavóniai süllyedék) rakták le hordalékukat.

Kb. 2-2,5 millió évvel ezelőtt a Keleti-Alpok és a Nyugati-Kárpátok lezúduló víztömegét a Duna mai őse több ágban vezette a mai Dunántúlon át a drávai süllyedék felé. Az ősi vízrendszerben akkor történt fokozatos változás, amikor a drávai meder feltöltődött és az Alföldi mély medence tovább mélyült, ami keleti irányba terelte a folyót. Kialakult a Visegrádi áttörés majd a Visegrádi Duna-szakasz is. Most már az Ős Duna a mellékfolyóival együtt a mai Zagyva-torok felé igyekezett.

A legidősebb pleisztocén és a felső pliocén határán, kb. 0,8-1,2 millió évvel ezelőtt ismét megélnék a földszerkezeti mozgások. Az Ős Dunát a Budapest-Cegléd-Tiszaföldvár vonalától kialakuló mélyedés vonzotta magához, ahonnan egyenesen a Tisza medrébe folyhatott. Ekkor már igen sok üledéket pl. kavicsot hozott magával és rakta le az Alföldre, mert a Kisalföldön már megszűnt a süllyedés és a vízfolyás egy feltöltött medencén átmenő völgyben haladt.

A pleisztocén korszak második felében újra megélnék a hegység-szerkezeti mozgások voltak, amelyek újabb és gyors változásokat hoztak a medence vízrajzában. A Kecskeméti süllyedék feltöltődése után a tőle nyugatra levő kisebb süllyedékek vonzották magukhoz az Ős Dunát és a pleisztocén vége felé a Bugyi-Fülöpszállás-Kalocsa vonalában a lesüllyedt medence végleg észak-déli irányú folyást eredményezett.

A jégkorszakok kialakulásának feltételei, a pleisztocén jégkorszakok

[2, 3, 4, 11, 12]

A földi éghajlat-ingadozások okait nagyon sokan kutatták már. A hipotéziseket több csoportba sorolhatjuk.

A geológiai elméletek egy része a kontinensek vándorlásával igyekszik megmagyarázni az éghajlat változásait, többen pedig a hegységképző folyamatoknak tulajdonítanak ilyen hatást. E kutatók elképzelése szerint a jégkorszakok kialakulásának az egyik fontos feltétele, hogy legalább az egyik pólus környékén nagy kiterjedésű szárazföldek helyezkedjenek el. Az elképzelések másik csoportja fizikai-kémiai jellegű. A Föld klímájának ingadozásait a légkör kémiai összetételének változásaiban, és azoknak a Föld hőháztartására gyakorolt hatásaival magyarázzák. Egyes kutatók szerint Napunk változó fényű csillag, ezért 200-250 millió éves ritmusban megváltozik a sugárzása során kibocsátott energia mennyisége, ami természetesen kihat a Föld éghajlatára is.

A legkidolgozottabb, és a kutatók körében is a leginkább elfogadott elmélet szintén csillagászati okokat lát az ingadozások mögött. Azt az elképzelést, miszerint az évszakok jellegének csillagászati okokra visszavezethető változásai szabályos időközönként eljegesedést idézhetnek elő, már a múlt században felvetették. Az elmélet részletes kidolgozását és matematikai formába öntését Milutin Milankovics szerb matematikus végezte el. Véleménye szerint a szóban forgó csillagászati "ritmusszabályozónak" három összetevője van. Az elmélet további kidolgozása és finomítása, népszerűsítése Bacsák György nevéhez fűződik

Az **első tényező** a Föld forgástengelyének hajlásszöge. A hajlásszög növekedésének hatására az évszakok szélsőséesebbeké válnak mindkét félgömbön. A nyarak melegebbek, a telek hidegebbek lesznek.

A **második tényező** a Föld pályájának alakja. Ha nő a pálya excentricitása, akkor nő a különbség a Nap és a Föld legkisebb és legnagyobb távolsága között. Ennek az lesz a következménye, hogy az egyik félgömbön szélsőséesebbé, a másikon pedig mérsékeltebbé válnak az évszakok.

A **harmadik** elem a precesszió a tavaszpont elmozdulása, ami a Föld forgástengelyének billegésére vezethető vissza. Milankovics kiszámította, hogy e három tényező együttes hatására a nyári besugárzás mennyisége akár 20 százalékkal is változhat az északi sark közelében. Véleménye szerint ez elég ahhoz, hogy a szárazföldek északi részét borító jégmező előrenyomuljon olyan időszakokban, amikor hűvöseks a nyarak. A tengerfenék üledékéből vett fúrómagminták elemzése arra utal, hogy a szóban forgó oxigén izotópok hányadosa nagyjából a Milankovics által leírt ciklusokkal összhangban növekedett és csökkent. Az 1950-es években kezdődött mérések óta sok száz tengeri üledékből vett mintában elemezték az oxigén izotópjainak arányát. Az összes adat ismeretében elkészített kronológia alapján kimutatható, hogy a tengeri üledék összetételében ugyanaz a periodicitás figyelhető meg, mint a Föld pályáját meghatározó folyamatokban. Az elmúlt 600 ezer év folyamán a Föld összes jégkészletének mennyisége 100 ezer évenként ért el maximumot, ami pontosan megfelel az excentricitás változásában érvényesülő periodicitásnak. Ezen kívül minden egyes ciklusra ráakódtak kisebb hullámok is: a jégtömeg átmeneti, kisebb mértékű csökkenései és növekedései. Ezek az ingadozások a precesszió és a tengelyferdeség változásának megfelelően 23 ezer, illetve 41 ezer éves periodicitást mutattak.

A földtörténet során több jégkorszak volt. Az általam vizsgált időszak a pleisztocén (2,5 millió évtől 10000 évvel ezelőttig) korban kialakult jégkorszakokat érinti. Az **1. ábrán** látható módon fel lehet osztani a pleisztocén jégkorszakokat lehűlésekkel (galciálisok), illetve

felmelegedésekkel (interglaciálisokkal) járó időszakokra, melyeket az Alpok folyóinak völgyeiben látható geológiai képződmények alapján neveztek el.

