

## CELEBRATING KATI, THE FRIEND, COLLEAGUE AND EDITOR

*Judit Regenye*

*Celebrating Katalin T. Biró – known as TBK to her friends and colleagues – with a volume devoted to archaeometry was an evident idea and we strongly hope that will be a source of great joy to the celebre. Compiling a book on petroarchaeology would have also been appropriate as her oeuvre in that discipline is likewise invaluable.*

*At the beginning of her career, identifying the raw material of stone tools was not an indispensable part of archaeological analysis, especially not in post-Palaeolithic research. Kati's studies in geology and her early interest in the Palaeolithic, however, have led her to include neolithic stone tools in this type of inquiry. Fortunately, leaders of the State Geological Survey of Hungary (MÁFI) were committed to promoting interdisciplinary research at the time and supported this type of work in major ways. However, changes in the institution's leadership resulted in weakening the positive attitude toward archaeology, thus Kati became interested in informatics. In fact, this volume could be a collection of IT studies as well, as developing information systems in Hungarian museums could not be discussed without mentioning the acronym: TBK. The years spent at the Central Directorate of Museums and Department of Informatics of the Hungarian National Museum (a unit she subsequently headed) were the early years of implementing IT in Hungarian museums. Museums in the countryside were connected to a network and everybody studied DataEase, the database program recommended to museums. During the centrally organized courses she taught colleagues had to memorize the name of Kati's cat, Tina, who was immortalized in the form of the password. Kati also played a leading role in the preparation and nationwide promotion of Statutory Rule no. 20/2002, concerned with the use of informatics in museum inventories.*

*Our joint work began in these happy and peaceful times in the survey area of the Veszprém museum, the Bakony Hills. We had already known each other for a while: both of us were archaeology students although at different universities – Kati at the Loránd Eötvös University in Budapest, myself at the Attila József University in Szeged. We first met at the excavation directed by Júlia Szénászký and György Goldman in Battonya, southeast Hungary. The Battonya excavations have gained historic significance*

## KATI, A BARÁTUNK, KOLLÉGÁNK ÉS SZERKESZTŐNK KÖSZÖNTÉSÉRE

*Regenye Judit*

TBK-t archeometriai kötettel köszönteni – magától értetődő gondolat és reményeink szerint örömet okoz. Persze éppúgy felmerülhetett volna a petroarchaeológiai kötet ötlete, azon a területen nem kevésbé elvülhetetlenek az érdemei.

Pályája kezdetén a könyrsanyag-azonosítás a régészeti kutatásnak nem volt még elengedhetetlen része, a paleolitikumot követő korok tekintetében semmiképp. Geológiai tanulmányai, a paleolitikum iránti kezdeti érdeklődése vezették arra, hogy a neolitikus kőeszközök vizsgálatát ebbe az irányba bővítsse. A Magyar Állami Földtani Intézetnél (MÁFI) akkoriban a vezetés interdiszciplináris elkötelezettségének hála, komoly lehetőség adódott az ilyen típusú munkákra. Később, a MÁFI vezetésében és ennek következtében az intézet régészet iránti elkötelezettségében beállt változás miatt kitérőt tett az informatika felé. Tehát lehetne ez éppenséggel egy informatikai kötet is, mert a múzeumi informatikáról sem lehet beszélni nevének említése nélkül. A Központi Múzeumi Igazgatóságnál (Könyves Kálmán krt.) és a Magyar Nemzeti Múzeum informatikai főosztályán töltött évei, utóbbinak vezetése egybeesnek a hazai múzeumi informatika hőskorával. Akkortájt épültek ki a vidéki múzeumokban a hálózatok, tanulta mindenki a DataEase adatbázis kezelését az általa szervezett központi továbbképzéseken, és ismerkedett meg mindenki TBK aktuális macskájának (Tina) nevével, lévén az a jelszó. A 20/2002. évi múzeumi informatikai-nyilvántartási rendelet előkészítésében, majd annak országos megismertetésében vezérszerepet játszott.

Közös munkánk ezekben a boldog békeidőkben kezdődött a veszprémi múzeum gyűjtőterületén, a Bakonyban. Ismeretségünk még régebbi, mindketten régészhallgatók voltunk – Katalin az ELTE, jómagam a JATE hallgatója – első találkozásunk idején Szénászký Júlia és Goldman György battonyai ásatásán. Tudománytörténeti jelentőségük a battonyai ásatások, a ma, a neolitikummal foglalkozó régészeknek ez a generációja nyaranta ott találkozott. A veszprémi múzeum régészeti gyűjteménye igen gazdag felszínen gyűjtött neolitikus kőeszközökben, elég csak a Vázsonyi-medencére utalni. A könyrsanyag forrása a ma már ikonikus névnek számító szentgáli Tüzköves-hegy volt. A nyersanyag geológiai azonosítását követően a kitermelőhely lokalizálása majd feltárása következett az 1980-as évek első



**1:** Egyetemistaként, **2:** esküvő, **3:** fürdőzés a Répcében (Gór, 1990), **4:** Kiállítás megnyitó a veszprémi múzeumban (1995), **5:** bronzkoros konferencia kirándulásán a Bakonyban (1996), **6:** Ajka–Pálmajor (1997), **7:** ISA kiránduláson, Csesznek (1998), **8:** Kup–Egyes (2001), **9:** a Hertelendi Ede emlékülésen (2004), **10:** Kisbalaton-projekt, Vörs határában (2004)

**1:** The university student, **2:** wedding, **3:** bathing in the Répce River at Gó (1990), **4:** opening a museum exhibit in Veszprém (1995), **5:** excursion during a Bronze Age conference to the Bakony Hills (1996), **6:** Ajka–Pálmajor (1997), **7:** ISA excursion, Csesznek (1998), **8:** Kup–Egyes (2001), **9:** at the symposium in memory of Ede Hertelendi (2004), **10:** in the outskirts of Vörs, Kisbalaton-Project (2004)



*as our generation of neolithic archaeologists met there every summer.*

*The Archaeological Collections of the Veszprém museum are unusually rich in lithic finds gathered during field walks in places such as the Vázsony Basin. The source of raw materials in this area was the so-called Tűzköves-hegy (Flintstone Hill) in Szentgál. Following the geological identification of the raw material its quarry was localized and excavated during the first half of the 1980s. Our first joint excavation camps were set up in the side of Tűzköves-hegy under really hard, Spartan circumstances. It must be noted that even after we could try more comfortable venues, eventually we always moved back to this camp in the outskirts. We conducted field work focusing on neolithic stone workshops for twenty years in the Bakony Hill. First we surveyed the aforementioned Tűzköves-hegy, then Lengyel culture settlements in the surroundings of Szentgál, Ajka and Városlőd. Subsequently we carried on in Kup and Nagytevel the fell within the survey area of the Pápa museum, whose director Gábor Ilon, an archaeologist, provided substantial help. We opened small test trenches at these sites. Shortages of both time and money precluded mayor excavations. Fortunately we did not intend to fully excavate a single site, but tried to map and interpret the range of activities involved in quarrying lithic raw materials.*

*The approach and mentality adopted by TBK in scholarly conduct was a genuine novelty in Hungarian archaeology during the early 1980s. However, it fit very well with research trends internationally. This was clearly shown by the success of the conference organized in Sümeg in 1986 with the help of Erzsébet Bácskay and Katalin Simán. The proceedings, published in two volumes made us, traditional archaeologists, recognize for the first time the immense potential of studying lithic raw materials. When discussing the identification of stone raw materials, the so-called Litotéka, a reference collection of raw materials, organized by TBK in the Hungarian national Museum must also be mentioned.*

*Results obtained during the first years of research at Szentgál convinced us about the potential of this research area. Relationships between settlements of the Lengyel culture and the quarry of lithic raw materials could be clearly outlined. Thus, beyond questions of lithic technology a broader view of social dimensions could also be gained in relation to this activity. TBK's exceptional intellect is very much tuned to recognizing relationships between phenomena. In this case too, she was keenly interested in the location, influence and connections of manufacturing centres since the very beginning.*

felében. A Tűzköves-hegy oldalában voltak az első közös ásatási táboraink igazán kemény, spártai körülmények között. Meg kell jegyezni, hogy amikor módunk adódott a kényelmesebb táborozás kipróbálására, rövid kísérlet után inkább visszaköltöztünk a határba. Húsz éven keresztül kutattuk a Bakony neolitikus műhelykörzeteit, először a már említett Tűzköves-hegyet és körülötte a lengyeli kultúra településeit Szentgál, Ajka, Városlőd határában, majd Kup és Nagytevel – a pápai múzeum gyűjtőterülete, Ilon Gábor régész-igazgató támogatásával – következett. Kisfelületű szondákat nyitottunk. Sem az idő, sem a pénz nem tette lehetővé a komolyabb feltárást, mert nem egy lelőhely anyagának begyűjtésére törekedtünk, hanem a kőbányászathoz kapcsolódó tevékenységek feltérképezésére, értelmezésére.

Az a megközelítés, szemléletmód, amit TBK képviselt, az 1980-as évek elején még úttörőnek számított a magyar régészetben, de jól illeszkedett a nemzetközi kutatási irányokhoz. Ezt jól példázza az 1986-ban Bácskay Erzsébettel és Simán Katalinnal együtt szervezett sümegi nemzetközi konferencia sikere. A két kötetben megjelent előadások először szembeállítottak bennünket, hagyományos régészettel foglalkozókat a kőeszközök vizsgálatában rejlő lehetőségekkel. A kőeszköz-nyersanyagok azonosítása terén végzett munkája kapcsán nem hagyhatjuk ki a konferencia hozadékaként a Nemzeti Múzeumban létrehozott Litotéka megszervezésében játszott szerepét.

A szentgáli feltárások első éveinek eredményei meggyőztek bennünket arról, hogy ígéretes kutatási lehetőséggel állunk szemben. Markánsan kirajzolódott ugyanis a lengyeli kultúra településeinek a kitermelőhelyhez való kapcsolata. Lehetőség mutatkozott a kőbányászat technológiai kérdésein túl a tevékenység társadalmi dimenzióinak megragadására. TBK kivételes intellektuális erejével összefüggéseiben szereti látni a dolgokat, itt is kezdettől a műhelycentrumok helyzete, hatása, kapcsolatai érdekelték. A veszprémi múzeum régészeti gyűjteményének teljes kőanyagát áttanulmányozva, a feltárási, terepbejárási eredményeket hozzátéve képet kapott a kitermelés és feldolgozás intenzitásáról. A bánya és a telepek viszonyát már a felismert rendszerben értelmezve a veszprémi múzeumban 1995-ben kiállítást rendeztünk *Őskori iparvidék a Bakonyban* címmel. Csupán érdekességként említem, hogy ezen a kiállításon jelent meg először számítógép interaktív szerepben TBK ötleteként és megvalósításában.

Három évvel később jelent meg kandidátusi disszertációja, a címe szerint az alföldi neolitikumra koncentrálna, de dunántúli kitekintéssel. A kötetet a magyarországi neolitikus kőeszköz-kutatás kézikönyvének tekinthetjük. Az azóta eltelt közel két



**1:** ISA konferencián, Zaragoza (2004), **2:** esőszünetben a nagyteveli ásatáson (2004), **3:** Magyar-horvát T&T együttműködés, terepmunka Sušac szigetén (2008), **4:** könyrsanyag csomagolása Felsőörsön (2009), **5:** kőbányában - Crna Draga (2009), **6:** a kőszegi őskoros konferencián (2009), **7:** barátokkal Nagytevelen (2010), **8:** Tatán (2011), **9:** Költő Lászlóval a MTA Archeometriai Albizottságának ülésén (2012), **10:** pihenőn a Mátrában (2014)

**1:** ISA conference, Zaragoza (2004), **2:** rainy day at the Nagytevel excavation (2004), **3:** Hungarian-Croatian Intergovernmental S&T Cooperation, field work Sušac island (2008), **4:** packing lithic raw materials in Felsőörs (2009), **5:** in the quarry, Crna Draga (2009), **6:** at the Kőszeg conference of prehistorians (2009), **7:** among friends in Nagytevel (2010), **8:** In Tata (2011), **9:** with László Költő during the meeting of the Archaeometry Subcommittee of the Hungarian Academy of Sciences (2012), **10:** resting in the Mátra hills (2014)



*Having studied the entire collection of archaeological lithic materials in the Veszprém museum she compared her findings with data gained during excavations and field walks concerning the intensities of quarrying and manufacturing. After the interpretation of relationships between the lithic sources and settlements we organized an exhibition in the Veszprém museum in 1995 titled “Prehistoric industrial landscape in the Bakony Hill”. It is worth noting as a curiosity that this was the first exhibition in Hungary where computers were given an interactive role following the concept and execution by TBK.*

*Her dissertation for Academy candidature (equivalent with a PhD at the time) was published three years later. Although that work focused on the Neolithic of the Great Hungarian Plain in the east, however, Transdanubia in the west was considered as well. This volume may thus be considered a handbook on the research of Neolithic stone tools in Hungary. During the almost two decades this work has been expanded almost to the entire Carpathian Basin. TBK’s role in this type of lithic research in Croatia is especially worth mentioning.*

*In addition to her interest in the Neolithic, Kati’s research also spanned subsequent centuries. It was therefore not difficult to convince her that Bronze Age lithic industries were also worth studying. Her lectures and articles spanned that entire period beginning with the Bell Beaker culture up to the knapped and ground stone tools of the Late Bronze Age. Lately she has also begun studying modern age stone use in the form of mill-stones, surveying quarries in the Mátra hills with her volunteer team. Most recently she has also joined an international project led by the French researcher Pierre Petrequin which studies the European sourcing and distribution of jade axes. Thanks to Kati’s enthusiastic and tireless work the numbers of stone axes made from jade and eclogite have multiplied during the last two years in Hungary, having won additional international recognition to archaeometric research in Hungary.*

*As an organic component of the aforementioned projects Kati headed a Hungarian National Research Fund project between 1998 and 2002. The product of these four years was the “Raw Material Atlas” in which she summarized data on the putative raw materials of non-metal artefacts and their provenances, illustrated by a considerable body of photographs. This net-based atlas, created at the turn of the 20th and 21st century may be considered a world-wide ground breaking enterprise of our discipline.*

*During the last decade of the past century Kati had increasingly realized that archaeometry needs to be promoted and recognized in Hungary. In connection with this idea she managed to have the 31st Interna-*

évtizedben ez a munka kiterjedt a Kárpát-medence egészére. Különösen a horvátországi ilyen irányú kutatásokban játszott szerepét kell kiemelni.

Az újkőkor mellett azonban érdeklődése a kő felhasználásának későbbi évszázadaira is kiterjedt. Így természetesen rá lehetett beszélni, hogy a bronzkori kőeszközökre is szánjon némi figyelmet! A harangedényesektől a késő bronzkor pattintott és csiszolt eszközeinek is szentelt néhány előadást és tanulmányt. Ma már az újkori kőfejtők, a malomkővágás irányába is lépett. Önkéntes munkatársaival újabban a Mátra bányahelyeit faggatja. Legújában pedig bekapcsolódott a francia kutató, Pierre Petrequin által vezetett, jade kőből készült balták európai elterjedését, illetve nyersanyaga felkutatását célzó nemzetközi projektbe. Kati kitartó és szívós munkája révén az elmúlt két évben megsokszorozódott a Magyarországon fellelt jade kőből és eklogitból készült kőbalták száma, ami újabb nemzetközi elismertséget hozott a magyarországi archeometriának.

A fentiekhez szervesen illeszkedik a Kati által 1998–2002-ben vezetett OTKA pályázat keretében létrehozott „Nyersanyag atlasz”, amely Magyarországon és a környező területeken előforduló nem érces eszközök és feltételezett nyersanyagaik addig ismert adatait és előfordulását foglalta össze jelentős számú fotóval is kiegészítve. Ez a 20–21. század fordulóján létrehozott internetes atlasz, akkortájt a szakmában még világszerte is úttörőnek számított.

A múlt század 90-es éveiben Katiban egyre inkább megérlelődött a gondolat, hogy az archeometriát hazánkban minél szélesebb körben kellene terjeszteni és elismertté tenni. Ennek kapcsán elérte, hogy 1998-ban Magyarországon kerüljön megrendezésre a „31st International Symposium on Archaeometry” (ISA) konferencia, ami az archeometriában tevékenykedő kutatók nemzetközileg legrangosabb találkozója. Igazán ekkor figyeltek fel külföldön a magyarországi archeometriai kutatásokra és az archeometria terén ez alapozta meg jó hírünket a nagyvilágban. Tulajdonképpen ennek folyománya volt, hogy szintén Kati vezetésével megrendezhettük 2007-ben a kerámia archeometriát művelők legrangosabb európai konferenciáját, az EMAC-ot (European Meeting on Ancient Ceramics).

Emellett TBK az archeometria oktatását is szívügyének tekintette. 1994 és 2006 között rendszeresen tanított a szombathelyi Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola régésztechnikus képzésén. 2001 tavaszán pedig először került meghirdetésre az ELTE geológus szakos hallgatói számára „Az archeometria geológiai vonatkozásai” című speciális kollégium, amit Szakmány Györggyel együtt tartottak. Ezt később a BSc-MSc rendszer bevezetésével a BSc Földtudomány szakosok számára tartott „Archeometria”

*tional Symposium on Archaeometry (ISA) organized in Hungary in 1998. This event is the most prestigious international meeting of researchers in archaeometry. It was this time that archaeometrical investigations in Hungary received major attention abroad contributing to our positive image in the world. As a continuation of this trend in 2007 we had the opportunity to also organize the 9th European Meeting on Ancient Ceramics (EMAC), the most important European forum for scholars engaged in the archaeometry of ceramics.*

*In addition to these organizational achievements TBK also participated in training archaeologists. Between 1994 and 2006 she regularly held a course for excavation technicians at the Dániel Berzsenyi Teachers' College in Szombathely. During the 2001 spring term the course titled "Geological aspects of archaeometry" was taught for the first time at the Department of Petrology and Geology at ELTE in Budapest. She taught this course in cooperation with György Szakmány. Following the introduction of the Bologna system in Hungary in which BSc and MSc level tuition were separated, this course was subdivided into "Archaeometry" (BSc in geology) and "The archaeometry of lithic tools, ceramics and metals" (MSc in geology). The latter was subsequently incorporated into the MSc Programme in Ecology in cooperation with Ferenc Molnár and Gabriella Kiss. These courses helped launching the careers of several specialists in archaeometry. Moreover Kati is a member of the Doctoral School in Geology, Faculty of Science, at the Loránd Eötvös University. She delivered several courses on this forum on the history of various types of mineral raw materials. She also supported the work of several graduate students in archaeometry in the writing of their theses.*

*One of her most lasting contributions is the electronic journal titled Archeometriai Műhely. This net publication, launched in 2004, was planned and created and is run by her as editor-in-chief. The first number was edited from the Hungarian papers and posters presented at the 39th conference of ISA in Zaragoza. Issues of the journal are usually edited by major topics or compiled from the materials of Archeometriai Műhely academic meetings organized by TBK herself or other scholarly symposia. As an acknowledgement of the journal's high standing, however, an increasing number of authors submit manuscripts on a variety of independent topics in archaeometry. Notably, the journal has been registered with Scopus. Technical editing is carried out by Kati herself.*

*Indubitably, Hungarian archaeology has a lot to thank to Katalin T. Biró – and the story is not over yet! We wish her a happy 60th birthday with this special issue of the journal she initiated.*

valamint az MSc Geológusok számára meghirdetett „Kőeszközök, kerámiák és fémek archeometriája” tárgyak váltották fel. Ez utóbbi Molnár Ferenc, illetve Kiss Gabriella körtemüködésével később a Környezettan MSc szakba is beépült. Ezek a kurzusok számos, ma már elismert archeometriával foglalkozó szakembert indítottak el ezen az úton. Emellett Kati tagja az ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskolájának, amelyben több kurzust is tartott a különböző típusú ásványi nyersanyagok története témakörben. Továbbá számos archeometriai témát választó MSc diplomamunkázót és PhD hallgató munkáját segítette.

Az egyik legmaradandóbb alkotása a 2004-ben indult Archeometriai Műhely című elektronikus, interneten mindenki számára elérhető folyóirat megtervezése, létrehozása és főszerkesztése. Az első szám az ISA Zaragozában tartott konferenciájának magyar előadásai-poszterei anyagából állt össze. Az általában tematikus számok egy-egy szintén TBK által szervezett Archeometriai Műhely előadónál, illetve más előadónál anyagából állnak össze. A folyóirat rangjának elismeréseként azonban egyre gyakrabban küldenek be a szerzők önállóan, más archeometriai témákból is kéziratokat, nem beszélve arról, hogy a folyóiratot már a Scopus is jegyzi. Kati az egyes számok technikai szerkesztését is saját kezűleg végzi.

A magyar régészet sokat köszönhet T. Biró Katalinnak, ez vitán felül áll – és még nincs vége!

Ezzel a számmal kívánunk Neki boldog 60. születésnapot!