P L E I S Z T O C É N	FELSŐ	Würm gl.	posztglaciális
			stadiális (lehülés).
			interstadiális (felmelegedés).
			stadiális (lehülés).
			interstadiális (felmelegedés).
			stadiális (lehülés).
		Riss-Würm interglaciális (felmelegedés) 130 ezer	
	KÖZÉPSŐ	Riss glaciális	
		Mindel-Riss interglaciális (felmelegedés)	
		Mindel glaciális 350 ezer	
	ALSÓ	Günz-Mindel interglaciális (felmelegedés)	
		Günz glaciális 2,5 millió	

1. ábra: A pleisztocén jégkorszak

A pleisztocén jégkorszakok megafaunája, csontleleteim alapján [5]



2. ábra: Gyapjas mamut, gyapjas orrszarvú, óriásszarvas, sztyeppi bölény (Forrás: Természettudományi Múzeum Őslénytár)

A pleisztocén állatvilága sokban hasonlított a maihoz. Ebben az időszakban sok állatfaj érte el elterjedésének a maximumát, ilyenek például az emlősök közül az ormányosok a macska, teve és lófélék. Az egykor élt és a jelenlegi fauna között a különbség leginkább a megafauna hiányából adódik. Az, hogy milyen testsúlytól tartoznak az állatok a megafaunába nincs pontosan definiálva. Többen 500 kg-tól (a szarvasmarha testtömege) adják meg a határt, de bármi is legyen a definíció ez egy rendszertanilag heterogén csoport. Ebbe a kihalt állatcsoportba tartozik például a gyapjas mamut, a gyapjas orrszarvú, az óriásszarvas, a sztyeppi vagy ősbölény, **(2. ábra)** a barlangi medve, a barlangi oroszlán.

A hozzám került csontok között a nagyobb egyedszámban előforduló növényevő megafauna képviselői találhatók meg. Meghatározásukat Gasparik Mihály a Természettudományi Múzeum Őslénytárának főmuzeológusa végezte el. A következőkben a megafauna bemutatásával együtt a csontleleteket is jellemzem.

Gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*) [6, 7]

A növényevők legjellegzetesebb képviselője a gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*) volt, melynek magassága elérhette a 4,2 métert is. A pleisztocén közepétől, annak a végéig népesítette be Európát. Utolsó példányai nagyjából 3700 évvel ezelőtt pusztultak ki a Földről, de a Kárpát-medencében 10000 évvel ezelőtt élt az utolsó képviselőjük. Ez az állat a tundrák lakója volt az eljegesedések idején. Szibériában szinte teljesen ép megfagyott példányait találták meg, látható ezeken a leleteken testének lágy részei és a szőrös bőre. Gyomrának tartalmából tudjuk, hogy sztyeppnövényekkel, fenyő, fűz, nyír és égerfák gallyaival táplálkozott. Nyáron, mikor a táplálék bősége volt szervezetükben zsír halmozódott fel, ami a válluk táján púpként gyűlt össze és téli tartalékul szolgált. Így mikor a keményebb teleken táplálékhiány volt hosszabb éhezést is kibírtak. A tél beálltával délebbre vonulhattak. A táplálékszerzés során agyaraikkal kotorták el a havat.

A gyűjteményekben található mamutfogak közül az egyik a **3. ábrán** látható. A fogak eltérő mértékű kopását a mamut folyamatos fogcseréjével magyarázhatjuk: az idősebb fogakat a fiatalabbak maguk előtt tolják, közben azok rágófelülete folyamatosan kopik. A folyamatos fogcsere jól követhető a Természettudományi Múzeum Őslénytárában található mamut állkapocs részletén. (**4. ábra**)



3. ábra: Gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*) örlőfog



4. ábra: Gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*) alsó állkapocs oldal és felülnézet (Természettudományi Múzeum)

A gyapjas mamut gyűjteményemben található másik maradványa a medencecsont egy részlete (5. ábra). Az egyik oldali csípőlapát figyelhető meg, illetve hátoldalán a csípőízület vápája.



5. ábra: Gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*) medencecsont (gyűjteményemből), illetve a Természettudományi Múzeum Őslénytárából (egyik oldali teljes medence, középen a csípőízület vápájával)

Sztyeppi, vagy Ősbölény (*Bison priscus*) [8, 9]

6. ábra: Ős vagy Sztyeppi bölény forrás: wikipedia



A tulokfélékhez tartozó bölény és rokonaik, mind a fű legeléséhez alkalmazkodott párosujjú patások, Észak-Amerikában alakultak ki, 15-20 millió évvel ezelőtt. Euráziában (majd később Afrikában) a pliocén időszak végén, 2-3 millió évvel ezelőtt vándoroltak be a Bering- szoros helyén kialakult földhídon, miután a globális környezetváltozás hatására a füves területek kiterjedtek. Közülük a jégkorszaki Európa füves pusztáin az Ős bölény (6. ábra) volt a leginkább elterjedt faj. A mai erdős területeken élő, az Ős bölénnyel közvetlenül nem rokon Európai bölényhez (*Bison bonasus*), illetve a fátlan társulásokon legelésző Amerikai bölényhez (*Bison bison*) képest nagyobb méretűek voltak (lásd következő fejezet), jellemző ivari kétalakúsággal rendelkeztek. A hímek nagyobb méretűek, hosszabb szarvúak voltak. Az Ős bölény rajzai, festményei megmaradtak a jégkorszaki ember barlangjaiban (pl. Altamira).

A gyűjteményemben található csontokat szintén Gasparik Mihály határozta meg. Véleménye szerint a két csont egyike felkarcsont, míg a másik egy töredékes alkarcsont (az a darab hiányzik, ahol az orsó és singcsont már elkülönülve található meg, nem tökéletesen összenőve.)



7. ábra: Ős bölény felkarcsont (humerus) (alul), illetve alkarcsont (felül)

(7. ábra,) A felkarcsont meghatározásában a könyökízületnél található felszín két csontíve által bezárt szög volt a meghatározó. Az Őslénytár gyűjteménye alapján ez a szög az ősbölény esetén nagy, míg az óriás szarvas (8. ábra), valamint a jégkorszak másik, még ma is élő nagy növényevője a jávorszarvas esetén ez az ív kisebb nyílással rendelkezik (9. ábra).

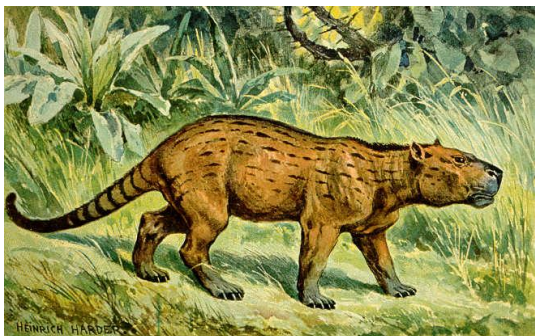


8. ábra: Óriás szarvas (*Megaloceros giganteus*) felkarcsontja



9. ábra: Jávorszarvas (*Alces alces*) felkarcsontja

A mamutok és a bölények filogenezise [16]



10. ábra: Pantodonta Forrás:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pantolambda.jpg>



11. ábra: Szirtiborzok közé tartozó nyugat-afrikai fakúszóborz

Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Yellow-spotted_Rock_Hyrax.jpg