# A DEBRECENI GÁZTÖLTÉSŰ PROPORCIONÁLIS SZÁMLÁLÓCSÖVES (GPC) C-14 LABOR NEMZETKÖZI ÖSSZEMÉRÉSEINEK ÉRTÉKELÉSE

## OVERVIEW OF THE INTERNATIONAL INTERCOMPARISONS OF THE GAS PROPORTIONAL COUNTING (GPC) C-14 LABORATORY, DEBRECEN, HUNGARY

SVINGOR ÉVA, MOGYORÓSI MAGDOLNA, FUTÓ ISTVÁN,  
VERES MIHÁLY, MOLNÁR MIHÁLY, RINYU LÁSZLÓ

Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium, MTA Atomki – Isotoptech Zrt, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

[e-mail: svingor.eva@gmail.com](mailto:svingor.eva@gmail.com)

### Abstract

*An intercomparison is the best scientific tool to determine the current status of laboratory comparability. It is a foundation for formal quality control at an individual laboratory level, fosters a harmonization amongst laboratories and provides an independent and verifiable measure of interlaboratory comparability for the user. The ATOMKI GPC laboratory took part in the last three International Radiocarbon Intercomparison (TIRI, FIRI, VIRI). The samples' activities spanned the activity range from "modern" to "close to background", and they represented a wide scale of materials. Altogether 29 samples were analyzed during the courses. Six of them were "modern", three were "close to background" and the age of 20 samples varied from 1600 BP to 19 000 BP. In this time span 14 of our measured data agreed with the consensus values at  $1\sigma$ , 5 of them at  $2\sigma$  confidence level. The difference between the consensus and measured values was a bit larger than  $2\sigma$  for TIRI L (whalebone). This sample belonged to the special samples. It was sent to check the minimum carbon quantity for measurements and it contained cc 0.5 g C. The "close to background" means for us 35–40 000 BP.*

### Kivonat

Az összemérés a legjobb tudományos eszköz egy laboratórium megbízhatóságának ellenőrzésére. Ez egy hivatalos keret a minőségbiztosítás érdekében, mely a laborok közötti összehangoltságot erősíti és a felhasználók számára pedig az eredmények összehasonlíthatóságának független és igazolt mércéje. Az ATOMKI GPC laboratóriuma a legutóbbi három (TIRI, FIRI és VIRI) nagy nemzetközi radiokarbon összemérésben vett részt. A minták aktivitásszintje a „maitól” a „közel háttér”-ig terjedő tartományt ölelte fel, a lehetséges mintatípusok széles skáláját bevonva. Összesen 29 különböző mintát mértünk. Ebből hat volt mai/modern, három volt közel a háttér szinthez és a maradék húsznak a C-14 kora 1600 BP és 19000 BP között változott. Ebben az utóbbi korintervallumban a laboratóriumunk által mért C-14 korok 14 esetben 1 szigmás, 5 esetben pedig 2 szigmás konfidenciaszint mellett megegyeztek a konszenzus-értékekkel. A TIRI L (bálnacsont) minta esetén a konszenzus-érték és az általunk mért kor közötti különbség valamivel nagyobb volt, mint a 2 szigmás konfidenciaszint. Ez egy speciális minta volt, mindössze kb. 0,5 g volt a teljes széntartalma és a méréshez szükséges minimális mintamennyiség meghatározására szolgált. A „háttérközel” a mi GPC laborunk esetében a 35–40000 év BP-t jelentette.

KULCSSZAVAK: NEMZETKÖZI RADIOKARBON ÖSSZEMÉRÉS, TIRI, FIRI, VIRI, KONSZENZUS-ÉRTÉK

KEYWORDS: INTERNATIONAL RADIOCARBON INTERCOMPARISON, TIRI, FIRI, VIRI, CONSENSUS VALUE

### Bevezetés

Talán még Libby sem sejtette, hogy felfedezettjére milyen óriási tudományos karrier vár: a régészeti, hidrológiai és negyedikévszaki kutatásokon (kormeghatározás, klímakutatás) túl beépült a légkörfizikai, oceanográfiai, biológiai, orvosi és gyógyszerkutató-sok fegyvertárába is. Nem kevésbé fontos a szerepe a környezetvédelemben (légszennyezés, nukleáris létesítmények kibocsátásai, talajerózió, stb.) sem. A lista valószínűleg még nem teljes és napról napra hosszabb lesz. Nem csoda hát, hogy a C-14 mérés-

sével foglalkozó laboratóriumok gombamód szaporodnak, számuk ma jóval 100 fölött van. Vannak közöttük nagy múltú, sok ismerettel bíró műhelyek, és vannak nemrég alapított, kevés tapasztalattal rendelkező laborok. Egyesek a témák széles skáláját művelik, mások kifejezetten egy – egy adott területre szakosodtak. Érthető, hogy az alkalmazott vizsgálati eljárások (mintakezelés, előkészítés, mérőműszer, sztenderdek, háttér-anyagok, stb.) eltérőek. A megoldásra váró problémák viszont földrajzi és politikai



határokat nem ismernek, így több helyen végeznek azonos témakörhöz kapcsolódó kutatómunkát. *A közös siker kulcsa, hogy a különböző laboratóriumok mérési eredményei kompatibilisek legyenek. A felhasználóknak tudniuk kell, hogy egy adott labor mérései mennyire megbízhatóak. A laboroknak pedig létkérdés, hogy méréseik igazoltan a valós értékeket adják.* A kis mérési hiba (szórás vagy mérési bizonytalanság), vagy az azonos mérési protokoll mellett megismételt mérések eredményeinek kis eltérése (precizitás) nem garantálja a mérés pontosságát. Lehetnek a rendszerben olyan állandó hibák, amit egy laboron belül nehezen lehet azonosítani. A pontosságot, azaz a megbízhatóságot legjobban a nemzetközi megmértetés igazolhatja (Svingor, 2012).

A radiokarbon méréssel foglalkozók korán felismerték a rendszeresen szervezett nemzetközi összemérések fontosságát. Az első összemérésen (1978/79) még mindössze 15 labor vett részt, de már ennek kiértékelése is az eredmények közti eltérések számos okára világított rá (Currie & Polach 1980): a minták előkészítésére, a szén kinyerésére alkalmazott módszerek, mérőműszerek különbsége, hibaszámítás. Az adatok feldolgozása évekig tartott, de a hibák korrekt, matematikai elemzése a nem egységes adatszolgáltatás miatt megghiúsult. 1986-ban egy újabb, célzottan felépített vizsgálsorozatot indítottak (Scott et al. 1986), amely elsősorban a minta-előkészítés/feltárás során fellépő analitikai problémákra, illetve a mérési hibák számítására, megadására koncentrált (Scott et al. 1990). Long (1990) pedig a tapasztalatok alapján egy minőségbiztosítási protokollt dolgozott ki. Ennek sarkalatos pontja a minőség-ellenőrzés, amelyet a laborok referencia anyagok rendszeres mérésével valósíthatnak meg. Ehhez nagy mennyiségben előállított, jó minőségű, homogén természetes anyagokból álló (előkészítést is igénylő) mintákra van szükség, amelyek legvalószínűbb C-14 aktivitását/BP korát nemzetközi összemérésen elfogadott konszenzus-értékek adják. A következő összemérésnek már ilyen referencia anyagok előállítása volt az elsődleges célja (Rozanski et al. 1992). A munkát a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) koordinálta, 6 referencia anyagot eredményezett (IAEA C-1 – C-6). Anyaguk fa (2 minta), cellulóz (1 minta), karbonát (2 minta) és cukor (1 minta). Tömegük egyenként 50 – 80 kg, aktivitásuk 0 – 150 pMC (a teljesen inaktív fossziliztól az atombomba-csúcsal szennyezett mintáig), vagyis  $^{14}\text{C}$  tartalmuk igen széles tartományt fed le. Ezekből az anyagokból már az összemérésekhez is több mérésre elegendő mennyiséget kaphattak a laborok, nagyobb részüket referencia anyagként tartják nyilván, ma is beszerezhetőek.

A mérőműszerek ellenőrzésére/kalibrálására nemzetközi sztenderdek szolgálnak. Ezek mesterségesen

előállított, pontosan ismert  $^{14}\text{C}$  aktivitású, nagy tisztaságú anyagok, mérésük semmilyen analitikai előkészítést nem igényel. A teljes mérési folyamat, azaz az analitikai módszerek és a mérőműszerek együttes teszteléséhez (laboron belüli minőség-ellenőrzés) a mérési gyakorlatban gyakran előforduló mintatípusokból készült referencia anyagok, sőt ezek sorozata szükséges, ha a mérések megbízhatóságát széles korintervallumra igazolni akarjuk.

A referencia anyagok léte azonban nem csökkenti az összemérések jelentőségét. (1) Az ismert korú anyagok mérése nem azonos fajsúlyú a „vak” minták mérésével. (2) Az összeméréseken derül ki, hogy jelenleg hol a helyünk a világban a mérések szórása, precizitása, és főleg pontossága (megbízhatósága) tekintetében. (3) Az eredményeket az alkalmazott mérési protokoll lényeges pontjainak megadásával együtt kéri. Sok labor mérési módszereit és eredményeit elemezve azonosíthatók az eredmények közötti eltérést okozó tényezők, ez alapján javíthatók a mérési protokollok. (4) A szédületesen gyors technikai fejlődés megköveteli az új eljárások, műszerek tesztelését, gyakran új irányt adva a fejlesztéseknek. (5) A referencia anyagok mennyisége véges, pótlásuk és az alkalmazások bővülő köre miatt szükség van újabb és újabb referencia anyagok előállítására.

Összemérések tehát már történtek és folytatódtak is. Mivel addig két nemzetközi összemérés volt (Scott et al. 1990 és Rozanski et al. 1992), a soron következő, a „harmadik” azaz TIRI (Third International Radiocarbon Intercomparison) nevet kapta 1991-ben. Ezt követte a FIRI (Forth IRI, 1999), majd a VIRI (V. IRI, 2004), és jelenleg a SIRI (Sixth IRI) előkészületei folynak. A debreceni  $^{14}\text{C}$  labor a TIRI-n, FIRI-n és a VIRI első két fordulóján még GPC laborként vett részt. A továbbiakban bemutatjuk a GPC labor szereplését a három összemérésen. Mindhárom összemérés során a Hertelendi Ede kandidátusi értekezésében leírt minta-előkészítési módszereket alkalmaztuk (Hertelendi, 1990).

### TIRI

A TIRI indulását 1991-ben, a 14. Nemzetközi Radiokarbon Konferencián (IRC) jelentették be. Az előzetesen értesített 150 labor közül több mint 90 jelezte részvételi szándékát. Ezek a laborok 1992 márciusában kapták meg a mintákat, az eredményeket 1993. márciusra várták.

Az összemérés célkitűzései: (1) segíteni a minőségbiztosítási protokoll kialakítását; (2) objektív képet adni a laborok teljesítményéről; (3) további referenciamintákat előállítani.

Az összemérés 2 fordulóból állt. Összesen 13 mintát **(1. táblázat)** készítettek a bevezetésben leírt szempontok szerint. Az első 6 mintát (A – F) valamennyi



**1. táblázat:** A TIRI összemérésre kijelölt minták (Scott 2003f)**Tab. 1.:** TIRI sample list (Scott 2003f)

Minta	TIRI kód	Kor/aktivitás
árpa zacc	A	modern
Belfasti dendro-datált fenyő	B	~ 1 felezési idő
IAEA cellulóz (IAEA-C3)	C	129,41 ( $\pm$ 0,06) pMC
tőzeg	D	< 1 felezési idő
humín-sav	E	2 – 3 felezési idő
kalcit kristály (kalcium karbonát)	F	~ 0 pMC (háttér közeli)
fa	G	> 4 felezési idő
tőzeg	H	2 – 3 felezési idő
tufa, mészkő	I	1 – 2 felezési
fa	J	< 1 felezési idő
karbonát (turbidit)	K	~ 3 felezési idő
bálnacsont	L	2 – 3 felezési idő
tőzeg	M	< 1 felezési idő

**2. táblázat:** TIRI eredmények (Scott 2003f)**Tab. 2.:** Results of TIRI (Scott 2003f)

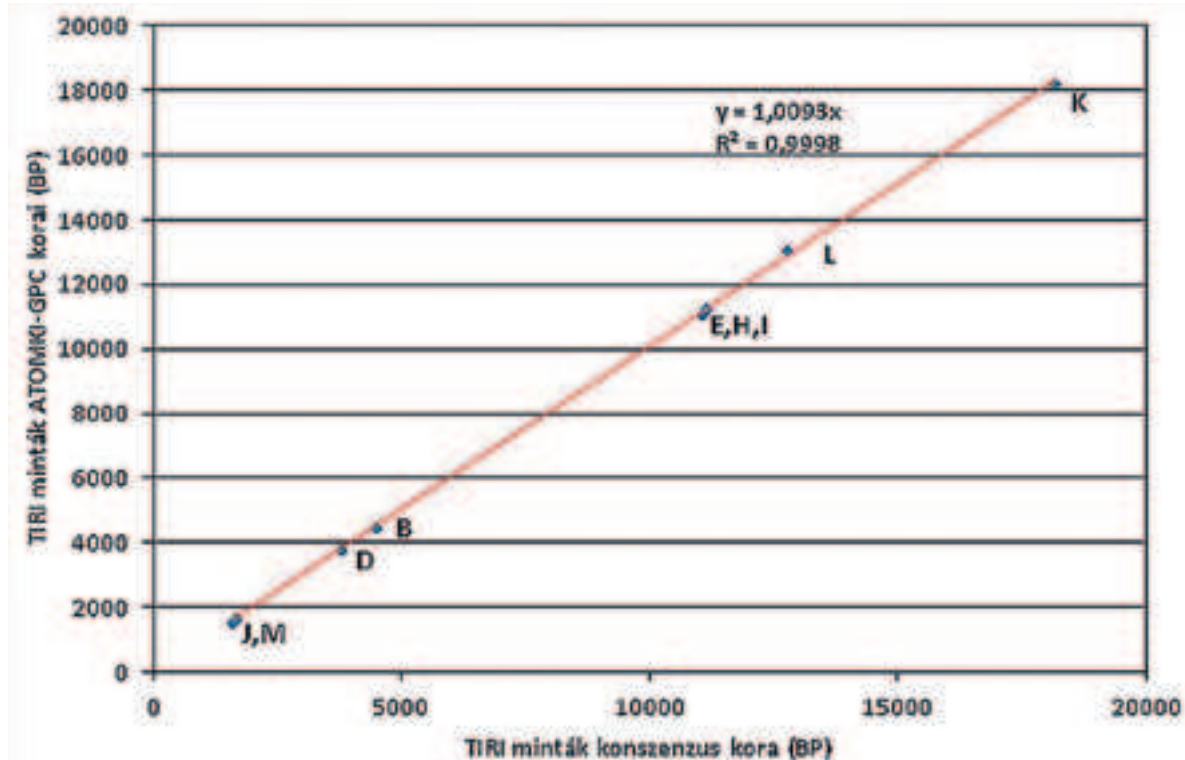
GPC lab. kód (Deb-)	TIRI kód/ mintaprep. száma	Minta típusa	Kor (BP) (ATOMKI)	1 $\sigma$	TIRI kon- szenzus érték (BP)*	1 $\sigma$
Deb-2483	B/1	fa	4500	85	4503	6
Deb-2480	B/2		4490	70		
Deb-2482	B/3		4475	70		
Deb-2450	D/1	tőzeg	3800	90	3810	7
Deb-2485	D/2		3785	90		
Deb-2430	E	humín-sav	11 250	95	11129	12
NA	F	kalcit kristály	>40000		46750	208
Deb-3394	G	fa	háttér		39784	620
Deb-3382	H	tőzeg	11 272	62	11152	23
Deb-3400	I	travertin	11 075	57	11060	17
Deb-3397	J	fa	1574	30	1605	8
Deb-3396	K	karbonát	18 260	106	18155	34
Deb-3405	L	bálnacsont	13 091	93	12788	30
Deb-3424	M	tőzeg	1664	45	1682	15
			<b>pMC</b>	<b>1<math>\sigma</math></b>	<b>pMC</b>	<b>1<math>\sigma</math></b>
Deb-2489	A/1	árpa zacc	116,0	0,84	116,35	0,0084
Deb-2434	A/2		115,9	0,74		
Deb-2493	A/3		116,9	0,76		
Deb-2775	C/1	cellulóz, IAEA C-3	129,8	0,8	129,7	0,08
Deb-3410	C/2		130,1	0,83		
NA	F	kalcit kristály	0,045	0,32	0,18	0,006

\* Scott (2003f) Tab. 6.1a, 6.1b

labor megkapta. Akik lemérték és beküldték az eredményt, választhattak a további 7 speciális, ezért kisebb mennyiségben rendelkezésre álló minta közül, hogy melyiket mérik.

Összesen 93 labor kapta meg az első mintacsomagot, és ezek közül 67-től érkezett vissza az eredmény. Ezek közül 42 LSC, 18 GPC és 11 AMS labor volt (4 labor 2–2 különböző műszerrel is mért). A laborok

listája megtalálható Scott (2003f) cikkében, a mérési eredmények táblázatát Scott (2003j) tartalmazza, a debreceni GPC labor azonosító száma 22 volt. A konszenzus-értékek kiszámításánál használt, valamennyi összemérés esetén alkalmazott statisztikus módszereket Scott (2003i) ismerteti. Valamennyi táblázatban és ábrán a Libby-féle, nem kalibrált BP kor (Svingor 2012) szerepel.



**1. ábra:** A TIRI minták ATOMKI – GPC laboratóriumban mért BP korai vs. konszenzus-értékek. A mérési hibák a markereknél kisebbek. (Scott, 2003f)

**Fig. 1.:** Ages in BP for TIRI samples: ATOMKI – GPC results vs. consensus values. Error bars are shorter than the markers. (Scott, 2003f)

A **2. táblázatból** láthatjuk, hogy 40 ezer BP körül a debreceni GPC labor elérte teljesítőképessége határát. (Azért tegyük hozzá, hogy a TIRI F mintára az ATOMKI-ban mért  $(0,045 \pm 0,32)$  pMC aktivitásnak nagyobb ugyan a hibája, mint az elfogadott  $(0,18 \pm 0,006)$  pMC értéké, de elég merész dolog egy csaknem 50 ezer éves kristályos képződmény korát 200 év pontossággal megadni.) Az 1000 és 20 000 BP közötti korintervallumban eredményeink valamennyi mintatípusnál jól egyeznek a konszenzus-értékekkel (**1. ábra**). Az összemérésen nem szerepeltek 20 és 40 ezer BP közötti időszakból származó minták, így nem tudjuk, ezen belül meddig megbízhatóak a méréseink.

### **FIRI**

Az előzőek tanúságai alapján a negyedik összemérés (FIRI, 1999) célkitűzései kicsit módosultak (Scott 2003a). Ezek a következők voltak:

- Az AMS, LSC és GPC laborokban végzett rutin analizisek összehasonlíthatóságának vizsgálata.
- Az eltérések okainak és mértékének számszerűsítése.
- A mintaméret, előkezelés és pontossági követelmények hatásainak vizsgálata.

A minták kiválasztásának szempontjai bővültek:

- $^{14}\text{C}$  aktivitásuk homogén legyen, és fedje le a moderntól a háttér-közeli értékekig a teljes mérhető tartományt.
- Legyen köztük 2 azonos, de más megjelöléssel szereplő minta.
- Legyen köztük olyan, ami már az előző összeméréseken is szerepelt. Mennyiségük elég legyen ahhoz, hogy új referencia anyagként szolgáljanak.



- Többségük legyen alkalmas mind AMS, mind LSC/GPC mérésre.
- Valamennyi minta természetes anyagból készüljön. Ezek között legyenek ismert korú minták: (1) fák ismert korú évgyűrűi (kb. 40 évgyűrű); (2) rövid növekedési idejű növények, pl. ga-

bona; (3) nagy tömegben kémiaileg kezelhető, majd fizikailag homogenizálható minták.

Az összemérésre kijelölt mintákat (**3. táblázat**) 1999. augusztus – szeptember során kapták meg a laborok, az eredményeket 2000. decemberig kellett beküldeni.

### 3. táblázat.: A FIRI összemérésre kijelölt minták (Scott, 2003a)

**Tab. 3.:** FIRI sample list (Scott, 2003a)

Minta	FIRI kód	Kor/aktivitás
Kauri fosszilis faminta (IAEA C-4)	A, B	háttér közeli (legalább 40 kBP)
Kalcit (tengeri turbidit)	C	~ 3 felezési idő
Belfast dendro-datált fenyő	D, F	~ 1 felezési idő
Huminsav	E	~ 2 felezési idő
Árpa zacc	G, J	modern
Hohenheim dendro-datált tölgy	H	< 1 felezési idő
Belfast dendro-datált cellulóz	I	~ 1 felezési idő

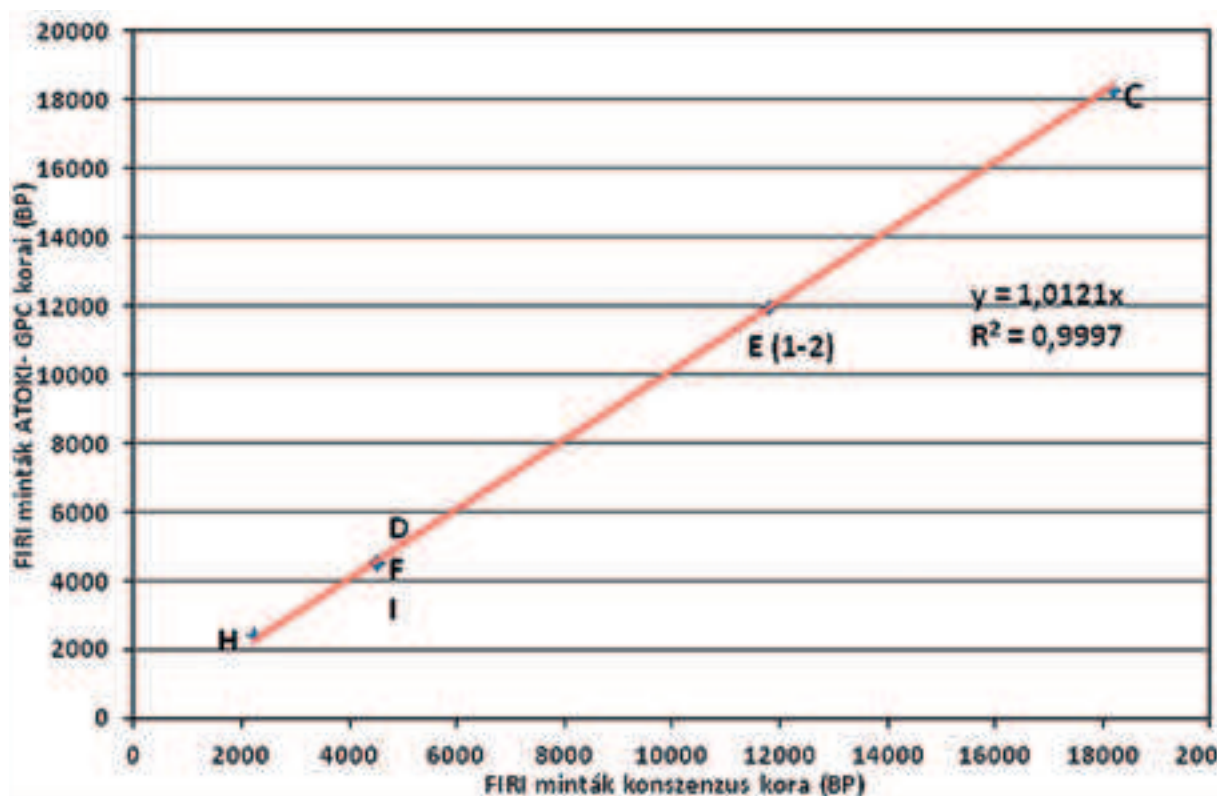
A FIRI-ben 92 laboratórium vett részt, közülük 48 LSC, 19 GPC és 25 AMS labor volt (Scott 2003b). Az eredmények statisztikus elemzését (Scott 2003c) követően vizsgálták az eltérések lehetséges forrásait (Scott 2003d). A beérkezett 1056 mérési eredményből 122, azaz több mint 10% nem volt elfogadható. Ezeknek az eredményeknek 87%-a LSC laborokból származott. A megoszlás valamennyi mintára egyforma volt, tehát nem a mintákhoz köthető. A 92

laboratóriumból 39-nek (42%) volt legalább 1 „ki-lógó” eredménye. Ezek közül 23-ból egynél több, és 9-ből 5 vagy még több elfogadhatatlan eredmény érkezett (Scott 2003c). Valamennyi mérési eredmény megtalálható Scott (2003g, 2003h) táblázatokban, a debreceni labor kódszáma ennél az összemérésnél 4 volt. A saját szereplésünket szeretnénk bemutatni a **4. táblázatban** és a **2. ábrán**.