Az ormányosok közé tartozó mamutok, míg a patások közé tartozó bölények törzsfejlődése a harmadidőszak kezdetén vált szét egymástól. Ha az egykor paleocén-eocén-oligocén időszakában élt patásokat összehasonlítjuk a mai patásokkal főképp zömöktestű, lassújárású, nehézkes állatok voltak, egyik sem hasonlít az Afrikában élő antilopokhoz és társaikhoz. Ez vezette a kutatókat arra a megoldásra, hogy az óharmadkorban élő patásállatokat külön rendszertani csoportokba sorolják. Ilyen csoport a *Subungulata* „törzs” melyben csupa nagytestű bizar külsejű paleocén-eocén időszakában élt patás állat található: az Észak-Amerikában, Ázsiában és Európában élt *Pantodonták* (10. ábra) és *Dinoceraták*. Ezekre az állatokra jellemző volt, hogy még az orrszarvúaknál is nagyobbak voltak. Agyaraikkal a ragadozókkal szemben sérthetlenséget élveztek. Idetartozik a *Pyrotheria* csoport mely külsőleg az elefántokra hasonlít, valamint a *Proboscidea*, amely már a valódi ormányosok csoportjába tartozik és a ma élő ormányosok ősei és rokonai is egyben. Az ormányosok származási ágát három csoportra osztják, melyhez csatlakozik egy negyedik csoport a *Baritherium* csoport, ami Afrikában fejlődött ki elszigetelten. Az első fő csoport a *Moeritheriumok* melyeket fogazatuk miatt sorolunk ebbe a csoportba, bár fejlődésük nem ment el az ormányossá válás felé. Rövid életű csoport volt mely Észak-Afrikában élt a felső eocénben és az alsó oligocénben. A második főcsoport már a valódi ormányosok rendje (*Elephantoidea*), melyek az oligocén végéig nem lépték át Afrika határait. Később a miocén korszakban özönlöttek be Európába és Ázsiába, majd Észak-Amerikába, végül Dél-Amerikába. Eközben gumós fogazatuk átalakult, redőssé vált, szemfogaikból 1-2 pár agyaruk fejlődött. Ez utóbbi átalakulhatott széles lapáttá vagy esetleg teljesen el is tűnhetett. Zápfoagaikon a gumók átrendeződtek, meg többszöröződtek esetleg átalakultak éles tarajjá. Koponyaformájuk lehetett magas, tornyos, de egészen rövid, vagy lehetett lapos alacsony. Két ősi családjuk a

Gomphoteriidák és a *Mammutidák* azonban ez a két csoport még a jégkorszakban kihalt, csak az *Elephantidák* a ma élő elefántok ősei élnek. Ide az ormányosok körébe tartozik még három igen elszigetelt állatcsoport, ezek a szirének, a szirtiborzok (**11. ábra**) és a *Desmostylusok*. A szirtiborzok állatcsoportjára jellemző, hogy ötujjú patásállatok nyúl nagyságúak és ősi rokonságot mutatnak a patásokkal a fogazatukban. Már az alsó oligocén időszakától kezdve őshazájuk Afrika, ahol még napjainkban is élnek megfogyatkozott csoportjaik.

Másik elszigetelt csoport szirének melyek vízi életmódra alkalmazkodott, fogazatukban az ormányosokkal rokonságot mutató állatok. Fejlődésükben nem sok párhuzam vonható le az ormányosokéval, virágkoruk a miocén volt ma már csak két nemzetségük maradt fenn. Hátsó végtagjuk visszafejlődött ennek következtében erős farkúszó jött létre, ami a víz alatti legelésre kényszerítette őket. A Pannon tengerben is megtalálhatók voltak.

A harmadik csoport a *Desmostylusok* melyek az ormányosokra igen hasonlító, nehézkes, vízparti növényevők voltak.

A patásállatok két fő csoportra oszlanak; a párosujjú patások (*Perissodactyla*) és a páratlan ujjú patásokra (*Artiodactyla*). A lábalkotásokon kívül a patás állatoknál fogazatbeli különbség is van, de a legnagyobb különbség, hogy a párosujjú patások gyakorlatilag most élők fénykorukat addig a páratlanujjúak egy a kihalás felé tartó fauna. A páratlanujjú patások egészen a *Condylarthra* típusokból származtathatók. A törzs szétválása öt ágon fut. Ez az öt önálló csoport a lófélék, *Titanotherium*-félék, *Chalicotheriumok*, tapírfélék és az orrszarvúfélék.

A csontleletek között található a sztyeppi bölény, mely a párosujjú patások közé tartozik. A párosujjúak rendjének (*Artiodactyla*) fejlődése során több zsákutcát is megfigyelhetünk. Ilyen például a gumósfogú párosujjúak (*Bundonta* vagy *Hindonta*). Sok csoportjuk az oligocén-miocén korszakban kipusztult. Ezekre az állatokra jellemző volt a nehézkes testalkat, a kezdetleges gumós fogazat, és a viszonylag rövid lábak. Ma is élő egyetlen csoportjuk a disznófélék, valamint az Észak-Amerikában élő pekarik, azonban ezek az állatok nem hasonlíthatók össze oligocén-miocén korban élt néha hatalmas testet öltő rokonaikkal. A ma élő párosujjúak a gumós fogak továbbfejlődésében, valamint a középső ujjak túltengése és az oldalsó ujjak visszafejlődésében különböznek ősi rokonaiktól.

A gumós fogak továbbfejlődésének egyik ága a tevéfélék. Fejlődéstörténetük a felső eocéntől egészen a pleisztocénig tartott. Egyik águk felköltözött Dél-Amerika hegyvidékeire az Andokba, míg a másik eljutott az óvilágba ahol a pleisztocén elején eljutott nemcsak Ázsiába hanem Észak-Afrikába és Kelet-Európába is eljutott. A tevék már sok tekintetben is egy

nagyobb fejldségi fokon levő csoport a párosujjúakon belül, ugyanis már jóval karcsúbbak és könnyebbek voltak ősi rokonaiknál.

A harmadik ágat a ma élő vízilófélék képviselik, melyek fajszáma hatalmas volt, mára csak néhány képviselőjük maradt.

A kérődzők a negyedik ágat képviselik a párosujjú patásoknak, ezek érték el a legnagyobb biológiai változatosságot a rendben. Közülük az egyik csoport a tülkösszarvúak, ezek közé tartoznak a bölények. A sztyeppi bölények származása jobbra tisztázatlan. Valószínűsítik, hogy ősei Ázsia trópusi régióiban fejlődtek ki, majd a hidegebb éghajlathoz alkalmazkodva a középső pleisztocénben (mintegy 700 000 éve) elterjedtek Eurázsia északi részein Nyugat-Európától Kelet-Szibérián át egészen Alaszkáig.