### 4. táblázat: FIRI eredmények (Scott, 2003e)

**Tab. 4.:** Results of FIRI (Scott, 2003e)

GPC lab. kód (Deb-)	FIRI kód/ mintaprep. száma	Minta típusa	Kor (BP)	1 $\sigma$	FIRI konszenzus érték (BP)*	1 $\sigma$
Deb-7501	A	fa	háttér érték		nincs konszenzus	
Deb-7439	B	fa	háttér érték			
Deb-7496	C	karbonát	18300	150	18176	10
Deb-7493	D	fa	4520	50	4508	3
Deb-7512	E/1	humin sav	11980	130	11780	7
Deb-7503	E/2		12000	110		
Deb-7447	F	fa	4530	80	4508	3
Deb-7497	H	fa	2430	60	2232	5
Deb-7477	I	cellulóz	4560	60	4485	5
			<b>pMC</b>	<b>1<math>\sigma</math></b>	<b>pMC</b>	<b>1<math>\sigma</math></b>
Deb-7485	G	árpa zacc	111	2	110,4	0,7
Deb-7487	J	árpa zacc	111,5	2	110,65	0,65



**2. ábra:** A FIRI minták ATOMKI – GPC laboratóriumban mért BP korai vs. konszenzus-értékek. A mérési hibák a markereknél kisebbek.

**Fig. 2.:** Ages in BP for FIRI samples: ATOMKI – GPC results vs. consensus values. Error bars are shorter than the markers.

Ugyanaz mondható el a labor teljesítményéről, mint a TIRI esetén is: azaz minden esetben a várt, konszenzus kornak megfelelő, azzal hibán belül egyező eredményt mértünk, azzal a kiegészítéssel, hogy matematikailag bizonyítottan nem volt „kilógó” mérési adatunk (Scott 2003c, Tab. 3.31). Sajnos ezúttal sem volt 20 és 40 ezer BP közötti kort reprezentáló minta az összemérésben.

### VIRI

Az ötödik összemérés (VIRI, 2004-től) 3 szakaszból álló, 4 évre tervezett projekt volt. Elsősorban független „minőségellenőrként” szolgálta a laborok belső minőségbiztosítási rendszerét, ezért külön

hangsúlyt kapott az analitikai módszerek vizsgálata. Mivel a különböző mintatípusok különböző analitikai eljárásokat igényelnek, az összemérésre szánt mintákat anyaguk szerint csoportosították. Az első szakasz mintáit (gabona) 2004 szeptemberében, a másodikét (csont) 2005 októberében küldték szét a laboroknak. A harmadik fázis mintái a gyakorlatban mérésre kerülő anyagok széles skáláját fedlelte. Ezeknek az elkészítésével 2008-ban végeztek. Az eredmények előzetes értékelését Scott et al. (2007a), a második fázist Scott et al. (2010a), a harmadikat Scott et al. (2007b) cikkekben találhatjuk. Az 1. és 2. fordulóra kiválasztott minták a következők voltak (**5. táblázat**):

**5. táblázat:** A VIRI összemérés 1. és 2. fordulójára kijelölt minták (Scott et al. 2007b, 2010a)

**Tab. 5.:** VIRI Stage-1 and Stage-2 sample list (Scott et al., 2007b, 2010a)

Minta	VIRI kód	Kor/aktivitás
<b>Fázis 1.</b>		
árpa zacc (2001-ben gyűjtött)	A	modern
gabona	B	< 1 felezési idő
árpa zacc (1998-ban gyűjtött, azonos FIRI G & J)	C	110,7 (± 0,06) pMC
gabona	D	< 1 felezési idő



## 5. táblázat, folyt.

Table 5., cont.

<i>Fázis 2.</i>		
mamutsont	E	> 5 felezési idő
lócsont	F	< 1 felezési idő
embercsont (AMS)	G	~ 1000 BP
bálnacsont	H	~ 2 felezési idő
bálnacsont	I	~ 2 felezési idő

Az első szakaszban 70, a másodikban 42 <sup>14</sup>C labor vett részt (mivel a csont preparálása sokkal nehezebb, mint a gabonáé). Az előző összemérésekhez hasonlóan számos labor egynél több eredményt is beküldött. A beérkezett válaszokból jól látszik az AMS technika térhódítása: az első fázisban 61 AMS, 32 LSC és 16 GPC labor szerepelt (néhol többféle mérés technika állt rendelkezésre), a másodikban 42 beküldő laborból 27 volt AMS, közülük 2 a még működő GPC, 2 az LSC berendezésével is mért. 11 csak LSC technikát használt, és mindössze 4 laborban mértek csak GPC-vel. Ismét bebizonyosodott,

hogy az LSC mérések a legkevésbé megbízhatóak, a legkisebb hibával és legpontosabban az AMS laborok mérnek. A GPC mérések hibája ugyan nagyobb, mint az AMS-eké, de pontosságban felveszik velük a versenyt. Ezen a ponton természetesen ismét előkeült a majdnem 60 éves kérdés: hogyan kell a mérés hibáját kiszámolni és megadni, hogy a mérés megbízhatóságát valóban tükrözze (Scott et al. 2007a).

Most pedig söpörjünk a saját házunk táján! A **6. táblázat** és a **3. ábra** bemutatja a debreceni GPC labor teljesítményét. A labor kódszáma ezúttal az 50-es volt.

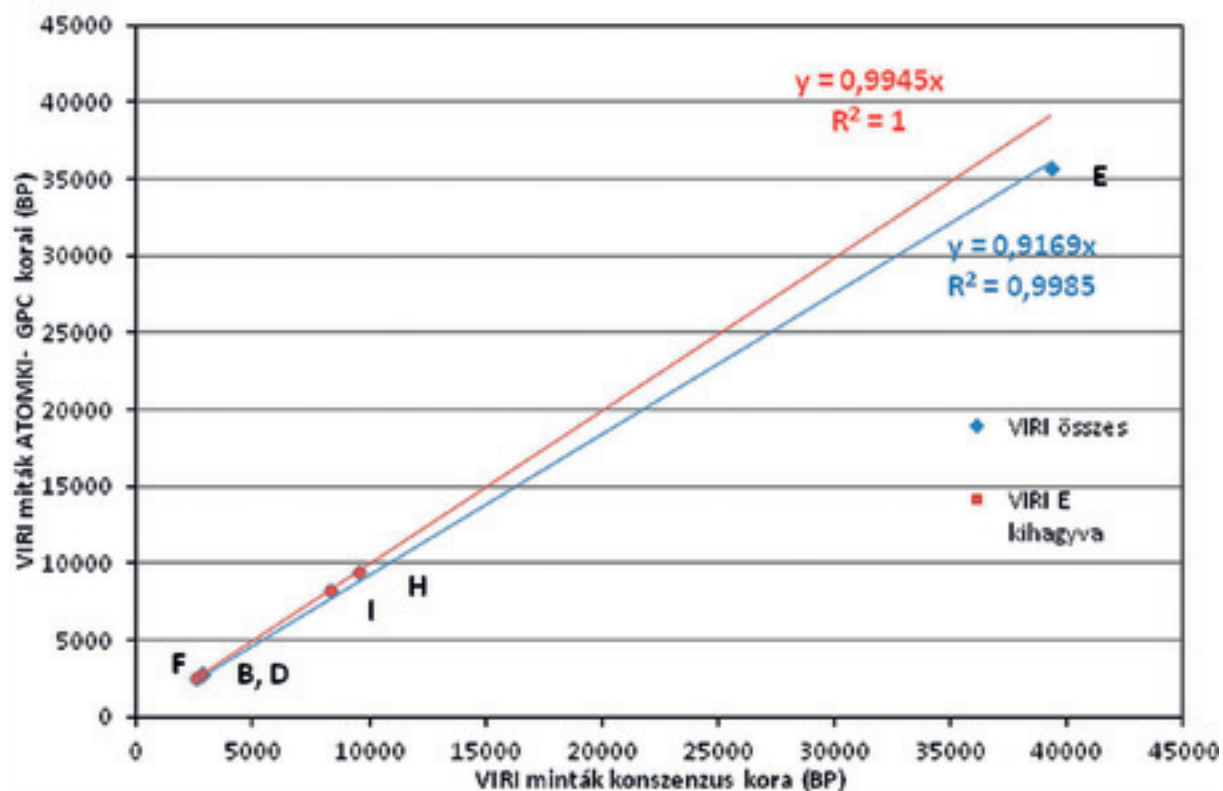
6. táblázat: A VIRI összemérés 1. és 2. fordulójának eredményei (Scott et al., 2007b, 2010a)

Tab. 6.: The results of VIRI Stage-1 and Stage-2 (Scott et al., 2007b, 2010a)

GPC lab. kód (Deb-)	VIRI kód/ mintaprep. száma	Minta típusa	Kor (BP)/ aktivitás (pMC)	1σ	VIRI konszenzus-érték (BP)/ (pMC)*	1σ
<i>Fázis 1.</i>						
Deb-12060	A/1	árpa zacc	108,8 pMC	0,5	109,1 pMC	0,04
Deb-12059	A/2		109,7 pMC	0,5		
Deb-12051	A/3		110,2 pMC	0,5		
Deb-12084	B	gabona	2810	30	2820	4
Deb-12102	C/1	árpa zacc	111,8	0,5	110,7	0,04
Deb-12110	C/2		110,9	0,4		
Deb-12062	D	gabona	2800	40	2836	4
<i>Fázis 2.</i>						
			Kor (BP)	1σ	VIRI konszenzus kor (BP)	1σ
Deb-13154	E	mamutsont	35680	690	39305	121
Deb-13170	F	lócsont	2475	30	2513	5
Deb-13155	H	bálnacsont	9490	50	9528	7
Deb-13171	I	bálnacsont	8280	40	8331	6

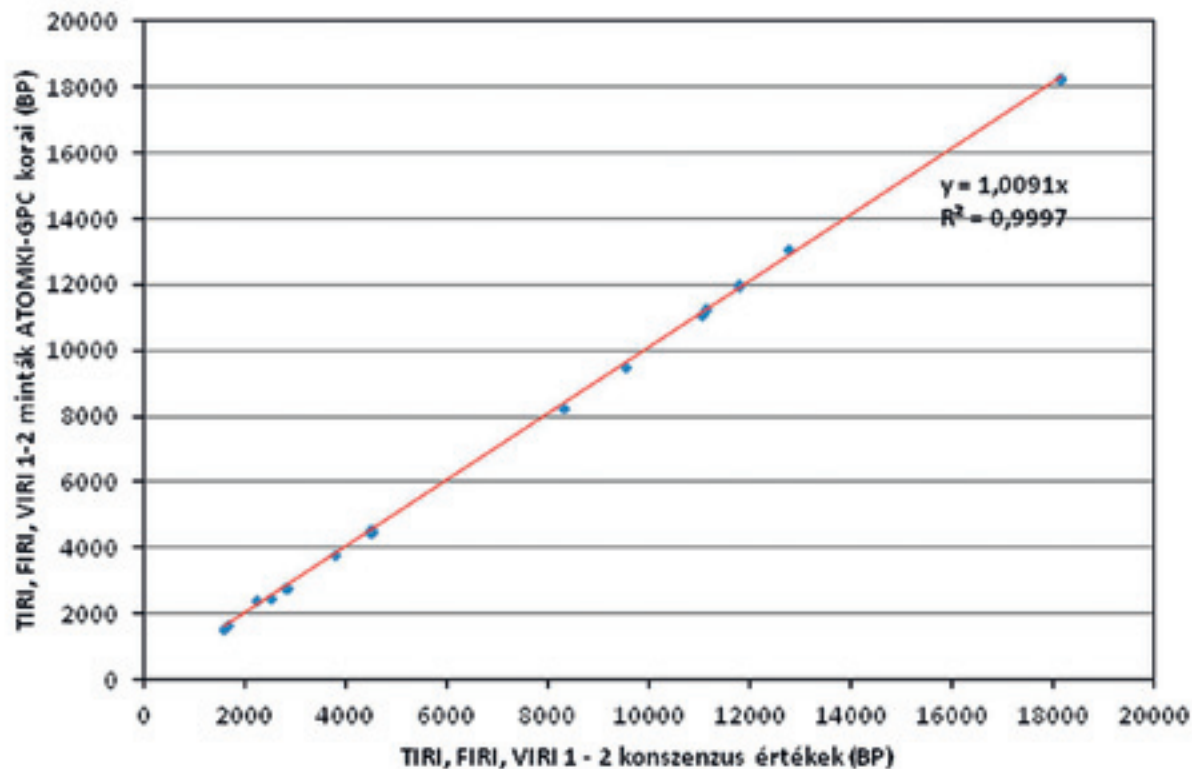
A **3. ábrán** látható, hogy a mérési pontok elfogadhatóan illeszkednek a lineáris regressziós egyenesre ( $R^2=0,9985$ ) akkor is, ha minden eredményünket figyelembe vesszük, de az E kihagyása esetén az illeszkedés immár tökéletes ( $R^2=1$ ). Ebben az esetben 5 közel azonos időben mért minta mutatja a megbízhatóságot két anyag típusra. A VIRI E minta

(ami egy nagyon idős csontminta volt, a maga nemében az egyik legnehezebb feladat C-14 mérésre) konszenzus kora  $39\,305 \pm 121$  BP. Az általunk mért  $35\,680 \pm 690$  BP kor 2 szigmán belül sem egyezik a konszenzus-értékkel, bár definíció szerint (Scott et al. 2007b) még így sem tartozik a „kilógó” (outlier) értékek közé.



**3. ábra:** A VIRI 1. – 2. fordulóban szereplő nem modern minták ATOMKI – GPC laboratóriumban mért BP korai vs. konszenzus-értékek. A mérési hibák a markereknél kisebbek.

**Fig. 3.:** Ages in BP for VIRI Stage 1 – 2 not modern samples: ATOMKI – GPC results vs. consensus values. Error bars are shorter than the markers.



**4. ábra:** A TIRI, FIRI és VIRI 1. – 2. fordulóban szereplő nem modern minták ATOMKI – GPC laboratóriumban mért BP korai vs. konszenzus-értékek. A mérési hibák a markereknél kisebbek.

**Fig. 4.:** Ages in BP for TIRI, FIRI and VIRI Stage 1 - 2 not modern samples: ATOMKI – GPC results vs. consensus values. Error bars are shorter than the markers.



## Összefoglalás

A három összemérés eredményeit együtt vizsgálva az ATOMKI GPC laborjának 15 éves időszakáról (1991-2005) kapunk átfogó és független képet. Ezt mutatjuk be a **4. ábrán**.

A **4. ábrán** látható regressziós egyenest 20 pontra illesztettük. A minták a radiokarbonos mérési gyakorlatban előforduló szinte valamennyi anyagtypust felölelték (**1., 3., 5. táblázat**), koruk 1600 BP és 19 000 BP változott (**2., 4., 6. táblázat**). A determinációs együttható  $R^2=0,9997$ . Ez alapján a GPC labor mérései a fenti kortartományra nemzetközi összemérésekkel igazoltan megbízhatóak voltak.

A TIRI F, G és VIRI E minták összemérései azt mutatták, hogy 40 000 BP körül van a berendezés teljesítőképességének alsó határa, tehát 35–40 ezer éves mintákra az eredményeink csak tájékoztató jellegűek.

A 20–40 ezer év közötti időszakból származó minták egyik nemzetközi összemérésen sem szerepeltek. A Csomád vulkán utolsó kitörését vizsgálva Vinkler et al. (2007) a megszilárdult lávából kiemelt faszén darabok korát mérte. A Bx95 jelű mintára a debreceni laborban  $27\,040 \pm 450$  BP kort kaptak (Deb-12573). Később több faszén darabka vizsgálatát elvégezték az NSF Arizona AMS Laboratóriumban (Harangi et al. 2010) is. Ekkor megismélték a Bx95 mintán végzett mérést is, és  $27\,200 \pm 260$  BP (AA79952) értéket kaptak. Tehát a 27 ezer éves minta esetében is a GPC mérésünk egy független AMS labor méréseivel reprodukálható volt.

A fenti eredmények alapján elmondhatjuk, hogy bár a GPC módszerrel végzett radiokarbon koroláshoz „sok” (1-2 gramm szén) anyag szükséges, és egy-egy régészeti méréshez a minta akár 1 hetet is el-

tölt a számlálócsőben, de pontosság tekintetében ez a módszer nem marad el az AMS mérésekétől. Legújabbban, nagy pontosságú légeköri  $^{14}\text{C}$  mérések kapcsán egyre többen azt fogalmazzák meg, hogy újra építeni kellene még a megbízható és stabil GPC csövekből. Hiszen mára nemzetközi szinten mindössze 2-3 GPC rendszer működik a világon, amiből az egyik a debreceni laboratóriumban van.

2011 nyarán, a már Hertelendi Ede nevét viselő, az Isotopech Zrt. és az MTA ATOMKI által közösen üzemeltetett laboratóriumunkban (HEKAL) elindultak a gyorsító tömegspektrométeres (AMS: Accelerator Mass Spectrometry)  $^{14}\text{C}$  mérések a GPC rendszer mellett. Az AMS rendszer teljesítőképességéről és módszereiről 2012-ben már beszámoltunk az AM hasábjain (Molnár et al, 2012). Az AMS módszer gyors és sikeres bevezetésénél kulcsfontosságú szerepet játszottak a GPC módszernél szerzett tapasztalatok és gyakorlat, valamint maga a GPC rendszer is, hiszen az első minták mind a GPC-vel már lemért, ismert korú mintáink voltak.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Szalay Sándor intézetalapító professzorunknak és feleségének Csongor Évának, azért, hogy felismerték a C-14 kormeghatározás jelentőségét és elindították ezt a módszert az MTA Atomkiban. A gyakorlati kivitelezésért és minőségi eredményekhez szükséges előkészítési folyamatok kidolgozásáért, valamint egy erős csapat összekovácsolásáért az elévülhetetlen érdem és hála Hertelendi Edét illeti. Minden egyes radiokarbonmérés mögött igényes és precíz laboránsi munka áll, amiért ez úton is köszönetet mondunk a C-14 mérésekben évtizedek óta közreműködő technikus munkatársainknak.

## Irodalom

COOK, G.T., HARKNESS, D.D., MILLER, B.F., SCOTT, E.M., BAXTER, M.S. & AITCHISON T.C. (1990): International collaborative study; structuring and sample preparation. *Radiocarbon* **32/3**: 267–270.

CURRIE, L.A. & POLACH, H.A. (1980): Exploratory analysis of the international radiocarbon cross-calibration data: Consensus values and interlaboratory error. In: Stuiver, M. & Kra, R.S., eds., Proceedings of the 10<sup>th</sup> International  $^{14}\text{C}$  Conference. *Radiocarbon* **22/3**: 933-935.

HARANGI, SZ., MOLNÁR, M., VINKLER, A.P., KISS, B., JULL, A.J.T. & LEONARD, A.G. (2010): Radiocarbon dating of the last volcanic eruptions of Ciomadul volcano, Southeast Carpathians, Eastern-Central Europe *Radiocarbon* **52/3**: 1498-1507

HERTELENDI E. (1990): Izotópanalitikai célú módszer és módszerfejlesztések és azok alkalmazásainak eredményei. Kandidátusi disszertáció, MTA Atommag Kutató Intézete, Debrecen (in Hung.).

LONG, A. (1990): A quality assurance protocol for radiocarbon laboratories. *Radiocarbon* **32/3**: 393–397.

MOLNÁR, M., RINYU, L., JANOVICS, R., MAJOR, I., VERES, M. (2012): Az új debreceni AMS C-14 laboratórium bemutatása (Introduction of the new AMS C-14 laboratory in Debrecen). (in Hung.) *Archeometriai Műhely* **9/3**: 147-160.

ROZANSKI, K., STICHLER, W., GONFIANTINI, R., SCOTT, E.M., BEUKENS, R.P., KROMER, B. & VAN DER PLICHT, J. (1992): The IAEA  $^{14}\text{C}$  intercomparison exercise 1990. *Radiocarbon* **34/3**: 506–519.

- SCOTT, E.M. (2003a): Section 1: The Fourth International Radiocarbon Intercomparison (FIRI). *Radiocarbon* **45/2**: 135–150
- SCOTT, E.M. (2003b): Section 2. The results. *Radiocarbon* **45/2**: 151–157
- SCOTT, E.M. (2003c): Section 3. Preliminary analysis of the results. *Radiocarbon* **45/2**: 159–174
- SCOTT, E.M. (2003d): Section 4. Investigation of potential sources of variation. *Radiocarbon* **45/2**: 175–212
- SCOTT, E.M. (2003e): Section 10: Summary and conclusions. *Radiocarbon* **45/2**: 285–290
- SCOTT, E.M. (2003f): Part 2: The Third International Radiocarbon Intercomparison (TIRI). *Radiocarbon* **45/2**: 293–328
- SCOTT, E.M. (2003g): Appendix 1: Results for all samples (FIRI). *Radiocarbon* **45/2**: 329–380
- SCOTT, E.M. (2003h): Appendix 2: Results for optional samples (FIRI). *Radiocarbon* **45/2**: 381–382
- SCOTT, E.M. (2003i): Appendix 3: Statistical methods. *Radiocarbon* **45/2**: 383–387
- SCOTT, E.M. (2003j): Appendix 4. TIRI: Results for all samples. *Radiocarbon* **45/2**: 389–408
- SCOTT, E.M., BAXTER, M.S., AITCHISON, T.C., HARKNESS, D.D. & COOK, G.T. (1986): Announcement of a new collaborative study for intercalibration of <sup>14</sup>C dating laboratories. *Radiocarbon*, **28/1**: 167–169
- SCOTT, E.M., AITCHISON, T.C., HARKNESS, D.D., COOK, G.T. & BAXTER, M.S. (1990): An overview of all three stages of the international radiocarbon intercomparison. *Radiocarbon* **32/3**: 309–319.
- SCOTT, E.M., GORDON, T.C., NAYSMITH, P., BRYANT, C. & O'DONNELL, D. (2007a): A report on Phase 1 of the 5<sup>th</sup> International Radiocarbon Intercomparison (VIRI). *Radiocarbon* **49/2**: 409–426
- SCOTT, E.M., GORDON, T.C. & NAYSMITH, P. (2007b): Error and uncertainty in radiocarbon measurements. *Radiocarbon* **49/2**: 427–440
- SCOTT, E.M., COOK, G.T. & NAYSMITH, P. (2010a): A report on phase 2 of the Fifth International Radiocarbon Intercomparison (VIRI). *Radiocarbon* **52/3**: 846–858
- SCOTT, E.M., COOK, G.T. & NAYSMITH, P. (2010b) The Fifth International Radiocarbon Intercomparison (VIRI): an assessment of laboratory performance in Stage 3. *Radiocarbon* **52/3**: 859–865.
- SVINGOR, É. (2012): A C-14 kormeghatározás alapjai és problémái. *Archeometriai Műhely* **9/3**: 135–146.
- VINKLER A.P., HARANGI, S., NTAFLÓS, T. & SZAKÁCS, A. (2007): A Csomád vulkán (Keleti Kárpátok) horzsaköveinek közettani és geokémiai vizsgálata: petrogenetikai következtetések. (Petrology and geochemistry of the pumices from the Ciomadul Volcano (Eastern Carpathians) - implications for the petrogenetic processes). *Földtani Közlemény* **137**: 103–128.



**THE PALAEOPATHOLOGY OF WILD MAMMALS  
IN ARCHAEOLOGY**  
**VADON ÉLŐ EMLŐSÁLLATOK BETEGSÉGEI A RÉGÉSZETBEN**  
**LÁSZLÓ BARTOSIEWICZ**

Osteoarchaeological Research Laboratory, Stockholm University  
Lilla Frescativägen 7, 106 91 Stockholm (Sweden)

E-mail: [laszlo.bartosiewicz@ofl.su.se](mailto:laszlo.bartosiewicz@ofl.su.se)

*'Hey babe, take a walk on the wild side...'*

(Lou Reed)

**Abstract**

*Domestication is known to have increased animal morbidity. Wild animals, however, should not be looked upon romantically like Jean-Jacques Rousseau's "noble savage", untainted by civilisation. Rare pathological lesions found on the bones of wild animals in archaeozoological assemblages, they offer valuable information both from a zoological and a archaeological point of view. In addition to discussing problems of sampling, this paper is a review of major factors such as taphonomy, environment, and heritability that determine the manifestation of disease in wild animals in archaeological assemblages. A simple classification, specifically developed for wild animals, is presented that helps better understand these conditions. Numerous examples from both the author's own work and the broad base of international literature (especially on Europe and the Southwest Asia) are cited to help illustrate how disease is manifested on the bones of wild animals recovered from a variety of archaeological periods. The results of this paper show that although domestication undoubtedly brought about an increase in animal morbidity, depending on the chances of survival of a game species and the functional importance of the body part affected, a variety of pathological lesions regularly occur on the remains of wild animals as well.*

**Kivonat**

A házasítás köztudottan csökkentette az állatok betegségekkel szembeni ellenálló képességét. Azonban a vadállatokat sem szabad a Rousseau romantikus szellemében a „nemes vadság” állapotában megrekedt, a civilizáció ártalmaitól érintetlen teremtményeknek tekintenünk. Noha a régészeti állattani leletegyüttesek vadállatcsontjain csak ritkán figyelhetünk meg betegségre utaló elváltozásokat, ezek a tünetek fontos állattani és régészeti ismeretekkel szolgálnak. A mintavételi kérdések áttekintése mellett ez a dolgozat a tafonómiai tényezők, a környezet és az örökletesség hatásaival foglalkozik a kóros csonttani elváltozások régészeti megfigyelhetőségében.

A betegségek egyszerű, vadállatok maradványaira kidolgozott osztályozása segít az ilyen esetek pontosabb megértésében. Az egyes betegségek tüneteinek megjelenését a vadállatok csontjain a szerző saját munkásságából és a szakirodalom áttekintéséből vett, elsősorban európai és közel-keleti példák szemléltetik a különböző régészeti korokban. Az összefoglalás eredményeiből az látszik, hogy az állatbetegségek számának növekedése ugyan részben a házasítás következménye, de az adott faj túlélési esélyeitől, illetve az érintett testrész működésbeli fontosságától függően különböző tünetek a vadállatok maradványain is rendre megjelennek.

KEYWORDS: ARCHAEOZOOLOGY, PALAEOPATHOLOGY, WILD MAMMALS, TAPHONOMY

KULCSSZAVAK: RÉGÉSZETI ÁLLATTAN, PALEOPATOLÓGIA, VAD EMLŐSÁLLATOK, TAFONÓMIA

**Introduction**

For a variety of reasons – that have actually inspired the writing of this brief summary – our recent synthesis of animal disease in archaeology (Bartosiewicz 2013; Gál 2013) was dominated by the discussion of domestic animals whose relationships with humans are far more demonstrable archaeologically than those of their wild brethren. It is time to look at the

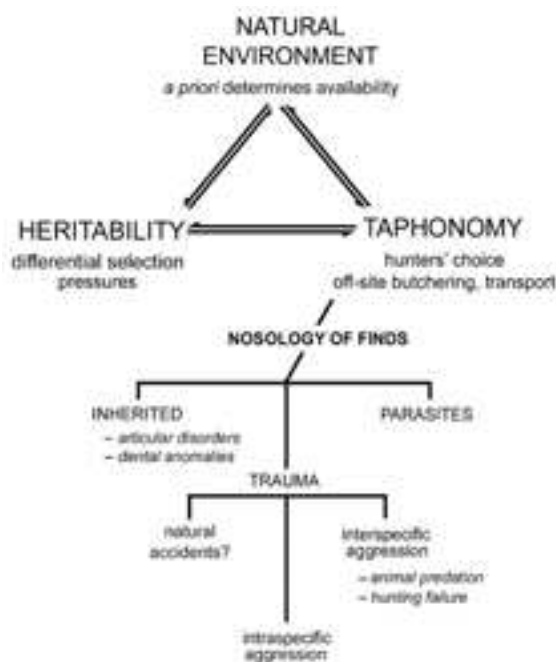
other side of the coin. What can be said about wild animal morbidity in the past?

According to a widely held view natural selection would eradicate inherited disease in game populations, as wild animals “*afflicted with disease or injury ... soon succumbed to the hostile acts of predatory animals or man. Few survived sufficiently long*

for osseous changes to develop” (Moodie 1923: 141-142). In other words, the paucity of pathological finds from game is to a great extent a consequence of the fact that a host of factors prevent the development of grave pathological conditions in the majority of functionally important skeletal parts of most wild animals. Of these factors, natural selection is unquestionably the strongest. In human palaeopathology, healing is considered the most reliable evidence of *pre-mortem* trauma (Aufderheide & Rodriguez-Martin 1998: 23). However, for a fracture to show signs of recovery at least two weeks of survival are required in humans (Mann & Murphy 1990). In the case of wild animals, even for species of sizes and metabolic rates comparable to that of humans, the chances of survival that long would indeed have been limited to special cases.

In this paper an attempt is made to systematically review the gross types of pathological lesions visible on wild animal bone finds, looking at some special cases within the context of the relevant literature. This work is based on the macromorphological identification of osteological symptoms, sometimes with limited diagnosis as to the concrete disease that caused the lesion. The actual occurrence of pathologically modified animal bones in archaeozoological assemblages is a product of at least three general factors: taphonomy, environment, and inheritance. These three interact with each other in determining what would be available for palaeopathological studies. They also conspire to reduce the incidence of pathological specimens from wild animals relative to those from domesticates in most find assemblages.

In a broad sense, taphonomy (with special emphasis on the anthropogenic element in biostratinomy), environment, and heritability determine the presence or absence of pathological specimens in archaeozoological assemblages. The classification of disease in palaeopathology, however, is made difficult by the fact that usually only osseous materials are available for study. In addition, living bone has but a limited repertoire of reactions to a variety of disease. Individual symptoms may thus frequently have multiple and/or complex aetiologies. Classifying pathological conditions manifested on bones, therefore, is a complex task far beyond the focus of the narrowly defined topic of this study. Consequently, for purely practical purposes, lesions on the excavated bones of wild animals will be reviewed following a simplified scheme, rather than the complex rules of detailed veterinary nosology. This classification is reduced to the study of pathological specimens as archaeozoological finds, products of the factors reviewed previously (Fig. 1).

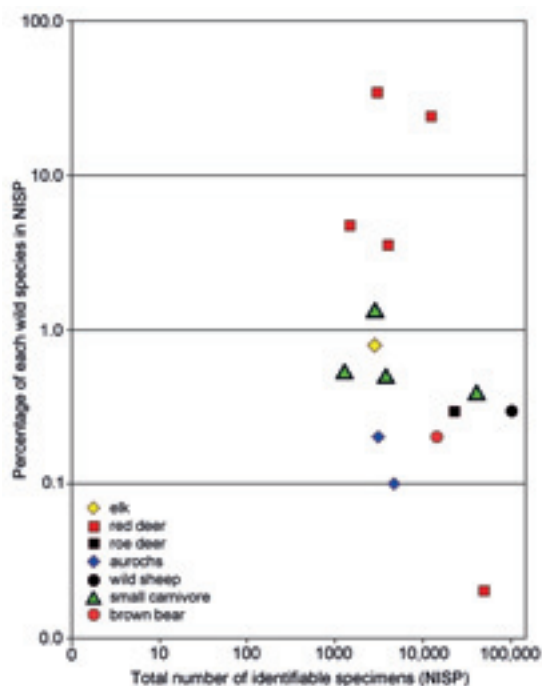


**Fig. 1.:** Summary of factors influencing the manifestation of pathological lesions on the bones of wild animals in archaeozoological assemblages

**1. ábra:** A régészeti leletegyüttesek vadállatsontjain megfigyelt tünetek megjelenését befolyásoló tényezők

### *Sampling and Taphonomy*

Archaeozoological assemblages, in general, tend to contain relatively few bone remains showing pathological lesions. From the Neolithic onwards, as farming societies began increasingly relying on domestic animals in meat provisioning, an overwhelming majority of even the few pathologically modified animal bones tend to originate from domestic mammals. The manifestation of these phenomena, to a great extent, depends on the size and richness of the assemblage itself. This may be most easily demonstrated by reviewing the example of bone fractures in the literature that have been reported most consistently. Siegel (1976) reported 19 such cases (0.04%) in her review article based on 47,300 excavated animal bones. In what has become a classic on the topic, Baker and Brothwell (1980: 91) arrived at the same percentage based on the review of 34,926 Holocene animal remains. Statistically speaking, in individual assemblages, the remains of the best represented animal species have the greatest likelihood to display pathological lesions. Fig. 2 shows the occurrence of some individual pathological cases (Bökönyi & Bartosiewicz 1999; During 1986; Graf 1967; König 1993; Krauß 1975; Missel 1987: 81; Noddle et al. 1977; Noe-Nygaard 1989; Prummel 1987; Rauh 1981; Reichstein 1991; Swegat 1976; Teichert 1979)



**Fig. 2.:** The occurrence of some pathological specimens as a function of assemblage size (NISP) and the percentage of bones from the particular animal within that assemblage

**2. ábra:** A betegségek tüneteit viselő egyes csontok előfordulása a meghatározható állatsontleletek számának (x) és ezen belül az adott faj százalékos arányának (y) tükrében

in light of assemblage size (NISP) and the percentage of bones from the particular wild animal (species or animal group) within that assemblage. The results suggest that fewer than a thousand bones are unlikely to yield pathologically modified remains from game animals. The chances of such finds increase along with assemblage size, but especially with the percentual contribution of the wild animal in question even in relatively small collections. This trend is best shown by the remains of red deer (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758), rather commonly occurring at sites across Eurasia.

Representation, however, is influenced by a host of taphonomic factors. While natural environment and heritability impact on the phenotypic manifestation of pathological lesions on the skeleton *intra-vitam*, the taphonomic process will act as a series of *post mortem* filters that further reduce the chances of recovering the odd cases of diseased bones from wild animals. The generally rare occurrence of pathological remains from wild animals is thus, to some extent, a form of ancient “sampling” bias: hunters’ decisions had a primary impact on how animal disease is represented in find assemblages. The hunter’s choice of its prey is the first step in determining

whether a pathological lesion will be present at the archaeological site or not. Diseased game typically fall victim to animal predation. Even traditional hunters, however, could easily take individuals in prime condition using sophisticated hunting techniques, and would not need to kill only feeble individuals (Kay 1994). Wild animal remains in archaeological assemblages therefore are biased by human behaviour, possibly presenting a lower percentage of remains from diseased prey items in comparison with, for example, wolf kills.

Loss of disease-related information continues with the possibility of off-site primary butchering, a routine procedure in the hunting and processing of large game, where large bones (including those potentially affected by disease) are left behind. Although the ‘*schlepp-effect*’, the selective representation of skeletal parts brought back to the settlement, does not hold as a general law in zooarchaeology, Perkins and Daly (1968, 103) directed attention to the carcasses of large game which were treated differently from those of domesticates of comparable body size. While large game which have fewer predators, have a better chance to survive and develop osteological deformations, it is exactly this group whose pathologically altered bones may be decimated by selective human transport.

At the settlement, the preservation of diseased bone depends rather on the type of pathological condition than on the wild or domestic status of the animal exploited. Pathological changes in bone density determine the rates of bone loss both before deposition (biostratinomy) and thereafter (fossil diagenesis; Bartosiewicz 2008). A curious example of pre-depositional interference was described on the *collum* area of a Mesolithic elk (*Alces alces* Linnaeus, 1758) scapula from Star Carr, which had partially dissolved in a major inflammation. In addition to defleshing marks, a concentration of ‘exploratory’ cuts around the pathological lesion suggests that the diseased tissue was carefully investigated (Legge and Rowley-Conwy 1988, 97).

### ***Inherited anomalies and analogous lesions***

Decapitating hereditary disorders of the skeleton can indeed be discounted in wild animals, since natural selection would have prevented their passing from one generation to the other. Among wild herbivores, present day elk (*Alces alces* Linnaeus, 1758) remains from Kenai Peninsula (Alaska) and Isle Royale (Lake Superior, USA) have exhibited ample evidence of skeletal lesions not only related to old age and poor nutritional status but genetic causes as well (Peterson *et al.* 1982). These animals would have had less chance to survive in mainland populations which are regularly predated upon. A curious



case of multiple antlers was documented in a cervid (putatively fallow deer) by Marsigli (1726, **Fig. 3**), although no comparable archaeological evidence is known to me.

### **Articular disorders**

Even the manifestations of lesser genetic anomalies may be limited by the degree of selection pressures on wild populations. A group of 252 present-day foxes (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758) from the London area are worth referring to here, 34.5% of whom were affected by spondylosis in spite of their young ages (Harris 1977, 185). These urban foxes were, however, commensal animals, not hunted game, scavenging in neighbourhoods densely inhabited by humans. Pathological lesions on the bones of fox from archaeological sites tend to be unusually rare. Two lesions of non-hereditary nature have been published from the tell site of Demircihüyük (north-western Anatolia, Turkey; Rauh 1981, 134). The neurocranium fragment of an adult fox from an Early Bronze Age (c. 2700-2400 BC) context showed a deformation of the right orbita – the maxilla and lachrymal bone were porous and remodelled. The upper P1 tooth was lost *in vivo* as a result of trauma. The trochanter major of a Middle Bronze Age (c. 2000-1500 BC) right femur developed into a nose-like point as a result of muscle strain.

In the wild, bony bridges (*osteophytes*) may occur between the vertebrae of the lower neck and the sacrum in bear, while in Hyaenidae, they may also develop chiefly in the thoracic and lumbar sections (Fox 1939). An exostosis was observed on the great articular surface of a cervical vertebra from otter (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758) at the Neolithic site of Hekelingen III in the Netherlands (Prummel 1987, 218). Aside from age, such disorders seem to be related to posture and species specific patterns of locomotion in large-bodied mammals, the most general form of genetic ‘predisposition’. These, however, are minor lesions compared to the dramatic cases of presumably inherited vertebral fusion in domestic animals, especially horses (e.g. Bartosiewicz & Bartosiewicz 2002).

It must be emphasised that by no means are all articular disorders inherited. Arthritis may result, for example, from overworking, i.e. repetitive strain syndrome (RSI) in domesticates, although this tends to rarely affect wild animals. The chronic inflammation of the hock joint (*peri-arthritis et osteoarthritis tarsi circumscripta*; Tamás 1987, 377) culminating in the fusion between the metatarsal and tarsal bones, may be observed in many cases of unknown aetiology. This condition, also known as spavin (*ostitis rarefaciens et condensans*), is caused by a complex of inherited and functional disorders. In horse



**Fig 3.:** The development of multiple antlers in a cervid from the Lower Danube region (Marsigli 1726)

### **3. ábra:** Több agancsú szarvas az Al-Duna térségéből (Marsigli 1726)

and cattle, it has been – in a rather simplistic manner – attributed to draught exploitation (Blumenfeld 1909; Stillfried 1926, 151; Wamberg & McPhearson 1968; Wells 1972). Interspecific comparisons of this disease are difficult due to differences in size, locomotion, longevity and selection pressures on inherited foot conformation. This is clearly shown by the example of Cervids. The static loading on the hind legs of deer is significantly smaller than in cattle (Berg & Butterfield 1976, 142), although this difference somewhat decreases with age (Bartosiewicz 1987, 445). More importantly, dynamic strain on the hock joint of a leaping deer is greater than in a running cow (Kreutzer 1992, 274). Spavin, however, is still rare in deer. The author observed a modern case of spavin in a fallow deer (*Dama dama* Linnaeus, 1758) from the game park in Gent, Belgium (*Laboratorium voor Paleontologie, Geologisch Instituut* Gent, Inv. No: P.2422). This is less surprising in a game species artificially introduced to game parks in Western Europe (Clutton-Brock 1987, 182) where the lack of selection pressure gave rise to a variety of skeletal disorders (Chaplin 1971, 118, Fig. 17). It must be noted, however, that natural populations of cervids may also show minor pathological lesions. Marín-Arroyo et al. (2015: 49) reported

bone resorption on the cortex of the axial surface of the proximal phalanges of Palaeolithic Mesopotamian fallow deer (*Dama mesopotamica* Brooke, 1875) from Level B in Tabun Cave (Israel). They attributed this lesion to an infection originating on the hoof, a possible case of footrot caused by *Fusobacterium necrophorum* or *Dichelobacter nodusus*. Even a typical case of spavin, i.e. the full fusion between the right centrotarsal bone and the proximal end of the metatarsus, was also reported from red deer, found at the seventh–eighth century AD Slavic settlement of Wiesenau (Kreis Eisenhüttenstadt, former GDR; Teichert 1979, Abb. 2/6).

In modern-day draught oxen, the advancement of spavin is in positive correlation with both age and body weight (Bartosiewicz *et al.* 1997). It is less surprising, therefore, that this condition, involving the left *os tarsale secundum et tertium*, occurred in a third – fifth century AD aurochs (*Bos primigenius* Bojanus, 1827) from Hildesheim-Bavenstedt (Misel 1987, 81). The few natural predators and resulting longevity of aurochs make the manifestation of minor lesions possible. For example, extensive exostoses also developed on the dorsal surface of the right metacarpus from a mature aurochs, found in Layer 6 at the site of Sahr-i Sokhta, Sistan (Iran; Bökönyi & Bartosiewicz 2000).