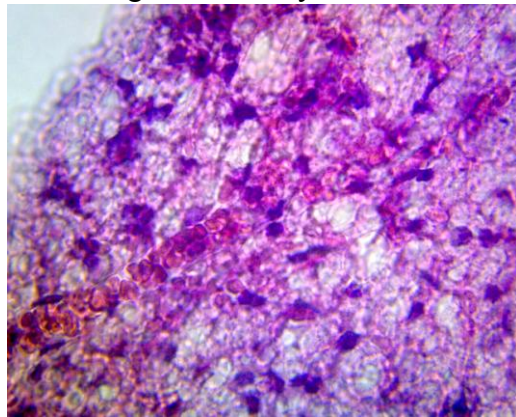
A felső pleisztocén megafauna kihalásának lehetséges okai

A kihalási okok vitatottak. Eurázsia nagytestű emlősfaunája közül néhány faj egy-egy eldugott helyen megérte a jelen kort. Az óriásszarvas i. e. 6. évezredi maradványait találták meg Nyugat-Szibériában, míg a gyaljas mamut utolsó helyileg kialakult törpe változata i. e. 2. évezred közepe körül tűnhetett el a Föld színéről. Ma Európa legnagyobb testű emlősei a barnamedve és az európai bölény.

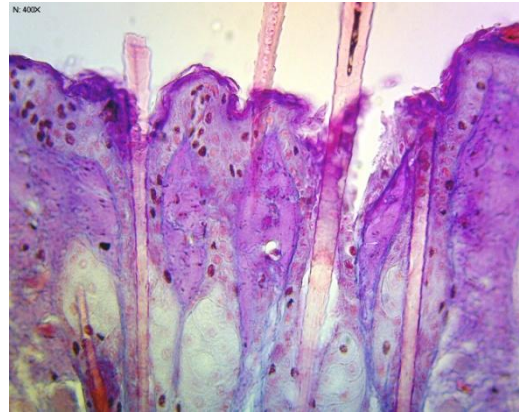
A mamutok kipusztulását sokan a terjeszkedő emberek egyre sikeresebb vadászataival magyarázzák. Az nem bizonyított, hogy ezek az ősmányosok valóban kizárólag emberi hatásra tűntek el a Földről, az azonban bizonyos, hogy az emberek evolúciójuk során egyre nagyobb hatást gyakoroltak környezetükre, s egyben a szomszédságukban élő fajokra. Az általam vizsgált élőlények rokonság és eredete

Jégkorszaki megafauna nagy testsúlyának magyarázata, a Bergman szabály

A jégkorszak hideg klímájában élő állatok számára a túlélés egyik lehetősége volt a testsúly növelése. A test egységnyi növekedése ugyanis eltérő mértékben változtatja meg a test térfogatát és a test felületét. Míg a térfogat, és a sűrűsége keresztül a tömeg a változás mértékéhez képest köbösen, addig a felület négyzetesen nő. Ez azt jelenti, hogy az egy rokonsági körbe tartozó állatok közül a nagyobb méretűek fajlagos felülete, - vagyis a



13. ábra: Barna zsírszövet: Horváth Zsolt felvétele



12. ábra: Zsírszövetet tartalmazó emberi kültakaró: Horváth Zsolt felvétele

test tömegéhez viszonyított felülete - kisebb lesz, mint kisebb nagyságúaké. Ezt a jelenséget, vagyis, hogy az alacsonyabb külső hőmérséklet hatására az egy rokonsági körbe tartozó állandó testhőmérsékletű állatok fajlagos testfelülete csökken, míg testtömege nő, Bergman szabálynak nevezzük. (14, 15. ábra) Az emlősöket felépítő szövetek közül a testhőt a az izomszövet termeli. A téli hibernált állapotból való feléledésben nagy szerepet kap a barna zsírszövet (13. ábra). A hő leadásában a test felületének, a kültakarónak van szerepe, melyet az emlősöknél a szőrzet, valamint az alatta található fehér zsírszövet erőteljesen szigetel (12. ábra).

A gyűjteményemben található állatok közül a Gyapjas mamut tömege irodalmi adatok [6, 7] alapján 6 tonna lehetett, míg a vele rokonságban levő, jóval melegebb környezetben élő Indiai elefánt esetében a legnagyobb bikák sem haladják meg az 5 tonnát.

A nagyobb testtömeg tehát evolúciós előnyt jelentett az egyre hidegebb klímában, azonban a felmelegedések során az előny könnyen visszájára fordulhatott. Ennek az a magyarázata, hogy a nagyobb testet nagyobb tömegű étellemmel kellett ellátni, amely a klímaváltozásokkal együtt járó élelemhiány miatt a kisméretűek szelekciós előnyét hozta magával. Így az interglaciálisok során a kisebb testméretű fajok terjedtek el. (A mostani felmelegedés során ezt tapasztalhatjuk

a ma élő amerikai és európai bölény, valamint a szeptei, vagy ősbölény csontvázának összehasonlításakor.)

Hasonlóan okokra vezethető vissza a gyapjas mamut utolsó populációjának kis testtömege. Ez az utolsó mamutcsoporthat (*Mammuthus primigenius vrangeliensis*) a szibériai Vrangel szigeten élt, mintegy 3700 évvel ezelőtt pusztult ki. A korábban élt mamutokhoz képest feleakkora volt, marmagassága 1,8 méter. Az utolsó felmelegedés során az addig Ázsiával kapcsolatban levő félsziget a tengerszint emelkedése miatt szigetté vált. Az itt élő gyapjas mamut populációt a táplálékhiány evolúciós nyomása törpeméretűvé alakította.



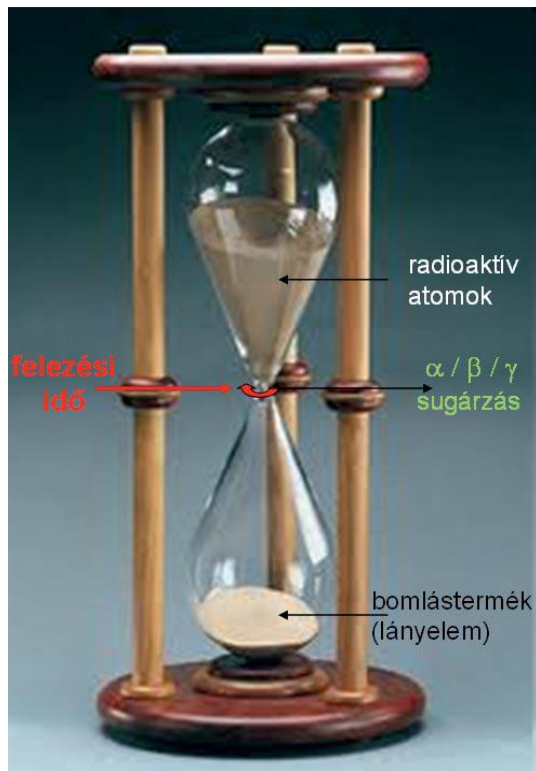
14. ábra Kárpáti barnamedve
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Barnamedve>



15. ábra Az Alaszkában élő kodiak medve (a barna medve egyik alfaja) <http://hu.wikipedia.org/wiki/Kodiak-medve>

Csontleletek abszolút korának meghatározása: radiokarbon módszer [10]

A radiokarbon kormeghatározást Willard F. Libby a chicagói egyetem professzora és csapata fejlesztett ki nem sokkal a II. világháború után. Felfedezéséért 1960-ban kémiai Nobel díjat kapott. A radiokarbon módszert kormeghatározásra lehet alkalmazni a geológiában, a geofizikában és a régészetben.