Joints may also be infected as a side effect of compound fractures. Such arthritic deformations have nothing to do with heritability. Healed compound fractures, however, tend to be very rare in wild animals. Interestingly, the first ever description of a palaeopathological lesion by Johann Friederich Esper (1774, 74, Plate XIV/2) was observed on the diaphysis of a cave bear (*Ursus spelaeus* Rosenmüller et Heinroth, 1794) femur. Carl Mayer (1854, 673) identified this as a healed fracture with callus formation and some necrosis, although contradictory diagnoses have appeared ever since partly due to inaccurate quoting (Waldron 2015). Tasnádi Kubacska (1960, 95, Fig. 141) identified a broken cave bear

tibia from Szeleta Cave, Hungary, whose splinters fused into a solid block. As a result, the bone shrank nearly to its half. The development of such grave deformations is attributable to the status of cave bears as top predators, but still subsisting on a vegetarian diet: even when feeble, these large animals would have been threatened by only a few other animals, while they did not need the agility indispensable for carnivores during the hunt. It seems also unlikely that human predation would have exerted a particular pressure on cave bear populations. In later periods game habitats shrunk due to expanding human occupation, the chances of developing such grave symptoms also radically declined. Lesions, therefore, tend to be a lot less pronounced. Lipping and slight exostoses appeared around the proximal articular surface of the right radius from an adult brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758), recovered from a Bronze Age deposit at Arslantepe, Central Anatolia (Turkey; Bartosiewicz 2002). The left radius of another adult brown bear, from the sixth–fifth century BC Celtic settlement of Hundertingen an der Donau, showed callus formation on the middle of its diaphysis resulting from a healed fissure (Graf 1967, Taf. 3/4). The animal must have survived this accident by at least three months.

### Dental anomalies

In contrast to some arthritic lesions, dental anomalies are primarily considered congenital phenomena posing relatively little or no disadvantage to the individual animal. While oligodonty is frequently treated a sign of domestication, it is also known to various degrees in wild animals. The statistical analysis of badger skulls (*Meles meles* Linnaeus, 1758) from Twann (Lake Biel, Switzerland; Grundbacher *et al.* 1990, 103) shows no statistically significant difference ( $P_1$ :  $\chi^2=2.643$ ,  $p\leq 0.100$ ,  $P_1$ :  $\chi^2=0.046$ ,  $p\leq 0.527$ ) in the rate of missing first premolar ( $P_1$ ) teeth between the assemblages of 93 Neolithic and 98 present-day badgers (Table 1).

**Table 1.:** Comparison of oligodontia between Neolithic and modern badgers

**1. táblázat:** Az első előzáfogak előfordulása újkőkori és mai borzok esetében

Form	Upper $P_1$			Lower $P_1$		
	present	absent	Total	present	Absent	Total
Neolithic	29	21	50	84	9	93
Modern	43	55	98	91	7	98
<b>Total</b>	72	76	<b>148</b>	175	16	<b>191</b>

These small teeth are of no vital importance in the dentition of badgers. These large, omnivorous mustelids can survive even greater forms of tooth loss. The left mandible of an adult badger from the

Middle Neolithic assemblage from Alvästra (Sweden) showed the *in vivo* loss of  $P_4$ - $M_2$  teeth, possibly as a consequence of inflammation resulting from advanced caries (During 1986, 142, Fig. 23). Although

this lesion had little to do with inherited traits, it illustrates why the lesser degree of congenital oligodontia poses no risk to the species in evolutionary terms.

Comparative studies on a present-day reference collection of 291 wild and 264 domestic silver foxes (Liehn 1952, 8-9), on the other hand, showed a diachronic shortening of the mandible in silver foxes

that resulted in the disappearance of the  $M_3$  tooth (of minor size and no functional significance in canids), while the rest of the cheek tooth row retained its size. My statistical analysis of these data (**Table 2**) showed a highly significant difference ( $\chi^2=107.2$ ,  $p\leq 0.000$ ) between the distributions of oligodonty in the two forms: in spite of comparable sample sizes, the incidence of oligodonty was 3-4 times higher in domestic silver foxes.

**Table 2.:** Comparison of oligodontia between wild (red) and domestic (silver) foxes

**2. táblázat:** Az alsó 3. zápfog előfordulása vad (vörös) és háziásított (ezüst) rókákbán

Form	both $M_3$ present	Both $M_3$ missing	one $M_3$ missing	Total
red fox	267	14	10	291
silver fox	172	58	34	264
<b>Total</b>	<b>439</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	<b>555</b>

### Traumatic lesions

The most tangible and best represented palaeopathological phenomenon in wild animals is trauma, encountered in the form of healed wounds and fractures. Some are caused by natural accidents such as the probable reason behinds a zygomatic fracture and concomitant exostosis formation on a massive cave bear skull from Igric Cave, Hungary (**Fig. 4**; Kubacska 1936, Taf. 5/1 and Abb. 2). Other forms of trauma in wild animals may be attributed to lesions caused by intraspecific (e.g. territorial and mating fights or food competition) and interspecific conflict (e.g. predation, including hunting by humans). In some cases these two categories can be clearly distinguished. Healed fractures of the baculum in bear or walrus, for example, could only have been inflicted during mating fights (Capasso 1999; Bartosiewicz 2000, 448, Fig. 1).

Although anomalies of the antler, including traumatic malformation, are well known in extant cervids (e. g. Bubenik 1966; Goss 1983; Jaczewski 1992), excavated specimens rarely exhibit such symptoms. Many archaeological finds actually represent shed antler gathered for the purpose of antler manufacturing; as healed fractures compromised the integrity of antler structure, such specimens may have been left behind during the procurement of this popular raw material. Amorphous primary bone growth prior to osteoclast-mediated remodeling was observed in the microstructure of an antler fragment of a Pleistocene giant deer (*Megaloceros giganteus* Blumenbach, 1799) from the San River near Barycz, south-eastern Poland (Pawłowska et al. 2014, 7, Figures 3.3-4). Histological studies showed no osteons but lamellar bone formation, consistent with a fracture healing and concomitant callus formation in skeletal bone (Grupe & Peters, 2006). The fracture of the developing “fresh” antler covered by velvet did

not lead to the loss of the distal fragment, as it was apparently supported by the skin and periosteum, a mechanism similar to greenstick fractures in skeletal bone within the body. A healed fracture found on the shed antler of an adult roe deer (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) buck among the 22,639 animal



**Fig 4.:** Healed fracture of the left zygomatic arch and a large exostosis (arrow) that developed during healing in a cave bear skull from Igric Cave (*Peștera Igrîța*), Romania (Kubacska 1936; Photo T. Dömök)

**4. ábra:** A bal járomív gyógyult törése és a vele járó csontkinövés (nyíllal jelezve) a romániai Igric-barlangban talált barlangi medve koponyáján (Kubacska 1936; Fotó: Dömök T.)



bones from the Late Neolithic causewayed enclosure site of Diconche, France, may fall within the same category (Bökönyi & Bartosiewicz 1999).

More ambiguous is what looks like a depression fracture that healed with massive new bone formation above the *foramina supraorbitalia* on the forehead of a red deer from the late nineteenth century excavations at Snoldelev, Denmark (Fig. 5), possibly inflicted by a hunter or the antler of a rival stag. Non-traumatic chipping commonly found on the tips of antler tines also bears witness to such violent encounters. Injuries in the rest of the body are even more difficult to link with specific behaviours. For example, Noddle *et al.* (1977, 67) found the healed infection on the *os ilium* of a medieval red deer from Llantrithyd, South Glamorgan in Wales (UK), equally attributable to mating fights or human hunting. In principle, intraspecific trauma should be more common in wild animals than in domestic stock, since herders have a vested interest in suppressing aggression among their animals unless specifically bred for fighting.

Among the lesions caused by interspecific aggression, healed injuries caused by hunting accidents are of greatest interest, since skeletal injuries inflicted by humans are far from random. They depended on the hunters' skill, the weapons used and the type of hunting pursued (Noe-Nygaard 1989, 463). Ancient projectile points have been found embedded in prehistoric animal bones, especially the axial skeleton (skull and vertebrae) of prey animals. Such direct evidence is most common in herbivores that provided the bulk of hunters' prey throughout history. This is a typical bias caused by prey selection, mentioned first among the taphonomic factors (Fig. 1).

Given the limitations of space only a few examples of hunting accidents can be mentioned here. These involved late glacial elk: Hallam *et al.* (1973); Upper Palaeolithic bison (*Bison bonasus* Linnaeus, 1758): Vereshchagin (1967, Fig. 9); Mesolithic red deer: Noe-Nygaard (1989, Fig. 7); Late Neolithic aurochs: Bökönyi (1974, 104, Fig. 4); two Cortaillod Period red deer: Gross *et al.* (1990, 86-87, Abb. 3/1-4). A rare example of carnivore injury was caused by a silex projectile stuck in one of the cervical vertebrae of a brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in the Grotte du Bichon (Switzerland; Morel 1993, 114, Fig. 10). This latter, 12,000 year-old deposit, however, also included the remains of the hunter.

Not all injuries have retained material evidence of weapons. Such lesions may be associated with hunting in varying probabilities. Perhaps the best known such lesions were recorded on Mesolithic red deer in Denmark by Nanna Noe-Nygaard (1975; 1989). A dozen of patterned perforations documented



**Fig. 5.:** Healed forehead injury in a Pollen zone VIII (3000–500 BC) red deer stag from Snoldelev, Denmark (M. Degerbøl)

**5. ábra:** Homloksérülés a VIII pollenzónába (3000–500 BC) keltezett gímszarvas bika koponyáján Dániából (M. Degerbøl)

in the *corpora scapulae* are consistent with the hypothesis that hunters indeed systematically aimed at the cranial half of the rib cage. Unhealed holes, located in the middle of this bone, ventrally from the *spina scapulae* (*fossa infraspinata*), may be associated with lethal, *perimortem* injuries. Krauß (1975, 205, Taf. 3/Abb. 7) reported a similarly unhealed shot wound in the same anatomical location on the right scapula from an adult wild sheep (*Ovis orientalis* Gmelin, 1774) from the 2200-700 BC settlement of Bassam (north-western Azerbaijan, Iran).

Ancient traps, although probably less efficient, may also have caused injuries that should be reckoned with. However, trapping as a direct cause of trauma would be impossible to identify in archaeozoological assemblages. In the Late Medieval material from Berlin-Köpenick, Müller (1962, 93, Taf. 8, 2) identified the necrotic proximal half of a red deer metatarsus, that he attributed to an injury which had been sustained in the same way. Necrosis (*osteosis*) may be caused by the disturbance of the local blood supply by fracture. The ends of the bone from which the periosteum is separated turn into dead tissue (Jubb *et al.* 1985, 61). Undoubtedly, the cause of this deer injury was a heavy impact on the anterior surface of the bone, which apparently resulted in the loss of the distal portion of the limb (Fig. 6). Milder forms

of trauma were observed on other deer metapodia as well. For example, a metatarsus diaphysis fragment from the Roman provincial site of Künzing-Quintana (Bavaria), showed periostitis ossificans covering most of the plantar side (c. 100 mm), in the form of exostoses (Swegat 1976, 83). This lesion may have equally resulted from chronic tendovaginitis or minor trauma. An even less debilitating fracture showed incomplete healing on a second or fifth rudimentary metacarpus (the so-called ‘*stilleto*’ bone) of a Middle Neolithic adult elk from Alvästra (During 1986, 112, fig. 20). The formation of pseudo-arthritis and callus at the proximal end probably did not put this mighty deer at a particular disadvantage, except for eventual human predation.

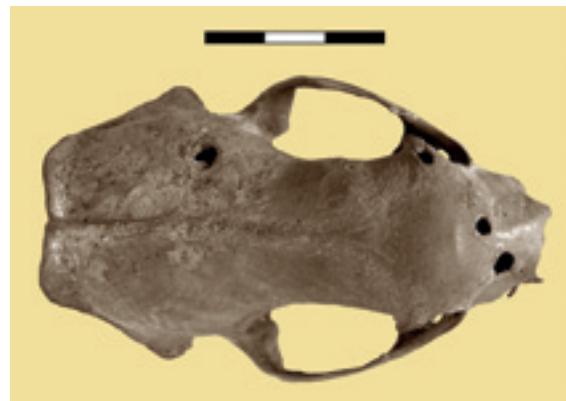
### ***Bone deformations caused by parasites***

Macroscopic bone deformations caused by parasites have been relatively often noted in wild animals. A cave bear skull from Doubs (France) had multiple perforations on the frontal sinus interpreted as symptoms of nematode and trematode parasitosis (Koby 1953). These parasites cause conspicuous lesions in the skulls of modern mustelids as well. An archaeological example on the skull of an European polecat was found in a cistern at the Late Antique site of Vranje, Slovenia (Fig. 7). Superficially, the numerous small holes are reminiscent of buckshot wounds. Their edges, however, show bulbous new bone formation characteristic of nematode activity. They look like the diagnostic exit holes left by *Troglorema acutum* Leuckart 1842 (Wetzel & Rick 1962, 78). Another nematode, sinus worm (*Skrjabingylus nasicola* Leuckart, 1842), also attacks mustelids. However, it tends to affect the post-orbital region making it swollen and thinned, often perforated with holes that may grow into large openings, which are visible in clean skulls (Lewis 1967, 562; King & Moody 1982; King 1989). According to van Soest *et al.* (1972), 56% of the viscerocrania in over 200 stoat and weasel skulls showed perforation attributable to this nematode. Similar perforations are caused by several genera in the families of parasite flies (*Tachinidae*) and blow-flies (*Calliphoridae*), whose maggots live in the cranial cavities of mammals including the paranasal sinuses in some ursids (Capasso 1998, 114).



**Fig. 6.:** Three views of the proximal half of a necrotic Late Medieval red deer metatarsus from Berlin-Köpenick (Müller 1962, Taf. 8, 2)

**6. ábra:** Gímszarvas elhalt végű lábközépcsontjának proximális fele Berlin-Köpenick késő középkori lelőhelyéről (Müller 1962, Taf. 8, 2)



**Fig. 7.:** Exit holes left by *Troglorema acutum* on the skull of a Late Antique European polecat from Vranje, Slovenia (Photo: A. M. Choyke)

**7. ábra:** *Troglorema acutum* kimeneti nyílásai mezei görény koponyáján a szlovéniai Vranje késő antik lelőhelyéről (Fotó: A. M. Choyke)

## Conclusions

In contrast to expectations represented by the classic point of Moodie (1923) quoted in the introduction, a whole range of skeletal elements of wild animals found in archaeological deposits show pathological lesions. Natural selection does not affect all species (and all body parts) equally, although it tends to stamp out extreme inherited anomalies. Healed traumatic disorders are most frequently encountered. The larger the species, and the fewer its natural predators, the better the chances of recovery.

Although handicapped carnivores will sooner or later suffer disadvantage in their 'struggle for life', they are still less directly at risk than disabled prey species. Among wild herbivores, large-bodied species, such as aurochs or elk, again less threatened by predators, may survive long enough to develop pathological symptoms in their skeletons. In addition, killing these animals took advanced hunting skills and a degree of luck. Several finds prove that in some instances the animals were able to flee and recover from the minor injuries before they fell victim to another hunting incident.

Aside from taxonomic differences, the anatomical location of lesions also determines the chances of survival. Sub-pathological anomalies, such as oligodontia, are to some extent normal in wild animal

populations. Many pathological phenomena on the postcranial skeleton were also observed in regions less critical from the viewpoint of survival. Some unhealed scapula injuries in red deer and wild sheep, on the other hand, are seen as *perimortal* trauma related to lethal chest wounds.

The relatively great number of lesions found on the metapodia of large wild ungulates raises the question as to whether the under-representation of other bones in palaeopathological assemblages could be related to the fact that many parts of the skeleton were left behind following off-site butchering. Catching large game would also have required cooperative efforts. It is reasonable to assume that old and feeble animals were easier to hunt. On the other hand, those who survived previous attacks by hunters may have learnt to behave increasingly cautiously.

The weakness of diseased animals is more likely to have been taken advantage of by subsistence hunters in early farming societies, who still heavily relied upon the exploitation of wild animals for food. Decisions regarding the conscious culling of disabled game must have depended upon the skills and demands of hunters and may have been made on an opportunistic basis.

## References

- AUFDERHEIDE, A.C. & RODRIGUEZ-MARTIN, C. (1998): *The Cambridge encyclopedia of human paleopathology*. Cambridge University Press, Cambridge, 478 pp.
- BAKER, J.R. & BROTHWELL, D. (1980): *Animal diseases in archaeology*. Academic Press, London, 235 pp.
- BARTOSIEWICZ, L. (1987): Bone morphometry and function: a comparison between cattle and European elk. *Acta Veterinaria Hungarica* **35/4**: 437–48.
- BARTOSIEWICZ, L. (2000): Baculum fracture in carnivores: osteological, behavioural and cultural implications. *International Journal of Osteoarchaeology* **10**: 447–50.
- BARTOSIEWICZ, L. (2002): Pathological lesions on prehistoric animal remains from Southwest Asia. In: H. BUITENHUIS, M. MASHKOUR, A.M. CHOYKE & A.H. AL-SHIYAB (eds): *Archaeozoology of the Near East V*. ARC Publicaties 62, Groningen, 320–336.
- BARTOSIEWICZ, L. (2008): Taphonomy and palaeopathology in archaeozoology. *GeoBios* **41/1**: 69–77.
- BARTOSIEWICZ, L. (2013): *Shuffling nags, Lame ducks. The archaeology of animal disease*. Oxbow Books, Oxford, 302 pp.
- BARTOSIEWICZ, L., DEMEURE, R., MOTTET, I., VAN NEER, W. & LENTACKER, A. (1997): Magnetic resonance imaging in the study of spavin in recent and subfossil cattle. *Anthropozoologica* **25–26**: 57–60.
- BARTOSIEWICZ, L. & BARTOSIEWICZ, G. (2002): 'Bamboo spine' in a Migration Period horse from Hungary. *Journal of Archaeological Science* **29(8)**: 819–30.
- BERG, R. T. & BUTTERFIELD, R.M. (1976): *New concepts of cattle growth*. Sydney University Press, Sydney, 240 pp.
- BLUMENFELD, H. (1909): *Über den Spat der Rinder*. Unpublished dissertation, Leipzig, 147 pp.
- BÖKÖNYI, S. (1974): *History of domestic mammals in central and eastern Europe*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 597 pp.
- BÖKÖNYI, S. & BARTOSIEWICZ, L. (1999): IX. Analyse de la faune Diconche. In: C. BURNEZ &



- P. FOUERE (eds): *Les enceintes néolithiques de Diconche à Saintes Charente-Maritime*. Société Préhistorique Française, Mémoire XXV, Volume 1, Chauvigny-Paris: 147–166.
- BÖKÖNYI, S. & BARTOSIEWICZ, L. (2000): A review of animal remains from Shahr-i Sokhta Eastern Iran. In: M. MASHKOUR, A.M. CHOYKE & H. BUITENHUIS (eds): *Archaeozoology of the Near East IVB*. ARC Publicaties 32, Groningen, 116–52.
- BUBENIK, A.B. (1966): *Das Geweih. Entwicklung, Aufbau und Ausformung der Geweihe und Gehörne und ihre Bedeutung für das Wild und für die Jagd*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 214 pp.
- CAPASSO, L. (1998): Cranial pathology of *Ursus spelaeus* Rosenmüller and Heinroth from Chateau Pignon, Basque Territories Spain. *International Journal of Osteoarchaeology* **8**: 107–15.
- CAPASSO, L. (1999): A healed fracture in an *Odobenus rosmarus* baculum from the Holocene of Saint Lawrence Island, Alaska. *International Journal of Osteoarchaeology* **9**(4): 260–62.
- CHAPLIN, R.E. (1971): *The study of animal bones from Archaeological sites*. Seminar Press, London and New York, 170 pp.
- CLUTTON-BROCK, J. (1987): *A natural history of domesticated mammals*. Cambridge University Press, Cambridge, 243 pp.
- DURING, E. (1986): The fauna of Alvastra: an osteological analysis of animal bones from a Neolithic pile dwelling. Lund: *OSSA* 12 (Suppl. 1).
- ESPER, J.F. (1774): Ausführliche Nachricht von nev entdeckten Zoolithen unbekannter vierfüßiger Thiere, und denen sie enthaltenden, so wie verschiedenen anderen denkwürdigen Grüften der Obergebürgischen Lande des Marggrauthums Bayreuth. Georg Wolfgang Knorr, Nürnberg, 422 pp.
- FOX, H. (1939): Chronic arthritis in wild animals. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series* **31**: 73–149.
- GÁL, E. (2013): Pathological changes in bird bones. In: *Shuffling nags, Lame ducks. The archaeology of animal disease*. Oxbow Books, Oxford, 217–238.
- GOSS, R.J. (1983): *Deer Antlers: Regeneration, Function and Evolution*. Academic Press, London.
- GRAF, G. (1967): *Tierknochenfunde von der Heuneburg einem frühkeltischen Herrnsitz an der Donau*. Nichtpaarhufer. Dissertation Universität München, Naturwiss. Unters. Vor- u. Frühgesch. Württemberg u. Hohenzollern 6, Stuttgart, 49 pp.
- GROSS, E., JACOMET, S. & SCHIBLER, J. (1990): Stand und Ziele der Wirtschaftsarchäologischen Forschung an Neolithischen Ufer- und In-selsiedlungen im unteren Zürichseeraum Kt. Zürich, Schweiz.. In: J. SCHIBLER, J. SEDLMEIER & H.-P. SPYCHER (eds): *Festschrift für Hans R. Stampfli. Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie*. Helbing & Lichtenhahn, Basel, 76–100.
- GRUNDBACHER, B., LÜPS, P. & NUSSBAUMER, M.A. (1990): Osteometrische Untersuchungen an neolithischen Dachsen *Meles meles*. aus Twann Kanton Bern, Schweiz.. In: J. SCHIBLER, J. SEDLMEIER & H.-P. SPYCHER (eds): *Festschrift für Hans R. Stampfli. Beiträge zur Archäozoologie, Archäologie, Anthropologie, Geologie und Paläontologie*. Helbing & Lichtenhahn, Basel, 101–13.
- GRUPE, G. & PETERS, J. (2006). Histomorphological perspectives of human and animal bone, and soft tissue. In: G. GRUPE & J. PETERS (eds.): *Microscopic Examinations of Bioarchaeological Remains. Keeping a Close Eye on Ancient Tissues*. Verlag Marie Leidorf GmbH, Leidorf, 15–103.
- HALLAM, J.S., EDWARDS, B.J.N., BARNES, B. & STUART, A.J. (1973): A late glacial elk with associated barbed points from High Furlong, Lancashire. *Proceedings of the Prehistoric Society* **39**: 100–128.
- HARRIS, S. (1977): Spinal arthritis spondylosis deformans in the red fox, *Vulpes vulpes*, with some methodology of relevance to zooarchaeology. *Journal of Archaeological Science* **4**: 183–195.
- JACZEWSKI, Z. (1992): Poroże jeleniowatych [*Deer Antlers*]. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 342 pp.
- JUBB, K.V.F., KENNEDY, P.C. & PALMER, N. (1985): *Pathology of domestic animals. Volume 1* [third edition]. Academic Press, San Diego, 582 pp.
- KAY, C.E. (1994): Aboriginal overkill: the role of Native Americans in structuring western ecosystems. *Human Nature* **5**: 359–398.
- KING, C.M. & MOODY, J.E. (1982): The biology of the stoat *Mustela erminea*. in the National Parks of New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* **9**: 49–144.
- KING, C. M. (1989): *The Natural History of Weasels and Stoats*. London, Christopher Helm.
- KOBY, F.E. (1953): Lesions pathologiques aux sinus frontaux d'un ours des cavernes. *Eclogae Geologicae Helvetiae* **46**: 295–97.
- KÖNIG, E. (1993): *Tierknochenfunde aus einer Feuchtbodensiedlung der Chamer Gruppe in Griesstetten, Ldkr. Neumarkt*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der

Tiermedizin der Universität München, unpublished dissertation, München, 119 pp.

KRAUß, R. (1975): *Tierknochenfunde aus Bastam in Nordwest-Azerbaidjan/Iran*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München, unpublished dissertation, München, 207 pp.

KREUTZER, L.A. (1992): Bison and deer bone mineral densities: comparisons and implications for the interpretation of archaeological faunas. *Journal of Archaeological Science* **19**(3): 271–94.

KUBACSKA, A. (1936): Pathologische Untersuchungen an ungarl ändischen Versteinerungen. VI. Verletzungen an Schädeln pläistozäner Raubtiere. *Palaeontologische Zeitschrift* **18**/1: 95-108.

LEGGE, A.J. & ROWLEY-CONWY, P.A. (1988): Starr Carr revisited. Centre for Extra-Mural Studies, University of London, London, 112 pp.

LEWIS, J.W. (1967): Observations on the skull of Mustelidae infected with the nematode, *Skrjabingylus nasicola*. *Journal of Zoology* **153**: 561–64.

LIEHN, H-D. (1952): *Die Gebissreduktion beim Silberfuchs*. München, Institut für Tierzucht der Universität, unpublished dissertation, München, 97 pp.

MANN, R. & MURPHY, S.P. (1990): *Regional atlas of bone disease*. C. C. Thomas, Springfield, Il., 297 pp.

MARSIGLI, LUIGI FERNANDO (1726): *Danubius Pannonico-Mysicus, observationibus geographicis, astronomicis, hydrographicis, historicis, physicis perlustratus*. Vol. VI. Amsterdam–The Hague.

MARÍN-ARROYO, A. B., CANO, F. G. & MARK LEWIS, M. (2015): Late Pleistocene foot infection in *Dama mesopotamica* from Tabun B (Mount Carmel, Israel) *International Journal of Paleopathology* **8**: 48–50.

MAYER, C. (1854): *Ueber krankhafte Knochen vorweltlicher Thiere*. Nova Acta Leopoldiana naturae curiosa 24, Breslau–Bonn, 673 pp.

MISSEL, M.H. (1987): *Tierknochenfunde aus einer germanischen Siedlung in Hildesheim-Bavenstedt*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München, unpublished dissertation, München, 93 pp.

MOODIE, R.L. (1923): *The antiquity of disease*. The University of Chicago Press, Chicago

MOREL, P. (1993): Une chasse à l'ours brun il y a 12'000 ans: nouvelle découverte à la Grotte du Bichon La Chaux-de-Fonds. *Archäologie der Schweiz* **1993**(3): 110–17.

MÜLLER, H.-H. (1962): Die Säugetierreste aus der Burg Berlin-Köpenick nach den Grabungen von 1955 bis 1958. In: J. HERRMANN (ed.): *Ergebnisse der archäologischen Stadtkernforschung in Berlin. Teil I. Köpenick. Ein Beitrag zur Frühgeschichte gross-Berlins*. Akademie-Verlag, Berlin, 81–97.

NODDLE, B.A., BRAMWELL, D. & JONES, A. (1977): Llantrithyd, a ringwork in South Glamorgan: the animal bones. *Cardiff Archaeological Society* **12**: 63–73.

NOE-NYGAARD, N. (1975): Bone injuries caused by human weapons in Mesolithic Denmark. In: A. T. CLASON (ed.): *Archaeozoological studies*. North Holland and American Elsevier, Amsterdam and New York, 151–59.

NOE-NYGAARD, N. (1989): Man-made trace fossils on bones. *Human Evolution* **4**(6): 461–91.

PAWŁOWSKA, K., STEFANIAK, K. & NOWAKOWSKI, D. (2014): Healed antler fracture from a giant deer (*Megaloceros giganteus*) from the Pleistocene in Poland. 17 (1-23A), 1–9. <http://palaeo-electronica.org/content/2014/732-antler-fracture-in-giant-deer>

PERKINS, D. & DALY, P. (1968): A hunters' village in Neolithic Turkey. *Scientific American* **219**/5: 97–106.

PETERSON, R.O., SCHEIDLE, J.M. & STEPHENS, P.W. (1982): Selected skeletal morphology and pathology of moose from the Kenai Peninsula, Alaska and Isle Royale, Michigan. *Canadian Journal of Zoology* **60**: 2812–17.

PRUMMEL, W. (1987): The faunal remains from the Neolithic site of Hekelingen III. *Helinium XXVII*: 190–258.

RAUH, H. (1981): *Knochenfunde von Säugetieren aus dem Demircihüyük Nordwestanatolien*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München, unpublished dissertation, München, 108 pp.

REICHSTEIN, H. (1991): *Die Fauna des germanischen Dorfes Feddersen Wierde (Feddersen Wierde, 4)*. Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 346 pp.

SIEGEL, J. (1976): Animal palaeopathology: possibilities and problems. *Journal of Archaeological Science* **3**: 349–84.

SOEST, R.W.M. VAN, J. VAN DER LAND & P.J.H. VAN BREE (1972): *Skrjabingylus nasicola* in skulls of *Mustela erminea* and *Mustela nivalis* from the Netherlands. *Beaufortia* **20**: 85–97.

STILLFRIED, M. (1926): A szarvasmarhák idült tarsitise [Chronic tarsitis in cattle]. *Közlemények az Összehasonlító Élet- és Kórtan Köréből* **19**: 147–154.

SWEGAT, W. (1976): *Die Knochenfunde aus dem römischen Kastell Künzing-Quintana*. Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München, unpublished dissertation, München, 135 pp.

TAMÁS, L. (ed.) (1987): *Állatorvosi sebészet* [Veterinary surgery] 2. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 564 pp.

TASNÁDI KUBACSKA, A. (1960): *Az őszállatok pathológiája* [The pathology of prehistoric animals]. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 230 pp.

TEICHERT, L. (1979): Tierknochenfunde aus dem altslawischen Burgwall bei Wiesenau, Kr. Eisenhüttenstadt. *Veröffentlichungen des Museums für Ur- u. Frühgeschichte Potsdam* **12**: 167–218.

WALDRON, T. (2015): Roy Lee Moodie (1880–1934) and the beginnings of palaeopathology. *Journal of Medical Biography* **23(1)**: 8–13.

WAMBERG, K. & MCPHEARSON, E.A. (1968): Veterinary encyclopedia Volume 4. Medical Book Company, Copenhagen, 2509 pp.

WELLS, C. (1972): Ancient arthritis. *May and Baker Pharmaceutical Bulletin* **21**: 67–70.

WETZEL, R. & RICK, W. (1962): *Krankheiten des Wildes*. Verlag Paul Parey, Hamburg–Berlin, 223 pp.



# RADIOCARBON DATED COMPLEX PALEOECOLOGICAL AND GEOARCHEOLOGICAL ANALYSES AT THE BODROGKERESZTÚR – HENYE GRAVETTIAN SITE (NE HUNGARY)

## A BODROGKERESZTÚRI HENYE-TETŐI GRAVETTI LELŐHELY COMPLEX PALEOÖKOLÓGIAI ÉS GEOARCHEOLÓGIAI ELEMZÉSE (ÉK-MAGYARORSZÁG)

PÁL SÜMEGI<sup>1,2</sup> – TÜNDE TÖRŐCSIK<sup>1,2</sup> – KATALIN NÁFRÁDI<sup>1</sup> –  
BALÁZS P. SÜMEGI<sup>1,2</sup> – PÉTER MAJKUT<sup>1</sup> – DÁVID MOLNÁR<sup>1</sup> – RÉKA TAPODY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék 6722 Szeged Egyetem utca 2.

<sup>2</sup>MTA BTK Régészeti Intézet 1014 Budapest Úri utca 49.

email: [sumegi@geo.u-szeged.hu](mailto:sumegi@geo.u-szeged.hu)

### **Abstract**

*Many radiocarbon dated loess profiles within Gravettian sites were analysed in the Carpathian Basin during last 30 years in LOGRAV (Loess and Gravettian) Project. According to sedimentological, geochemical, malacological, charcoal, pollen, phytolith, vertebrate data from 36 radiocarbon dated Upper (Weichselian) Würmian or MIS3 – MIS2 loess profiles this chronological unit determined from the inferred paleoclimatic and paleoecological changes embeds a period between 29 000 – 12 000 uncal (33 500 – 13 500 cal) BP years which is reconstructed such as the exist of the Gravettian culture communities in the Carpathian Basin. One of the most important and oldest Gravettian sites can be found on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr village. Although the re-evaluation of the Gravettian culture communities (or „Gravettian Entity”) reveals several problems in using 14C dates for chronological considerations but the radiocarbon dated paleoecological and geoarcheological analyses keep a good contact with archeological layer of Gravettian site because a mass of hunted bones can be found in a spruce remains rich reddish brown color fossil soil layer material on the top of Henye Hill at Bodrogkeresztúr. This fossil soil layer called Upper Tokaj Fossil Soil Horizon which is a lithostratigraphic and paleoecological indicator layer for older horizon of the Gravettian sites on the Hungarian Upland region.*

### **Kivonat**

Az elmúlt 30 év során a Löss és Gravetti lelőhelyek program keretében jelentős számú lelőhelyet sikerült vizsgálat alá vonni. A radiokarbon adatokkal korolt 36 felső würm (Weichselian – MIS3 – MIS2) löszszelvényen végzett szedimentológiai, geokémiai, malakológiai, anthrakológiai, pollen, fitolit és gerinces maradvány elemzések alapján a 29 000 – 12 000 uncal (33 500 – 13 500 cal) BP évek közötti rétegtani szint paleoklimatológiai és paleoökológiai változásokat rekonstruáltuk mivel ezt a horizontot tartjuk a Gravetti közösségek egzisztálási időszakának a Kárpát-medencében. A legfontosabb és legidősebb Gravetti lelőhely a bodrogkeresztúri Henye-tetőn található és bár a Gravetti kultúra közösségeinek (vagy más megközelítésben „Gravetti entitásnak”) a radiokarbon adatainak újra vizsgálata néhány problémát vetett fel a radiokarbon adatok használatával kapcsolatban, de a Henye-tetőn végzett paleoökológiai és geoarcheológiai elemzések igen jó kapcsolatot mutatnak a Gravetti lelőhely régészeti rétegével. Ugyanis jelentős mennyiségű vadászott állatsont került elő egy vörösbarna színű lucfenyő szenült fadarabokat tartalmazó fosszilis talajrétegből a bodrogkeresztúri Henye-tetőn. Ez a Tokaji Felső Fosszilis Talajszintnek nevezett képződmény egy litosztratigráfiai és paleoökológiai vezető szintet alkot az idősebb Gravetti lelőhelyek szintjéhez kapcsolódóan a Magyar Felvidéken.

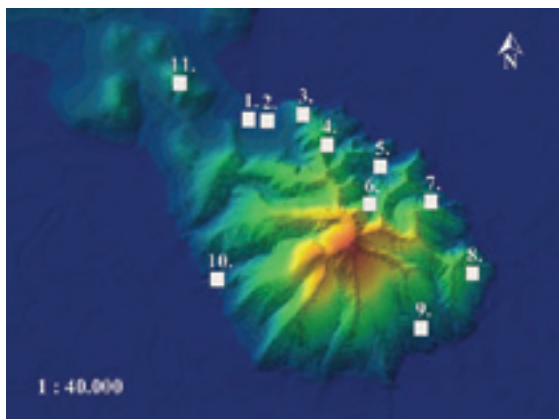
KEYWORDS: GRAVETTIAN, PALEOECOLOGY, GEOARCHEOLOGY, HENYE HILL, BODROGKERESZTÚR, HUNGARIAN UPLAND, INDICATOR HORIZON, FOSSIL SOIL LAYER, RADIOCARBON CHRONOLOGY

KULCSSZAVAK: GRAVETTI, PALEOÖKOLÓGIA, GEOARCHEOLÓGIA, HENYE-TETŐ, BODROGKERESZTÚR, FELVIDÉK, VEZETŐ SZINT, FOSSZILIS TALAJ, RADIOKARBON KRONOLÓGIA

### **Introduction**

In the period between 1988 and 1994 samples were collected almost with weekly intervals from the road cuts at the edge of the villages of Tokaj, Tarcál and

Bodrogkeresztúr (**Fig. 1**), the brickyards, quarries, and the artificial outcrops related to the construction of houses and cellars in these areas (Sümegei 1989,



**Fig. 1.:** Analyzed loess – paleosol sites around Kopasz Hill at Tokaj with Gravettian archeological site on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr (No. 11.) in DDM

**1. ábra:** A vizsgálat alá vont löszszelvények a tokaji Kopasz-hegy körül és a bodrogkeresztúri Henyeten található Gravetti régészeti lelőhely (11.) a digitális terepi modellen

1996, 2005). It was only then that occurred to us that some artificial ditch should be prepared on top of the Henye and Dereszla Peaks in order to make the loessy sequences of the area available for sampling and study. The presence of a reservoir on the Dereszla Peak prevented us from preparing a section there. However, we were successful in digging two probe ditches (2 m long, 1 m wide and 1 m deep) on the highest point of the Henye Peak, exposing these sequences down to the bedrock of Sarmatian rhyolite (**Fig. 1**).

### Methods

The surface of the profile chosen for further study was cleaned as a first step. Then the geographical positions and elevations were recorded. Afterwards, the clean, still moist loess and paleosol horizons were macroscopically delineated based on their colour, physical and structural properties. Where it was possible the geomorphologic position of the major loessy units (loess and fossil soil horizons, layers with charcoal remains) was also depicted on 2D geological cross-sections. The locally and internationally accepted Munsell Soil Color Charts (Munsell Color Company 1992) has been used for describing the moist and dry colour of the samples (Szabolcs 1966).

The lithostratigraphical description of the profiles followed the system of Troels-Smith (1955). The grain size composition of sedimentological samples was carried out using the aerometric method (Casa-grande 1934), although samples were re-analysed due to the technical development in the Department

of Geology and Palaeontology, University of Szeged. The new grain-size analysis followed the laser-sedigraph method (Sümegei et al. 2015; [http://www.micromeritics.com/Repository/Files/sedigraph\\_method\\_poster.pdf](http://www.micromeritics.com/Repository/Files/sedigraph_method_poster.pdf)). The samples were measured for 42 intervals between 0.0001 and 0.5 mm using an Easy Laser Particle Sizer 2.0 (<http://www.kemlab.hu/images/products/originals/cms/Easysizer-20.pdf>). For LOI examination sub-samples were taken in every 5 cm intervals and loss on ignition method was applied that is commonly used for the analysis of organic matter and carbonate content on calcareous sediments (Dean 1974).

In order to correlate paleoenvironmental changes recorded in the loess profiles with other coeval terrestrial, marine archives as well as ice core sequences a new method based on the investigation of environmental magnetism, originally used in the reconstruction of sedimentation rates in catchment basins, was devised in the 1970s (Oldfield et al. 1978). Environmental magnetism in loessy sediments is based on the enhancement of magnetic minerals, primarily iron oxides and hydroxides, through pedogenesis (Heller & Evans 1995; Evans & Heller 2001; Hambach et al., 2008; Hambach, 2010). Since pedogenesis is climatically controlled, variations in the intensity of laboratory-induced remnant magnetization and magnetic susceptibility which result from this process can be linked to orbital-tuned records of climatic change from marine archives (Heller & Liu 1982, 1984; Heller et al. 1986). The measurement of magnetic susceptibility of loessy and paleosol deposits has quickly become an effective tool of correlation between marine and terrestrial records both in international (Kukla, 1977; Thompson & Oldfield, 1986; Heller et al. 1987; Kukla et al. 1988) and in Hungarian practice as well (Horváth & Bradák 2004). Anisotropy of magnetic susceptibility within the magnetic minerals of loess sediments provides additional information relating to paleoenvironmental conditions and wind direction (Bradák 2009).

Environmental magnetic analyses were carried out on bulk samples. Samples were taken at a 2 cm interval. Prior to the start of the measurement, all samples were crushed in a glass mortar after weighing. Then samples were cased in plastic boxes and dried in air in an oven at 40 ° C for 24 hours. Afterwards, magnetic susceptibilities were measured at a frequency of 2 kHz using an MS2 Bartington magnetic susceptibility meter with a MS2E high-resolution sensor. All the samples were measured six times and the average values of magnetic susceptibility were computed and reported.

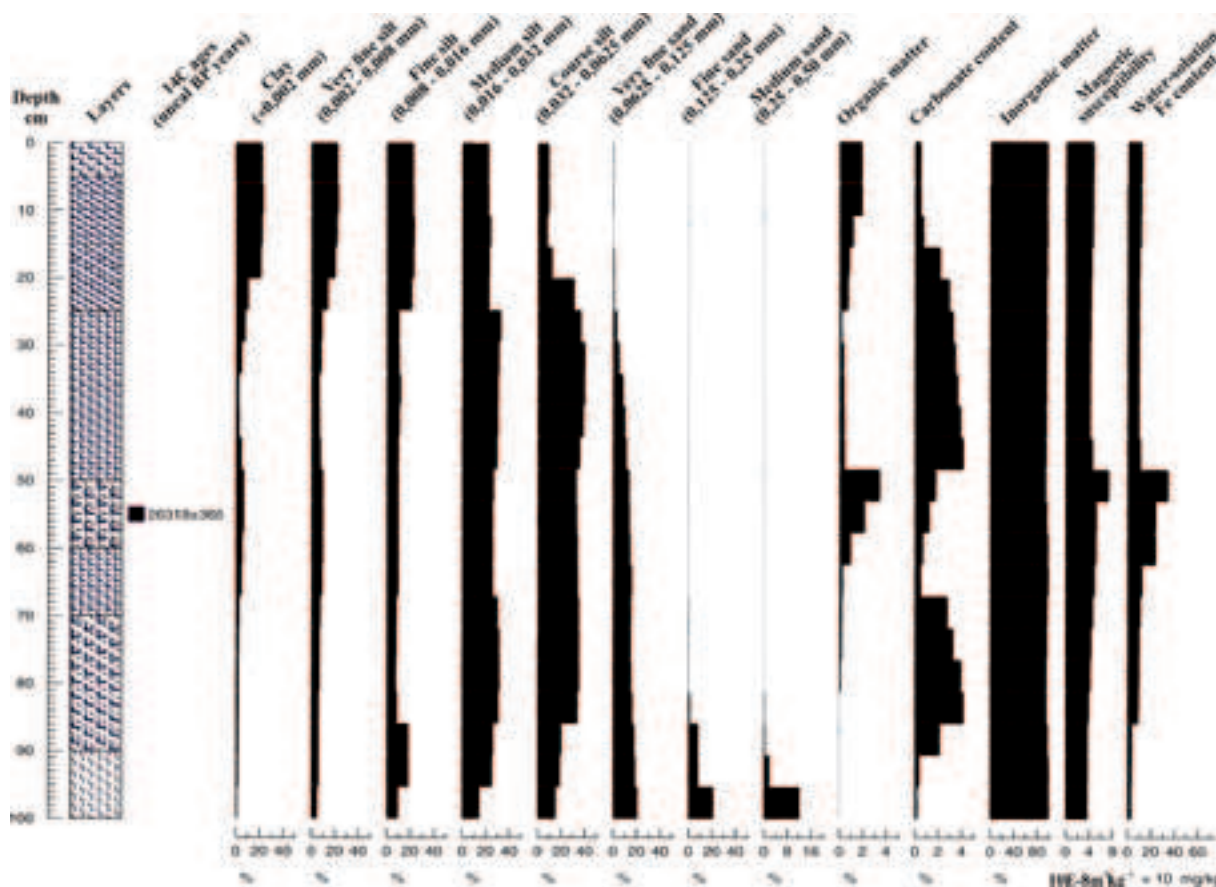
One sample of *Picea* charcoal remains was subjected to detailed radiocarbon analysis in the Radiocarbon Laboratory, Nuclear Research Institute of the Hun-

garian Academy of Sciences in Debrecen. Preparation of charcoal for radiocarbon dating followed Csongor & Hertelendi (1986). Measurement as made according to Hertelendi et al. (1989) method. Errors were taken into account in accordance with the procedures suggested by Hertelendi (1998).