16. ábra: Radioaktív óra [10]:

A bomlásra képes radioaktív magok egy része elbomlik, ennek következtében az idő múlásával párhuzamosan a magok száma is, csökken. Azt az időt, ami alatt a radioaktív atomok száma a felére csökken felezési időnek, nevezzük. A felezési idő, különböző radioaktív atomoknál más és más lehet, de egy adott izotópra olyan jellemzést mutat ez az adat, mint embereknek az ujjlenyomat, ez alapján könnyen azonosíthatók. Független a bomlásra kész atomok számától, ugyanannyi idő szükséges ahhoz, hogy 100 atomból elbomoljon 50 atom, mint ahhoz, hogy 50 atomból 25 bomoljon el. A radioaktív mintában másodpercenként elbomlott atomokat nevezzük mintaaktivitásnak, ami csak a benne található atomoktól és a felezési időtől függ. A radioaktív óra lényegében úgy működik, mint egy

homokóra csak a felső részében az órának a bomlásra kész atomok vannak. Amikor az elem áthalad az óra nyakán sugárzást bocsát ki így az üveg alsó részébe már csak a bomlástermék, másnéven lányelem kerül. Az óra nyakbősege a felezési idő aminek a mérete egyben megszabja a homok pergésének a gyorsaságát. Ha az eltelt időt akarjuk megtudni, számolhatjuk a megmaradt atomokat, vagy a kibocsátott részecskéket (az aktivitást), de akár a létrejött atomokat is. A radioaktív atomok számát adott időpillanatban az $N = N_0 2^{-t/T}$ egyenlet határozza meg. (N az adott időpillanatban mérhető C14-es atomok száma, N_0 az állat elpusztulásának pillanatában mérhető a C14 atomok száma, t az állat elpusztulásától eltelt idő, T a C14 felezési ideje, 5730 év.) Mivel a T értéke állandó (az eltérés +/- 30 év), a $C12/C14 = 1,17 \cdot 10^{-12}$ arányt állandónak véve, méréssel a C14 mennyisége egy adott tömegű mintában megállapítható, ezért a t értéke a képlet segítségével kiszámítható. Egy adott állatban előforduló C14 aránya állandó,

mert a növényeken keresztül, a fotoszintézis folyamán az állatok folyamatosan felveszik szerves anyag formájában a radioaktív szenet, majd elégetve azt helyére másik, szintén radioaktív szén atomokat is tartalmazó anyagot építenek be.

Az ismert korú mintákon végrehajtott radiokarbon mérések fiatalabbnak mutatták a mintákat tényleges koruknál. Ekkor a tudósok a radiokarbon módszert, ismert korú faévgyűrűk C14 tartalmával kalibrálták. Kiderült, hogy a Libby féle zseniális módszer nem teljesen pontos, ugyanis a légkör C14 tartalma nem állandó, az utóbbi 1500 év alatt +/- 5%-ot ingott. Ez azt jelenti, hogy a Libby féle korok nem válthatók át naptári korokká. A megoldást egy kalibrációs adatbázis jelentette, amiben a múltbeli légköri radiokarbon tartalma szerepel, és ami által megkaphatjuk a Libby féle korokat naptári korokban. A radiokarbon módszer így alkalmassá vált 50000 évre visszamenőleg a szerves anyagot tartalmazó maradványok (jelen esetben csontok) abszolút korának meghatározására.

Szintén gondot okozott az, hogy a biokémiai folyamatok „válogatnak” a C izotópok közül, így az élő szervezetben, valamint az élettelen környezetben mérhető arányuk eltérhet egymástól. Ennek kezelésére terjedt el a C másik stabil izotópjának a C-13-nak a C-12-hez mért arányának vizsgálata, melynek segítségével kivédhető a kémiai folyamatok izotópválogatásból adódó mérési pontatlanság.

Megismerve a radiokarbon módszert kíváncsi voltam, hogy hol lehet Magyarországon ilyen vizsgálatot a birtokomban levő csontokon elvégezni. Az internetes kereső által megtalált vállalkozás az Isotoptech zRT. volt. Az általuk elvégzett vizsgálat igen drága, de felajánlották, hogy elvégzik a kormeghatározást ingyen, úgy hogy a minta előkészítésben én is részt vehetek.

A csontleleteim radiokarbon kormeghatározásának lépései [14, 15]

A csontok korának meghatározása egy rendkívül hosszú és türelmet igénylő munka volt. A Debrecenben sorra kerülő mérés során a csontleletekből vett, 0,5-1 mg mintát először sósav és nátrium-hidroxid segítségével szabadítják meg az eltemetődés során ráakódott széntartalmú szennyezőktől. A tisztítást követő kollagén kinyerési lépés után a mintát fagyasztva szárítják, hogy bemérésre alkalmas halmazállapotba kerüljön. A bemért kollagént elégetik, a keletkezett szén-dioxidot tisztítják, majd a grafitizálásnak nevezett folyamat során szilárd formába hozzák. Az így előállított grafit szinte már csak szén atomokat tartalmaz, amit egy úgynevezett nagy energiájú tömegspektrométerrel (AMS) vizsgálnak. Ennek során a mérés első lépéseként a kollagénból kinyert szénatomokat ionizálják. Ezek, a már töltéssel rendelkező részecskék mágneses térben körpályára kerülnek, melyen a nagyobb tömegű ^{14}C izotópok nagyobb sugarú görbét írnak le, mint a könnyebb ^{12}C izotópok, mielőtt az egyes detektorokban számlálásra kerülnének. A mért jelek aránya adja meg a két izotóp arányát.

Az tömegspektrometriás mérésig vezető út a következő lépésekből állt:

1. A csontlelet tisztítása ultrahangos rázatóban, majd szárítása szárítószekrényben.
2. A csont cm-es darabokra való „durva” törése.
3. A kapott csontdarabok felületének csiszolása, így a mérést befolyásoló jelentősebb szennyezésektől meg lehet szabadítani a csontot. **(17, 18. ábra)**
4. A csontdarabkák elporítása porcelán dörzsmozsárban és szitálása. Így a csontból 0,5-1 mm közötti frakciót állítunk elő. Ezt addig folytatjuk, amíg a minta tömege el nem éri az 500 mg-ot.
5. A csontot ezek után egy ún. ABA készülékkel dolgozzák fel. Az ABA név az acid, basic, acid szavakkal magyarázható, vagyis a csontot először $0,5 \text{ mol/dm}^3 \text{ HCl}$ oldattal kezelik, mellyel a csontot szennyező karbonátokat távolítják el. Ezt követi a $0,1 \text{ mol/dm}^3$ -es NaOH oldattal való kezelés, melynek során a csontlethez tapadó, savban nem oldódó huminsavaktól szabadítjuk meg a mintát. Ezek az anyagok a talajból származnak és magas széntartalmuk károsan befolyásolná a mérést. (A folyamat többszörös, ciklikusan végrehajtott lépésekből áll) **(19, 20. ábra)**
6. Az ABA lépés után a mintákat 3-as pH-ra állítják be. (Az összes lépés során szigorúan C mentes vizet szabad használni.)
7. A zselatinizáció során a mintákat 20-24 órára 75°C -os fűtőblokkba helyezik, ekkor a csont maradékából kioldódik a kollagén. **(21. ábra)**