Samples for charcoal analyses were obtained from the same quantities of sediments, from 1 dm<sup>3</sup> and were washed to release the charcoal fragments (Rudner & Sümegi 2001). Investigation of wood anatomy used 1 dm<sup>3</sup> (cc. 2.65 kg) of sediment dried at 100 °C, then washed through a 0.5 mm mesh and sieved to separate the charcoal. The charcoal remains were then left to dry at room temperature, measured, and placed in small labelled glasses stoppered with cotton-wool. The size of collected charcoal remains varied between 0.05 and 2 cm but only the 0.2 – 2.0 cm fraction was examined (Rudner & Sümegi 2002). A stereomicroscope (up to magnification of x 100), with reflected light (X 600 – 800) was used, as well as a scanning microscope (to take photos at magnifications X 400 – 800). Three fractures were examined, namely transverse, longitudinal-radial, and tangential. The samples were fractured by hand, and

the literature used in the identification included the works of Greguss (1955, 1959, 1972) and Schwein-gruber (1978, 1990).

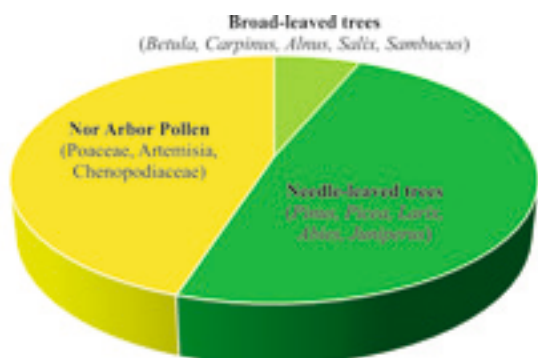
A charcoal-rich sediment sample from archeological layer of Henye Hill was used to analyse for phytolith content. A modified version of the heavy-liquid extraction was adopted in the analysis of the paleosol developed at the Department of Geology and Paleontology, University of Szeged (Persaits 2010; Persaits & Sümegi 2011; Piperno 2006). 5 g of the sample was air dried and was shaken with the addition of Calgon solution to remove the organic matter and the carbonates from the sediment sample. It was followed by the removal of the clay fraction and those of with a grain size higher than 250 micrometer. A flotation with a heavy liquid of 2.3 g/cm<sup>3</sup> enabled for the separation of plant opals (phytoliths) from other non-vegetal quartz grains. The retrieved phytoliths were sorted in an Eppendorf tube in glycerine for further study. For determination process individual slides were prepared and opals were counted at a magnification of 500 X under a biological stereomicroscope type Nikon Eclipse line by line. All identified phytolith types of the studied sample were also



**Fig. 2.:** The results of the sedimentological analyses from the geological profile on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr

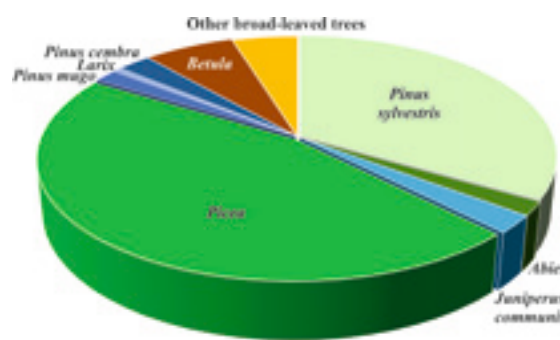
**2. ábra:** A bodrogkeresztúri Henye-tetőn kialakított geológiai szelvény szedimentológiai vizsgálatának eredményei





**Fig. 3.:** The pollen groups percentage from the spruce charcoal-rich archeological layer (55–60 cm) of the geological section on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr

**3. ábra:** A bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt, lucfenyő faszenekben gazdag régészeti réteg (55–60 cm) pollen csoportjainak dominancia-viszonyai



**Fig. 4.:** Arbor pollen taxa percentage from the spruce charcoal rich archeological layer (55–60 cm) of the geological section on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr

**4. ábra:** A bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt, lucfenyő faszenekben gazdag régészeti réteg (55–60 cm) fás szárú pollen (AP) anyagának dominancia viszonyai

photographed. Altogether 200 counts were made and double-checked preceding final quantification of the results. Besides the general morphological characterization, secondary features of the identified phytoliths have also been documented following the works of Golyeva (2001).

The geological profile was sampled for pollen at 5-cm intervals. Samples of 200 g wet sediment were prepared for pollen analysis in using standard methods (Zhou et al. 1999). Pollen and spores were identified and counted under light microscope at 400-1000x magnification. Minimum 300 pollen grains were counted but only one sample, the *Picea* charcoal rich archeological layer had enough pollen grains to the pollen-based vegetation reconstruction. In several cases low pollen concentration and poor pollen preservation was encountered. A sample was considered pollen-sterile if less than 80 grains were found. In such cases only the observed taxa were recorded. For the identification of pollen and spores the reference database at the Department of Geology and Paleontology, University of Szeged and pollen atlases and keys were used (Moore et al. 1991; Beug 2004; Kozáková & Pokorný 2007; Reille 1992, 1995, 1998; Punt et al. 2007). The point-count method of Clark (1982) was applied to determine micro-charcoal concentrations.

**Table 1.:** Mass radiocarbon data from Gravettian archaeological layer from geological section on the Henye Hill at Bodrogkeresztúr

**1.táblázat:** Tömeges radiokarbon-mérés eredménye a bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt Gravetti régészeti lelőhelyről

cm	uncal BP years	cal BP years	cal BC years	Code
55–56	26 318 +/- 365	30 376 +/- 715	29 141 – 27 712	deb-2555

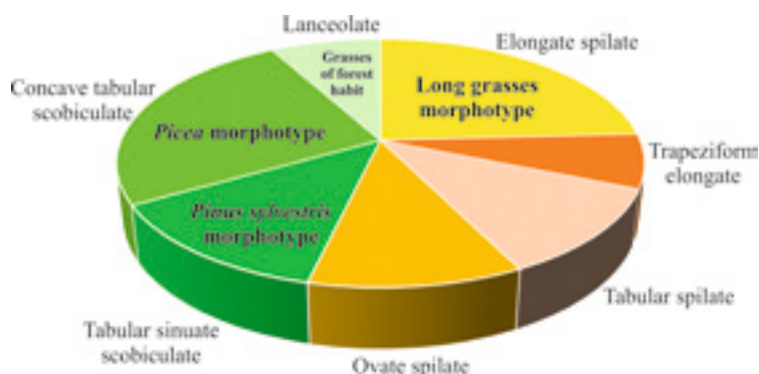
**Results**

According to macroscopic investigations, sedimentological analyses the following layers could have been observed within the geological ditches (**Fig. 2**):

The rhyolite bedrock was covered by a 10 cm-thick regolith layer containing pebbles and weathered fragments of rhyolite (1.0-0.9 m), overlain by yellowish brown (10 YR 6/4), non-fossiliferous, highly calcareous fine-silty coarse silt layer embedding carbonate concretions, and which must correspond to a postgenetically altered loess due to carbonate migration (0.9-0.7 m).

On top of this layer a dark brown when wet (10YR 4/3), and reddish brown when air dry (10 YR 5/6) paleosol developed. This paleosol was completely woven by roots of the recent vegetation contain in also scattered minor bone, silica fragments as well as considerable amount of charcoal between 0.5–0.6 m (Sümegei et al. 2000).

The retrieved charcoal was cleaned with months of tedious work and subjected to radiocarbon analysis with the help of Ede Hertelendi (**Table 1**). The received dates were published elsewhere (Sümegei 1996; Sümegei & Hertelendi 1998; Sümegei et al. 2000). The observed features as well as the numer-



**Fig.5.:** The dominance of the phytolith taxa from Gravettian layer (55–60 cm) from the geological profile on the hilltop of Henye Hill at Bodrogkeresztúr

**5. ábra:** A bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt, lucfenyő faszenekben gazdag régészeti réteg (55–60 cm) fitolit anyagának dominancia viszonyai

ous charcoal remains recovered seem to corroborate our assumptions, according to which we have managed to penetrate the cultural horizon first excavated and published by László Vértes from the area (Vértes 1966; Krolopp, 1977). Vértes (1966) received highly similar dates to ours from the analysis of the charcoal remains (28,700 +/- 3000 BP years). All of the studied charcoal belonged to the genus spruce (*Picea*), which is congruent with former anthracological results on the area identifying considerable amounts of spruce charcoal from the Henye Peak of Bodrogkeresztúr (Stieber 1968). The radiocarbon data suggest that the analyzed archeological (Gravettian) horizon from the paleosol layer developed during the terminal phase of Marine Isotope Stage 3 (MIS3) level (NorthGRIP-Members 2004; van Meerbeeck et al. 2009).

The near surface part of the paleosol layer was overprinted by modern pedogenesis yielding a polygenetic soil horizon to a depth of about 30 cm from the surface, which was highly disturbed and ploughed. The whole profile was free of mollusk shells. The

modern soil was free from pollen and phytolithic remains but there could be found the pollen and phytolithic remains in the uppermost layer of fossil soil which was suitable for statistical analyses could separate only burnt spruce (*Picea*) and vertebrate bones remains rich archaeological layer (Tables 2, 3, 4 and Figs. 2, 3, 4, 5).

Macrobotanical remains indicate the total local vegetation (Evans & O'Connor 1999). Macrobotanical analyses show that mass brake and burnt part of branches, tree trunks but only spruce (*Picea*) remains could be found in situ stratigraphic position in the analyzed layers on the top of Henye Hill at Bodrogkeresztúr. These macrobotanical data suggest that spruce forest formed on the analysed hill but the density of charcoal remains (Rudner & Sümegei 2002) was very low so an open parkland (forest steppe) type of spruce forest reconstructed during older Gravettian Age (Rudner & Sümegei 2001; Sümegei & Rudner 2001; Willis et al. 2000) around the analyzed site. These spruce open parkland forests can be found on the boreal region today

**Table 2.:** The abundance and dominance of the pollen taxa from charcoal-rich Gravettian archaeological layer (55–60 cm) of the geological profile on Henye Hill at Bodrogkeresztúr village

i = the number of the pollen grain (abundance), % = percentage of the pollen grain (dominance)

**2. táblázat:** A pollen vizsgálat (abundancia és dominancia-eloszlás) eredménye a bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt lelőhely Gravetti régészeti rétegéből (55–60 cm)

i = abundancia (virágporszemek darabszáma), % = dominancia (virágporszemek százalékos megoszlása)

Taxon	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus mugo</i>	<i>Pinus cembra</i>	<i>Picea</i>	<i>Abies</i>	<i>Larix</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Betula</i>	<i>Carpinus</i>	<i>Alnus</i>	<i>Salix</i>
i	55	3	4	76	3	1	4	11	1	3	3
%	18,33	1,00	1,33	25,33	1,00	0,33	1,33	3,67	0,33	1,00	1,00

Taxon	<i>Sambucus</i>	<i>Poaceae</i>	<i>Artemisia</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	SUMMA	Broad-leaved trees and scrubs	Needle-leaved trees	Nor Arbor Pollen
i	1	105	15	15	300	18	147	135
%	0,33	35,00	5,00	5,00	100,00	6,33	48,67	45,00

**Table 3.:** The abundance and dominance of the phytolithic (plant opalite) forms from charcoal-rich Gravettian archaeological layer (55–60 cm) of the geological profile on Henye Hill at Bodrogkeresztúr village

i = the number of the phytolithic grain (abundance), % = percentage of the phytolithic grain (dominance)

**3.táblázat:** A fitolit vizsgálat (abundancia és dominancia-eloszlás) eredménye a bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt lelőhely Gravetti régészeti rétegéből (55–60 cm)

i = abundancia (fitolit szemcsék darabszáma), % = dominancia (fitolitszemcsék százalékos megoszlása)

Elongata psilate	Trapesiform elongate	Tabular psilate	Ovate psilate	Tabular sinuate scobiculate	Concave tabular scobiculate	Lanceolate
i	i	i	i	i	i	i
72	21	34	33	39	75	24
%	%	%	%	%	%	%
24.16	7.05	11.41	11.07	13.09	25.17	8.05

with trees mostly of *Picea*, *Pinus sylvestris*, *Pinus cembra*, *Betula*, *Carpinus*, *Salix* and *Juniperus communis* (Shugart et al. 1992) but only spruce remains from the archeological layer suggest that an anthropogenic selection might be formed around or in the forest trees. The structure of fired-embedded fossil *Picea* branches, fragments and the sediment can be seen to have been burned around the charcoal branches and trunks remnants.

Pollen and spore grains indicate the regional vegetation (Evans & O'Connor, 1999). Pollen spectra from Gravettian archaeological layer (55–60 cm) show high relative frequencies of arboreal pollen types (55 %) with *Pinus*, *Picea* and *Betula* being the most abundant (Table 2 and Figs. 3, 4). This suggests boreal wooded steppe vegetation formed around the analysed older Gravettian site on Henye Hill at Bodrogkeresztúr. Wooded areas around the site likely included *Pinus sylvestris*, *P. mugo* (*P. Dyploxylon* type pollen), *Pinus cembra* (*P. Haploxylon* type pollen), *Juniperus* and *Larix*. Although *Pinus sylvestris* is a well-known mass pollen producer usually over-represented in relative pollen frequency diagrams of the forest tundra, forest steppe and polar tundra zones (Peterson 1983; Hicks 1991; Seppä et al. 2002), so its relative abundance > 70% infer local populations (Peterson 1983).

In addition to *Pinus*, *Picea* displayed frequencies around 20–25 % (Table 2 and Figs. 3, 4) in this zone suggesting local occurrence on habitats with more humid conditions, likely on the foothill region of the Henye Hill, very close to the floodplain zone of Paleo-Bodrog river system (Sümegei 1996; Sümegei & Hertelendi 1998). The pollen and macrobotanical data from the older Gravettian archaeological layer of Henye Hill suggest that a hydro-series following vegetation formed around the analysed site from the lower and humid boreal mixed leaved gallery forest covered floodplain zone to open spruce parkland veg-

etation cover drier hilltop surface. The sporadic appearance of broad-leaved deciduous tree pollen like *Betula*, *Carpinus betulus*, *Alnus*, *Salix* is also characteristic for this zone and indicates scattered presence of these trees in the lowland pine woodlands.

Non-Arbour-Pollen assemblage from spruce charcoal and vertebrate bone-rich archaeological layer is characterized by a mass dominance in xerophilous and heliophyl elements, such as *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* (Table 2). These likely formed drier steppes or steppe spots on the top part of Henye Hill. Relative frequency of *Poaceae* is about 30 % while *Artemisia* and *Chenopodiaceae* about 6 % suggesting a cold continental grassy steppe spots within *Artemisia*, *Chenopodiaceae* in this zone.

Mass of microcharcoals and burnt macrocharcoals indicated some natural or anthropogenic fire episodes in the boreal type spruce open parkland during the terminal phase of the MIS3 but these fire prints show the climate might form in drier stage in this phase.

The phytolith (plant opal) material indicates absolute local vegetation (Persaits et al. 2015; Piperno 2006). The plant opal (phytolith) sample originates from a paleosol within Gravettian site on the top of the Henye Hill at Bodrogkeresztúr. In the sample Concave tabular scobiculate, Elongata psilate, Tabular sinuate scobiculate phytoliths are dominant (Table 3).

Elongate psilate indicates the long grass land based on the phytolith analyses of the Hungarian loess sections (Engel-di Mauro 1995; Persaits 2010; Persaits & Sümegei 2011) while Tabular sinuate scobiculate originated from *Pinus sylvestris* trees. Concave tabular scobiculate phytolithic grains indicate *Picea* trees and Lanceolate phytolithic grains originated from forest habitat grasses (Fig. 5). All the phytolithic content from the Gravettian archaeological layer suggest that an open boreal type spruce parkland forest



**4. táblázat:** A bodrogkeresztúri Henye-tetőn feltárt Gravetti régészeti lelőhely feltárt vadászott gerinces anyag archeozoológiai vizsgálatának eredményei (Vörös, 2000 nyomán)

**Table 4.:** The results of the archeozoological analysis of bones of prey from the Gravettian archaeological site of Bodrogkeresztúr Henye Hill (after Vörös 2000)

Prey type	Habitat type	No. of bones	Ratio of bones (%)	Specimen No.	Dominance (%)	Meat yield (kg)	Meat yield (%)
<i>Equus remagensis</i> <i>Equus germanicus</i>	steppe	483	62.97	50	42.37	9430	46.01
<i>Alces alces</i>	taiga	224	29.20	48	40.68	4550	22.24
<i>Bison priscus</i>	forest steppe	10	1.30	7	5.93	1400	6.48
<i>Mammuthus primigenius</i>	forest steppe	42	5.48	8	6.78	4600	22.48
<i>Cervus elaphus maral</i>	taiga	5	0.65	3	2.54	360	1.76
<i>Lepus</i>	steppe	1	0.13	1	0.85	2	-
<i>Leo</i>	steppe	2	0.26	1	0.85	120	0.58

within some Scots pine trees and grasses covered spots formed on the top of Henye Hill during terminal phase of MIS3. Thus the results macrobotanical, phytolith remains and pollen analyses showed in good agreement with paleo-vegetation reconstruction so the drawn pictures of the open boreal spruce dominated parkland forest around older Gravettian site of Henye Hill seems realistic.

### Discussion and Conclusion

A geological profile was evolved on the surface of the Henye Hill at Bodrogkeresztúr, very close to the older archaeological excavation profile which in an Upper Paleolithic (Gravettian) archaeological layer could be found (Vértes 1966; T. Dobosi 1994). According to macroscopic investigations and sedimentological analyses a reddish brown spruce charcoal rich fossil soil within scattered minor bone, silica fragments can be found in the geological profile. The geoarcheological and paleoecological data suggest that this fossil soil layer formed on a loess layer surface and under a spruce dominated mixed-leaved forest steppe (open parkland) environment during the terminal phase of the Marine Isotope Stage 3 (MIS3) level. This paleosoil layer can be found around the Kopasz Hill at Tokaj on the loess covered surface and on some loessy areas in the Hungarian Upland region (Sümegei 1996, 2005; Sümegei & Hertelendi 1998).

According to our paleobotanical data, a mixed taiga, dominated by spruce, must have emerged in the area of the Northern Mid-mountains and its foothills during this time. It might be important to know in

reconstruction of the surrounding environment of the Paleolithic hunters, that several *Picea* charcoal remains studied by Edina Rudner (Willis et al 2000; Rudner & Sümegei 2001) have been recovered from the Paleolithic sites themselves (Bodrogkeresztúr –Henye-tető: 26,318 +/- 365 BP years; Megyaszó, Szeles-tető: 27,070 +/- 680 BP years; Püspökhatvan –Diós, Öregszőlő: 27,700 +/- 300 BP years; Hont–Parassa III/Orgonás: 27,350 +/- 610 BP years).

All these data seem to underlie that the earliest Gravettian hunting groups appearing during an interstadial at the end of the Marine Isotope Stage 3 (MIS3) in the Carpathian Basin (Gáboriné-Csánk 1980; T. Dobosi 2000) must have populated spruce woodlands containing thermomesophilous arboreal elements (*Carpinus* – hornbeam, *Salix* – willow, *Alnus* – alder, *Betula* – birch, *Pinus sylvestris* – Scots pine and possibly *Corylus* – hazelnut, *Tilia* – elm, *Quercus* – oak) as well. Sporadic changes in the dominance of shade-loving mollusk species, as well as the scatteredness of the charcoal remains forming major spots refer to the presence of variegated mixed taiga woodland containing steppe elements (forest steppe). The differences in exposure between the slopes might have contributed to the emergence of minor spots, characterized by warmer conditions harbouring thermomesophilous arboreal elements within the spruce woodland. A modern analogy of this spruce woodland can be found in the Altai Mts. where a mixed spruce woodland of loose stands can be found at lower elevations containing such elements as Scots pine, alder, willow and oak (*Quercus mongolica*) (Sümegei 1996, 2005; Sümegei et al. 1999).

According to the gained information from the literature, our findings cannot be treated as unique to the Carpathian Basin by any means. Since numerous charcoal remains of *Picea* and those of *Pinus cembra*, *Larix-Picea*, *Pinus silvestris*, *Juniperus*, *Abies*, *Taxus baccata* have been recovered from various sites in the layers dated between 25-32,000 BP years in Moravia, the Alps and the Vienna Basin (Sümegei 2005). Besides the coniferous elements, remains of several deciduous elements have also been retrieved (*Betula*, *Salix*, *Tilia cordata*, *Ulmus betulus*, *Populus*, *Fagus sylvaticus*, *Quercus robur*, *Coryllus avellana*) implying the development of favorable microclimatic conditions and a warming of the climate. The pollen charts containing information from this studied interstadial interval all indicated the appearance and expansion of thermomesophilous elements along with a strong advent of the coniferous forms during this period. The complex, systematic comparative archeological and environmental historical investigations implemented at the sites of Pavlovi and Dolni Věstonice (Mason et al. 1994; Damblon 1997; Rybnícková & Rybníček 1991) have univocally justified the development of gallery forests dominated by pines but containing several thermomesophilous elements as well at the end of Denekamp interstadial, beginning of the Upper Pleniglacial in the valley of the Dyje creek. While the loessy hills elevated over the creek's alluvium and giving the settlement site of the Gravettian hunters was harbouring forest steppes with loose stands of dominantly *Picea* pines. Several thermomesophilous arboreal elements also populated these pine woodlands. The higher areas were covered by steppes containing stands of spruce and cembra pines. Consequently, the distribution of the oldest Gravettian sites and paleovegetation data seems to be closely linked to that of the spruce parkland.