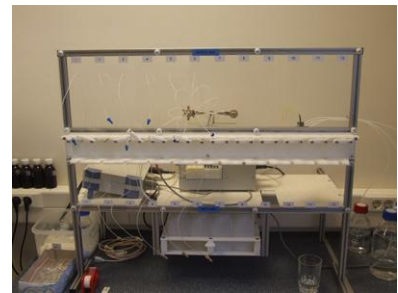
8. A következő lépés a szűrés, majd a fagyasztás. A szűrlet tartalmazza a kollagént, ezt le kell fagyasztani úgy, hogy a küvették 45° -os szögben legyenek megdöntve. Ez azért szükséges, hogy a víz minél nagyobb felületen tudjon elpárologni majd.
9. Ezek után következik a liofilizálás, melynek során a minták víztartalmát vákuummal lepárologtatjuk, így a tiszta kollagént nyerjük ki pelyhes szilárd anyag formájában. **(22. ábra)**
10. A következő lépésben a külső levegőtől teljesen elzártan szén-dioxidot fejlesztenek a kollagénból. Ezt úgy érik el, hogy egy vákuumrendszerben a mintát magas hőmérsékleten CuO jelenlétében elégetik. A folyamat során keletkezett vizet hűtött alkohol, az egyéb szennyező gázokat kemencék segítségével távolítják el a rendszerből, így tiszta szén-dioxidot kapnak, melyet üvegampullába forrasztanak. **(23. ábra)**
11. A tömegspektrometriás mérés előtti utolsó lépés a szén-dioxid szénné redukálása. Ehhez titán-hidridet (TiH_2) és cinket használnak, mint reagenseket, valamint vas katalizátort. A szén-dioxidot a reagenseket tartalmazó kémcsőbe fagyasztják, majd egy kemencében 500°C -on tartják 7 órán keresztül. A kapott grafitot végül a tömegspektrometriás méréshez használt acél targetekbe préselik. **(24, 25. ábra)**
12. Az AMS berendezésben **(26. ábra)** a C-14/C-12 arány mérése mellett, ezzel egyidejűleg történik meg a stabil izotóp arány (C-13/C-12) mérése is. Ennek mérése, más rendszerű tömegspektrométereknél jelentős problémát okoz. A mérés során a grafitból először egy cézium-ionforrás segítségével negatív töltésű ionokat hoznak létre. Az így létrejött ionnyalábból ezek után egy un. alacsonyenergiás tömegspektrométerben kiválasztják a C-12 izotópnyalábot. A mágneses térben a töltéssel rendelkező részecskék tömegüknek megfelelően eltérő sugarú körpályára kényszerülnek. A megmaradt negatív töltésű ionnyalábból ezek után egy un. fosztó gáz (nitrogén) segítségével pozitív ionokat képeznek, oly módon, hogy a vákuumban a nitrogénnel ütközve leadják azoknak elektronjaikat. Ezt követően egy nagyenergiás tömegspektrométerben történik meg az egyes C izotópok szétválasztása. **(28. ábra)**



**17. ábra: Mamutfog csiszolás előtt
(Major István felvétele)**



**28. ábra: Mamutfog csiszolás
után (Major István felvétele)**



**19. ábra: ABA készülék (Horváth
Zsolt felvétele)**



**20. ábra: Mintáim az kollagén
kinyerés után (Major István
felvétele)**



**21. ábra: Fűtő blokk (Horváth
Zsolt felvétele)**



**22. ábra: Mintáim a liofilizálás
után (Major István felvétele)**



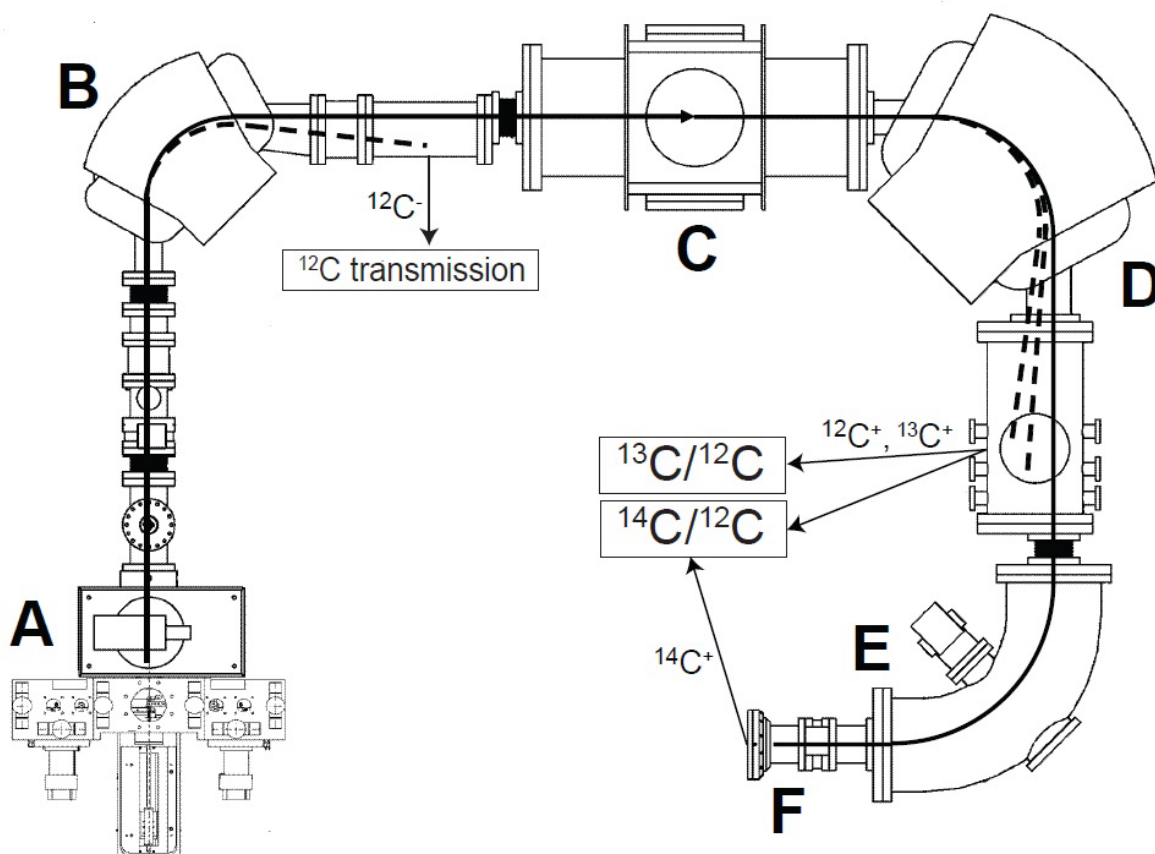
**23. ábra: A CuO-os oxidáló
vákuum technika (Horváth Zsolt
felvétele)**



**24. ábra: A titán-hidrides
redukcióhoz előkészítő vákuum
technika**



**25. ábra: A titán-hidrides
redukcióhoz használt kemencék
(Horváth Zsolt felvétele)**



26. ábra: A 14C AMS rendszer elrendezése és részei. A: ionforrás; B: kisenergiás tömegspektrométer; C: gyorsító; D: nagyenergiás tömegspektrométer; E: elektrosztatikus-tér analízátor; F: gázionizációs 14C detektor (Schulze-König et al. 2010). [14]

A mérési eredmények

Az eredményeink igen érdekesek lettek. Megállapították, hogy a bölény nagyjából 45 ezer év körül mozog ami nagyon öregnek számít ahhoz képest, hogy az emberek csak 50 ezer évig visszamenőleg tudják megállapítani a mintákat. A mamut medencecsontja is a határ körül mozog ugyanis az 40 ezer éves. A mamut fogról aminek egy darabját szintén beküldtük elemzésre sajnos nem tudtak adatot adni, ugyanis a mamut fogában csak fogcement és fogzománc található ami nem vethető össze a többi állat csontjában előforduló kollagénnel. A Debrecenben sorra kerülő mérés során a csontlelet egy darabjából savak segítségével feltárják a szerves anyagokat. Ez a csont esetében döntően kollagén, illetve ennek bomlásterméke. Ezt kiiztítják, az így előállított korom már csak szén atomokat tartalmaz, amit egy úgynevezett nagy energiájú tömegspektrométerrel vizsgálnak. Ennek lényege, hogy a mintában található szénatomokat ionizálják. Ezek a töltéssel rendelkező részecskék mágneses térben körpályára kerülnek, melyen a nagyobb tömegű C14 izotópok nagyobb sugarú görbét írnak le, mint a könnyebb C12 izotópok, mielőtt a detektorba csapódnának. A becsapódások aránya adja meg a két izotóp arányát.

Az Izotoptech ZRT. által elvégzett mérések eredményeit az alábbi táblázat foglalja össze.

Sorsz.	Minta neve	konvencionális C-14 kor (év BP) (+- 1σ)	Kalibrált naptári kor (i.e.) (1 σ)
1.	Mamut fog	NA	Sikertelen prep.
2.	Mamut medence	41.100 ± 1.600	44.000 – 41.500
3.	Sztyeppi bölény 1	> 45.000	> 45.000
4.	Sztyeppi bölény 2	> 45.000	> 45.000

Eredmények értékelése

Az általam beküldött fogleletek gyapjas mamuttól (*Mammuthus primigenius*), míg a csontleletek a sztyeppi bölénytől (*Bison priscus*) és a gyapjas mamuttól származnak. Ezerk a bölény felkar és alkarcsontjai voltak. Mivel a dél-pesti kavicsbányákból kerültek elő, melyek az egykori Duna kavics hordalékkúpján jöttek létre, nem lehet tudni az előkerült élőlények származási helyét. A valamikori Duna vízgyűjtő területén éltek, vagyis Európa nyugati, északi területein. Valószínűleg ezek a fossziliák nem egy élőlénytől származtak.

A radiokarbon mérés alapján a leletek korát csak a mamut medence esetén lehet behatározni a mamutfog nem mérhető csontkollagénből kiinduló radiokarbonos méréssel, míg a bölények fosszilizációs ideje a radiokarbon mérés határán túl van. Valószínűnek tűnik, hogy minden lelet az utolsó eljegesedés időszakából származik.

Az általam elvégzett vizsgálatok arra voltak alkalmasak, hogy egy szerény áttekintést nyújtsak az őslénytannál használatos módszerekről, illetve a Bergman szabályt felhasználva próbáljam magyarázni ezen élőlények testfelépítését.

Összefoglalás

Lakóhelyem, Isaszeg közelében működő kavicsbányákból előkerült jégkorszaki megafauna csontleletek készítették a dolgozat megírására.

Ezek a bányák a Pesti-síkság kistájon, Bugyi, Kiskunlacháza környékén találhatók, az ősz Duna egykori hordalékára épültek. A hatalmas kotrógépek a nagy mennyiségben kitermelt kavics mellett felszínre hoznak csontleleteket is. Ezek a csontok azoktól a hajdan, az ősz Duna vízgyűjtő területén élt állatoktól származnak, melyek a 10000 éve véget ért utolsó eljegesedés megafaunáját alkották.

A megafaunát nagy testű emlősök alkották, közöttük egyaránt előfordulnak növény, mindenevő, és ragadozó állatok. Erre a faunára azért szorítkozott az általam vizsgált állatvilág jellemzése, mert a sóderbányászás során elsősorban nagy testű, tíz kilónál nagyobb, de leginkább a több száz kilós egykor élt emlősök csontjai gyűjthetők.

A jégkorszakok kialakulását valószínűleg csillagászati eseménysorok együttes előfordulása okozza, ezek ciklikus lehűléseket okoznak a Földön. Az egykor keletkezett üledékekben az oxigénizotópok megoszlása alapján ma már pontos ismereteink vannak az eljegesedések, és felmelegedések klímájáról.

A hideg klímában élő állatok a Bergman szabálynak megfelelően nagyobb testűek, és ez által kisebb fajlagos felületűek voltak.

A gyűjteményekben található Gyapjas mamut (*Mammuthus primigenius*), valamint Ősbölény (*Bison priscus*) csontok révén az egykor a Duna vízgyűjtőterületén élt jégkorszaki fauna két jellegzetes, nagyszámban élő növényevő emlős állatáról szereztem információkat.

A csontleletek abszolút korát a radioaktív kormeghatározási módszerekkel lehet kideríteni, relatív koruk a szedimentációs törvények alapján adható meg. Ez utóbbiak a bányászás, és a Duna hordalékképzése miatt nem alkalmazható. Az abszolút kormeghatározást a debreceni Izotoptech ZRT végezte el, a mért eredmények a következő táblázatban láthatók:

Sorsz.	Minta neve	konvencionális C-14 kor (év BP) (+- 1□)	Kalibrált naptári kor (i.e.) (1 □)
1.	Mamut fog	NA	Sikertelen prep.
2.	Mamut medence	41.100 ± 1.600	44.000 – 41.500
3.	Sztyeppi bölény 1	> 45.000	> 45.000
4.	Sztyeppi bölény 2	> 45.000	> 45.000

Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom megírásában nagy segítséget nyújtott Gasparik Mihály a Természettudományi Múzeum Őslénytárának főmúzeológusa. Ő határozta meg a csontleleteket. Nagy élményt jelentett a Természettudományi Múzeum raktárában tett látogatás, ahol összehasonlíhattuk az általunk behozott csontmaradványokat a múzeumban őrzött anyaggal.

Köszönetet szeretnék mondani Veres Mihálynak, aki lehetővé tette, hogy a C-14-es mérést térítés mentesen el lehessen végezni, és nagyon érdekesen bemutatta az Atommagkutató Intézet és a Hertendi Ede Környezetnanalitikai Laboratórium történetét a kezdetektől egészen napjainkig. Előadásában megismerkedhettem a C-14-es mérés történetével, buktatóival, a korábban használt gázproporcionális számlálási technikával felszerelt készülékkel.

Szeretném megköszönni Major Istvánnak a segítségét, aki elvégezte a csontok preparálását a minták előkészítését, valamint a dolgozat írásában nyújtott nagyon fontos tanácsokat és ellenőrizte a leírtakat. Munkájukkal nagymértékben segítették előre a dolgozatomat, amit nem tudok eléggé megköszönni.

A legtöbb segítséget azonban Horváth Zsolt tanár úrtól kaptam, aki a felkészítő tanárom volt. A különböző mérésekkor valamint a dolgozathoz szükséges adatok összegyűjtésében és megírásában is mindig segítséget nyújtott.

Irodalomjegyzék

- [1]: http://hu.wikipedia.org/wiki/Magyarorsz%C3%A1g_v%C3%ADzrajza
- [2]: http://library.thinkquest.org/04oct/00845/kialakulas_hu.html
- [3]: <http://www.fajltube.com/biologia/fizikai/A-jegkorszakok-kialakulasanak-15415.php>
- [4]: Gasparik Mihály: Az állatvilág jégkorszaki és jelenkori fejlődése Magyarország területén, Lacertina füzetek, 3. oldal
- [5]: http://hu.wikipedia.org/wiki/Pleisztoc%C3%A9n_megafauna
- [6]: Gasparik Mihály: Az állatvilág jégkorszaki és jelenkori fejlődése Magyarország területén, Lacertina füzetek, 16. oldal
- [7]: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Mamut>
- [8]: Gasparik Mihály: Az állatvilág jégkorszaki és jelenkori fejlődése Magyarország területén, Lacertina füzetek, 14. oldal
- [9]: <http://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%B6l%C3%A9ny>
<http://hu.wikipedia.org/wiki/B%C3%B6l%C3%A9ny#.C5.90sb.C3.B6l.C3.A9ny>
- [10]: Svingor Éva: A radiokarbon szerepe a régészetben Természet Világa folyóirat 2011 július 316-318 oldal
- [11]: Gábis Gy., Marik M., Szabó J. (1991): Csillagászati földrajz Tankönyvkiadó, Bp.
- [12]: Major György. (2006): A Milunkovics-Bacsák elmélet és az éghajlatváltozások, Légekör, 20-24
- [13]: Udvarhelyi K., Futó J., Moholi K., Páristáné Erdős M., Zétényi E., (1973) Magyarország természeti és társadalmi földrajza, Bp
- [14]: Molnár M., Rinyu L., Janovics R., Major I., Veres M.: Az új debreceni C-14 AMS laboratórium bemutatása Archeometriai Műhely 2012/3.
- [15]: Csontfeltárási protokoll: Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium, MTA ATOMKI – ISOTOPTECH Zrt. belső anyaga
- [16]: Tasnádi Kubacska András (szerk.): Az élővilág fejlődéstörténete Az élővilág fejlődéstörténete (A Természet Világa) (1964); Budapest: Gondolat.
- A címlap a <http://www.google.hu/imgres?q=j%C3%A9gkorszak&hl=hu&sa=X&biw=1366&bih=653&tbn=isch&prmd=imvns&tbnid=cYbK--röl> lett letöltve

Tartalomjegyzék

Bevezetés	1 oldal
A Duna kialakulása és hordaléka	1. oldal
A jégkorszakok kialakulásának feltételei, a pleisztocén jégkorszakok	2. oldal
A pleisztocén jégkorszakok megafaunája, csontleleteim alapján	5. oldal
Gyapjas mamut (<i>Mammuthus primigenius</i>)	6. oldal
Sztyeppi, vagy Ősbövény (<i>Bison priscus</i>)	7. oldal
Mammutok és bövények filogeneze	9. oldal
A felső pleisztocén megafauna kihalásának lehetséges okai	11. oldal
Jégkorszaki megafauna nagy testsúlyának magyarázata, Bergman szabály	12. oldal
Csontleletek abszolút korának meghatározása: radiokarbon módszer	14. oldal
A csontleleteim radiokarbon kormeghatározásának lépései	16. oldal
A mérési eredmények	20. oldal
Eredmények értékelése	21. oldal
Összefoglalás	21. oldal
Köszönetnyilvánítás	23. oldal
Irodalomjegyzék	24. oldal
Melléklet	26. oldal

MELLÉKLET:

VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV

Megrendelő neve: Horváth Zsolt

Megrendelő címe: Gödöllői Református Líceum

Minta neve (kódja): Mamut és sztyeppi bölény

A minta beérkezésének ideje: 2012.12.21.

Vizsgálati módszer: ^{14}C kormérés AMS módszerrel ($\square^{13}\text{C}$ korrigált)

Vizsgáló berendezés neve és azonosítója: AMS C-14 mérés

Melléklet: ...2.... db, oldalak száma: 3

A vizsgálat költsége: csontminta: -

A vizsgálat elvégzésének ideje: 2013. január.

Az eredmény küldésének módja: Az eredményt e-mailen küldjük.

A vizsgálati eredmények csak a megvizsgált, illetve azzal azonos összetételű, valamint az azt reprezentáló berendezésekre vonatkoznak.

A vizsgálati eredményekkel szembeni reklamációt 10 napon belül fogadunk el.

A vizsgálati jegyzőkönyvet a MTA ATOMKI-HEKAL engedélye nélkül csak teljes terjedelmében szabad lemásolni.

Debrecen, 2013.02.01.

1. MELLÉKLET

Sorsz.	AMS mérés kód	Minta neve	konvencionális C-14 kor (év BP) (+- 1□)	Kalibrált naptári kor (i.e.) (1 □)
1.	DeA-	Mamut fog	NA	Sikertelen prep.
2.	DeA-2207.1.1	Mamut medence	41.100 ± 1.600	44.000 – 41.500
3.	DeA-2208.1.1	Sztyeppi bölény 1	> 45.000	> 45.000
4.	DeA-2209.1.1	Sztyeppi bölény 2	> 45.000	> 45.000

A mért konvencionális radiokarbon korok kalibrációs jegyzőkönyve a RADIOCARBON CALIBRATION PROGRAM REV6.1.1 szoftverrel készült. Lásd következő oldal(ak)!

Debrecen, 2013.02.01.