This may refer to the development of a close-knit relationship between the fauna and ecological conditions of these pine woodlands and the life strategies of the oldest Gravettian hunting groups. In order to elucidate something about this special relationship, we were trying to find connections between the prey animals and the former vegetation using information

## References

BEUG, H.J. (2004): *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. (Textbook of pollen identification for Central Europe and adjacent regions)*. Pfeil, München.

BRADÁK, B. (2009): Application of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) for the determination of paleo-wind directions and paleo-environment during the accumulation period of Bag Tephra, Hungary. *Quaternary International* **198**: 77–84.

from the literature. The oldest Hungarian Gravettian site is that of Bodrogkeresztúr Henye-tető (Vértes 1966; T. Dobosi 2000). This site yielded numerous vertebrate bones assigned into the Istállóskő fauna (Kretzoi 1953; Jánossy 1979), studied by Kretzoi & Vörös (Vörös 2000). The bones recovered from a surface of 258 m<sup>2</sup> by Viola T. Dobosi and that of 165 m<sup>2</sup> sampled by László Vértes (Table 4) were dominantly those of wild horses, moose, mammoths and buffalos, both in terms of specimen numbers and the amounts of meat yields (Vörös 2000). When we have a look at the habitat preference of the individual vertebrate species (Table 4), we can clearly see that the highly complex, mosaic-like patterning in the environment inferred from the results of malacological studies (Sümegei 1996; Sümegei & Hertelendi 1998) and macrocharcoal analysis (Rudner & Sümegei 2001) is also corroborated by the findings on the vertebrate fauna. However, the extraordinary proportions of steppe elements, especially those of the wild horses calls for further explanation. The camp site of the Gravettian hunters at Henye-tető was located in a spruce dominated woodland on the hill. Several drinking sites must have been present on the underlying floodplain along a river, which must have occupied the site of the present-day Bodrog River, at a distance of only 1.0-1.5 km, where the herds of animals dwelling in different habitats must have gathered increasing the chance of a successful hunt for the humans.

It is rather interesting that the local environment of the oldest Gravettian sites was characterized by similar natural endowments at each and every Hungarian site (Püspökhatvan Diós, Püspökhatvan-Öregszőlő, Verseg, Hont-Parassa I.-II.-III.: T. Dobosi 1994) with a creek valley harbouring mixed taiga woodlands surrounded by loess-covered hills of steppes and spruce forests, the latter giving the camp sites of the hunters, similarly to the coeval sites along the Morava at Dolni Věstonice and Pavlov. It's also worth noting that not a single artefact belonging to the Gravettian culture has come to light from the areas located south of the Hungarian Upland and the belt of spruce woodlands within this chronological period.

CASAGRANDE, A. (1934): *Die Areometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderer Materialien*. Springer Verlag, Berlin.

CLARK, R.L. (1982): Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediments. *Pollen et Spores* **24**: 523–535.

CSONGOR, É. & HERTELENDI, E. (1986): Low-level counting facility for 14C dating. Nuclear In-

struments and Methods in Physics Research Section B. 17 493–497.

DAMBLON, F. (1997): Anthracology and past vegetation reconstruction. Pavlov I–Northwest. *Dolní Věstonice Studies* **4**: 437–442.

DÁNIEL, P. (2004): Methods of the five-step extraction-digestion method. pp. 53–56., Results of the five-step extraction-digestion method. In: SÜMEGI, P. & GULYÁS, S. (eds.) 2004. *The geohistory of Bátorliget Marshland*. Archaeolingua Press, Budapest, pp. 98–108.

DEAN, W.E. (1974): Determination of the carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignitions: comparison with order methods. *J. Sedimentary Petrology* **44**: 242–248.

ENGEL-DI MAURO, S. (1995): Constructing the paleovegetational record for the buried soils in the Hungarian young loess sequence: a view from phytolith analysis. *LOESS in FORM* **3**: 79–94.

EVANS, J. G. & O'CONNOR, T.P. (1999): *Environmental archaeology: principles and methods*. Sutton Pub Limited, Bloomberg.

EVANS, M.E. & HELLER F. (2001): Magnetism of loess/palaeosol sequences: recent developments. *Earth-Science Reviews* **54**: 129–144.

GÁBORINÉ CSÁNK, V. (1980): *Az őszember Magyarországán*. Gondolat, Budapest.

GOLYEVA, A. (2001): *Biomorphic analysis as a part of soil morphological investigations*. *Catena* **43**: 217–230.

GREGUSS, P. (1955): *Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

GREGUSS, P. (1959): *Holz-anatomie der europäischen Laubhölzer und Sträucher*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

GREGUSS, P. (1972): *Xylotomy of the living conifers*. Akadémia Kiadó, Budapest.

HAMBACH, U. (2010): Palaeoclimatic and stratigraphic implications of high resolution magnetic susceptibility logging of Würmian loess at the Krems-Wachtberg Upper-Palaeolithic site. In: NEUGEBAUER-MARESCH, C & OWEN, L.R. (eds.) *New Aspects of the Central and Eastern European Upper Palaeolithic: Methods, Chronology, Technology and Subsistence*. Proceedings of the Prehistoric Commission of the Austrian Academy of Sciences, Vienna, pp. 295–304.

HAMBACH, U., ROLF, C., SCHNEPP, E. (2008): Magnetic dating of Quaternary sediments, volca-

nites and archaeological materials: an overview. *Eiszeitalter und Gegenwart: Quaternary Science Journal* **57**: 25–51

HELLER, F. & EVANS, M. E. (1995): Loess magnetism. *Reviews of Geophysics* **33**: 211–240.

HELLER, F.B. & LIU, T.S. (1982): Magnetostratigraphical dating of loess deposits in China. *Nature* **300**: 431–433.

HELLER, F.B. & LIU, T.S. (1984): Magnetism of Chinese loess deposits. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **77**: 125–141.

HELLER, F.B., MEILE, J., WANG, J. & LIU, T.S. (1986): Paleoclimatic and sedimentary history from magnetic susceptibility of loess in China. *Geophysical Research Letters* **13**: 1169–1172.

HELLER, F.B., MEILE, J., WANG, J., LIU, T.S. (1987): Magnetization and sedimentation history of loess in the Central loess Plateau of China. In: LIU, T.S. (ed.) *Aspects of loess research*. Chinese Oceanic Press, Beijing 147–163.

HERTELENDI, E. (1998): Radiokarbon kormeghatározás. In: ILON, G. (szerk.) *A régészeti kézikönyv I. Panniculus, Ser. B. 3. Szombathely* 311–335.

HERTELENDI, E., CSONGOR, É., ZÁBORSZKY, L., MOLNÁR, J., GÁL, J., GYÖRFFI, M., NAGY, S. (1989): A counter system for high-precision C-14 dating. *Radiocarbon* **31**: 399–406.

HICKS, S. (1991): Large and small scale distribution of pollen in the boreal zone. *PACT* **33**: 17–25.

HORVÁTH, E. & BRADÁK, B. (2004): Néhány magyarországi löszfeltárás mágneses szuszceptibilitás szelvényeinek értelmezése. 2. Magyar Földrajzos Konferencia CD kiadványa, Szeged.

JÁNOSSY, D. (1979): *A magyarországi pleisztocén tagolása gerinces faunák alapján*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

KRETZOI, M. (1953): A negyedkor taglalása gerinces faunák alapján. *MTA Műszaki Tudományos Osztályának Alföldi Kongresszusa*, Budapest, 89–99.

KOZÁKOVÁ, R. & POKORNÝ, P. (2007): Dynamics of the biotopes at the edge of a medieval town: pollen analysis of Vltava river sediments in Prague, Czech Republic. *Preslia* **79**: 259–281.

KROLOPP, E. (1977): Absolute Chronological Data of the Quaternary Sediments Hungary. *Földrajzi Közlemények* **25**: 1–3.

KUKLA, J. (1977): Pleistocene land-sea correlations. 1. Europe. *Earth-Science Reviews* **13** 307–374.



- KUKLA, G., HELLER, F., LIU, X., XU, T., LIU, T., AN, Z. (1988): Pleistocene climate in China dated by magnetic susceptibility. *Geology* **16**: 811–814.
- MASON, S. L., HATHER, J. G., HILLMAN, G. C. (1994): Preliminary investigation of the plant macro-remains from Dolni Vestonice II, and its implications for the role of plant foods in Palaeolithic and Mesolithic Europe. *Antiquity* **68**: 48–57.
- MOORE, P.D., WEBB, J.A., COLLINSON, M.E. (1991): *Pollen Analysis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS COMPANY (1992): *Munsell Soil Color Charts Company. Revised edition*. Macbeth. Division of Kollmorgen Instrument Corp. Munsell Color Company, Baltimore.
- NORTHGRIP-MEMBERS (2004): High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period, *Nature* **431**: 147–151
- OLDFIELD, F., DEARING, J.A., THOMPSON, R., GARRET-JONES, S.E. (1978): Some magnetic properties of lake sediments and their possible links with erosion rates. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, **25**: 321–331.
- PERSAITS, G. (2010): A fitolitok szerepe a geoarcheológiai minták értékelésében. Doktori (PhD) értekezés. SZTE TTIK Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged.
- PERSAITS, G. & SÜMEGI, P. (2011): A fitolitok szerepe a régészeti geológiai és környezettörténeti minták értékelésében. In: UNGER, J. & PÁL-MOLNÁR, E. (szerk). *Geoszférák 2010*. GeoLittera, Szeged 307–354.
- PERSAITS, G., GULYÁS, S., NÁFRÁDI, K., SÜMEGI, P., SZALONTAY, CS. (2015): Phytolithic aided paleoenvironmental studies from the Dutch Neolithic. *Open Geosciences* **1**: 1–10.
- PETERSON, G.M., (1983): Recent pollen spectra from zonal vegetation in the Western USSR. *Quaternary Science Reviews* **12**: 281–321.
- PIPERNO, D.R. (2006): *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Altamira Press. Oxford.
- PUNT, W., HOEN, P. P., BLACKMORE, S., NILSSON, S., LE THOMAS, A. (2007): Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology* **143**: 1–81.
- REILLE, M. (1992): *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- REILLE, M. (1995): *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 1. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- REILLE, M. (1998): *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Supplement 2. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- RYBNÍCKOVÁ, E. RYBNÍČEK, K. (1991): The environment of the Pavlovian-palaeoecological results from Bulhary, South Moravia. In: KOVAR – EDER, J. (ed.) Palaeovegetational development in Europe and regions relevant to its palaeofloristic evolution. Proceedings of the Pan-European Palaeobotanical Conference, Vienna, 19-23 September 1991, 730–79.
- RUDNER, E. & SÜMEGI, P. (2001): Recurring taiga forest steppe habitats in the Carpathian Basin in the Upper Weichselian. *Quaternary International* **76/77**: 177–189.
- RUDNER, E. & SÜMEGI, P. (2002): Charcoal as a remain of natural and human-set fires of Palaeolithic Times – case study from Hungary. *British Archaeological Report* **1089**: 11–18.
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1978): *Microscopic wood anatomy*. Swiss Federal Institute of Forestry Research, Birmensdorf.
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1990): *Mikroskopische Holz Anatomie*. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf.
- SEPPÄ, H., NYMAN, M., KORHOLA, A., WECKSTRÖM, J. (2002): Changes of tree-lines and arctic-alpine vegetation in relation to post-glacial climate dynamics in northern Fennoscandia based on pollen and chironomid records. *Journal of Quaternary Science* **17**: 287–301.
- SHUGART, H.H., LEEMANS, R., BONAN, G.B. (eds.) (1992): *A Systems Analysis of the Global Boreal Forest*. Cambridge University Press, London.
- STIEBER, J. (1968): *Anthrakotómia, quarter kronológia és a hazai pleisztocén vegetáció*. Akadémiai Doktori Értekezés, (elbírálatlan), Budapest, ELTE.
- SÜMEGI P. (1989): *Hajdúság felső-pleisztocén fejlődéstörténete finomrégtani (üledék-földtani, őslénytani, geokémiai) vizsgálatok alapján*. [Upper Pleistocene evaluation of Hajdúság region based on fine-stratigraphical (sedimentological, paleontological, geochemical) analyses]. Egyetemi doktori értekezés, p. 96. Debrecen.
- SÜMEGI P. (1996): *Az ÉK-magyarországi löszterületek összehasonlító ökoszisztémái és sztratigráfiai értékelése*. [Comparative paleoecological and stratigraphical valuation of the NE Hungarian loess areas]. Candidate (PhD) dissertation, Debrecen - Budapest.

- SÜMEGI, P. (2005): *Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary*. Aurea, Nagykovácsi.
- SÜMEGI, P. & HERTELENDI, E. (1998): Reconstruction of microenvironmental changes in Kopasz Hill loess area at Tokaj (Hungary) between 15.000-70.000 BP years. *Radiocarbon* **40**: 855–863.
- SÜMEGI P.-MAGYARI E.-DANIEL P.-HERTELENDI E.-RUDNER E. (1999): A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténetének rekonstrukciója. *Földtani Közöny* **129**: 479–519.
- SÜMEGI, P., RUDNER, E., BESZEDA, I. (2000): Stratigraphical and palaeoecological investigation of the fossil soil comprising Upper Palaeolithic tools at Bodrogkeresztúr – Henye. In: T. DOBOSI, V. (ed.) *Bodrogkeresztúr – Henye (NE Hungary) Upper Palaeolithic site*. Magyar Nemzeti Múzeum Budapest 217–220.
- SÜMEGI, P., NÁFRÁDI, K., MOLNÁR, D., SÁVIA, SZ. (2015): Results of paleoecological studies in the loess region of Szeged-Öthalom (SE Hungary). *Quaternary International*, **372**: 66–78.
- SZABOLCS, I. (1966): *A genetikai üzemi talajtérképezés módszerkönyve*. Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest.
- T. DOBOSI, V. (1994): Contribution to the Upper Palaeolithic topography. *Acta Archeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **46**: 3–20.
- T. DOBOSI, V. (ed.) (2000): *Bodrogkeresztúr – Henye (NE Hungary) Upper Palaeolithic site*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.
- THOMPSON, R. & OLDFIELD, F. 1986. *Environmental Magnetism*. George Allen and Unwin, London.
- TROELS-SMITH, J. (1955): *Karakterisering af lose jordater*. Danmarks Geologiske Undersøgelse, ser. IV. (10).
- VAN MEERBEECK, C. J., RENSSSEN, H., ROCHE, D. M. (2009): How did Marine Isotope Stage 3 and Last Glacial Maximum climates differ?—perspectives from equilibrium simulations. *Climate of the Past* **5**: 33–51.
- VÉRTES, L. (1966): The Upper Palaeolithic site on Mt. Henye at Bodrogkeresztúr. *Acta Archaeologica Hungarica* **18**: 3–14.
- VÖRÖS, I. (2000): Hunted mammals from the Gravettian campsite Bodrogkeresztúr-Henye. In: T. DOBOSI, V. (ed.) *Bodrogkeresztúr-Henye (NE Hungary) Upper Palaeolithic Site*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest, 113–186.
- WILLIS, K.J.-RUDNER, E.-SÜMEGI, P. (2000): The full-glacial forests of central and southeastern Europe: Evidence from Hungarian palaeoecological records. *Quaternary Research* **53**: 203–213.
- ZHOU, W., ZHOU, J., XIAO, J., DONAHUE, D., & JULL, A.J.T. (1999): Preliminary study on radiocarbon AMS dating of pollen. *Science in China Series D: Earth Sciences*, **42**: 524–530.





# MAGYARORSZÁGON ELŐKERÜLT HORNFELS (MÉSZ-SZILIKÁT SZARUSZIRT) ANYAGÚ CSISZOLT KŐESZKÖZÖK NYERSANYAGLELŐHELYÉNEK FELKUTATÁSA

## DISCOVERING THE PROVENANCE OF HORNFELS POLISHED STONE TOOLS IN HUNGARY

SZAKMÁNY GYÖRGY<sup>1</sup>, JÓZSA SÁNDOR<sup>1</sup>, BENDŐ ZSOLT<sup>1</sup>, KASZTOVSZKY ZSOLT<sup>2</sup>, HORVÁTH FERENC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ELTE FFI Közettan-Geokémiai Tanszék, e-mail: [gyorgy.szakmany@geology.elte.hu](mailto:gyorgy.szakmany@geology.elte.hu)

<sup>2</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Nukleáris Analitikai és Radiográfiai Laboratórium

<sup>3</sup>Móra Ferenc Múzeum, Szeged

### **Kivonat**

Az őskorban a finomszemcsés kontakt metamorf eredetű hornfels (más néven mész-szilikát szaruszirt) nagyon népszerű nyersanyag volt csiszolt kőeszközök készítéséhez az egész Kárpát-medencében és környezetében, de elsősorban annak délkeleti részén. A nyersanyag forrásterülete hosszú ideig ismeretlen volt. A kőeszközök területi elterjedése alapján a nyersanyag forrásterületét a kutatók a Déli-Kárpátokban vagy az Erdélyi-középhegységben képzelték el. A hornfels kőeszközök nyersanyaga elsősorban diopszidból, bázisos összetételű plagioklászából, kevesebb káliföldpátból, esetenként szkapolitból és biotitból áll. Akcesszóriaként apatit, titanit, allanit, cirkon, esetenként pirrotin jelenik meg benne. Kémiai összetételét tekintve a hornfels jelentős Ca-tartalommal, valamint viszonylag jelentős Al-tartalommal jellemezhető, alkália tartalma kicsi. Hosszú nyomozás után nagyon hasonló összetételű és szövétű kőzeteket sikerült felfedezni, begyűjteni, majd megvizsgálni és azonosítani a Ruszkahavas délnyugati részén, Novákfalva (Glimboca) környezetében, továbbá az Erdélyi-középhegység déli részén, az Obersiától (Obârșă) északra futó völgyben. Mindkét területen a hornfels banatitos szubvulkáni kőzetek és kréta időszaki Gosau-fáciesű, nagy mésztartalmú agyagos üledékes kőzetek kontaktusán alakult ki. Ezáltal egy régen keresett csiszolt kőeszköz nyersanyag forrásterületét sikerült megtalálnunk, illetve lehatárolnunk.

### **Abstract**

*Hornfels was one of the most popular raw materials to make prehistoric polished stone tools in the whole Carpathian Basin and its environs, especially in their South-Eastern part. The provenance of the raw material was unknown for a long time. Researchers have thought the provenance on the territories of Southern Carpathians and/or Apuseni mountains on the basis of the distribution of the hornfels stone tools. Petrologically this type of hornfels is dominantly composed of diopside, basic plagioclase, less K-feldspar, rare scapolite and biotite. Accessories are apatite, titanite, allanite, zircon, and occasionally pirrotite. As regards the chemical composition of hornfels have high Ca and relatively high Al-content, the alkalis are only in few amount. After a long time searching for the provenance of hornfels, similar rock types have been found in SW part of Rusca Mts. on the environs of village Novákfalva (Glimboca), moreover on the South part of Apuseni Mts. on a North-South valley near the village Obersia (Obârșă). On both territories hornfels were formed on the contact zone of banatite subvolcanic rocks and high Ca-content clayish Cretaceous Gosau-facies sediments. As a result of our work we could discover and localize the provenance of a special rock type, the hornfels, which was a widely used raw material for polished stone tools in the studied area.*

**KULCSSZAVAK:** CSISZOLT KŐESZKÖZ, NYERSANYAG PROVENANCIA, HORNFELS, RUSZKA-HAVAS, ERDÉLYI-KÖZÉPHEGYSÉG

**KEYWORDS:** POLISHED STONE TOOLS, RAW MATERIAL PROVENANCE, HORNFELS, RUSCA-MOUNTAINS, APUSENI-MOUNTAINS

### **Bevezetés**

A finomszemcsés kontakt metamorf kőzetek az őskorban nagyon népszerű nyersanyagok voltak csiszolt kőeszközök készítéséhez. Ebbe a kőzettípusba tartozik az a nagyon finomszemcsés hornfels (mész-szilikát szaruszirt), amelyből készült csiszolt kőeszközök jelentős számban kerültek elő a Kárpát-

medencében és környezetében az eddig feldolgozott régészeti leletanyagokból. Ez a kőzettípus ugyanis nagyon alkalmas nyersanyagnak bizonyult csiszolt kőeszközök készítésére. Már a legkorábbi neolitikus kultúráktól kezdve ismerünk hornfelsből készült kőeszközöket mind a magyar, mind a környező te-



**1. ábra:** Jellegzetes neolitikus hornfels (mész-szilikát szaruszirt) nyersanyagú csiszolt kőeszközök

**Fig. 1:** Typical Neolithic hornfels polished stone tools

rületek leletanyagiban. Legtöbbször lapos vésőbalták, valamint kaptafa alakú balták készültek belőle (**1. ábra**). Jó mechanikai tulajdonságai miatt elsősorban munkaeszköznek használták, a leletek között előforduló jelentős számú ép, vagy csaknem ép kőbalta – elsősorban a halványzöld árnyalatú, áttetsző változat – viszont azt sugallja, hogy szimbolikus baltaként is alkalmazhatták.

### *A kőeszközök előfordulása*

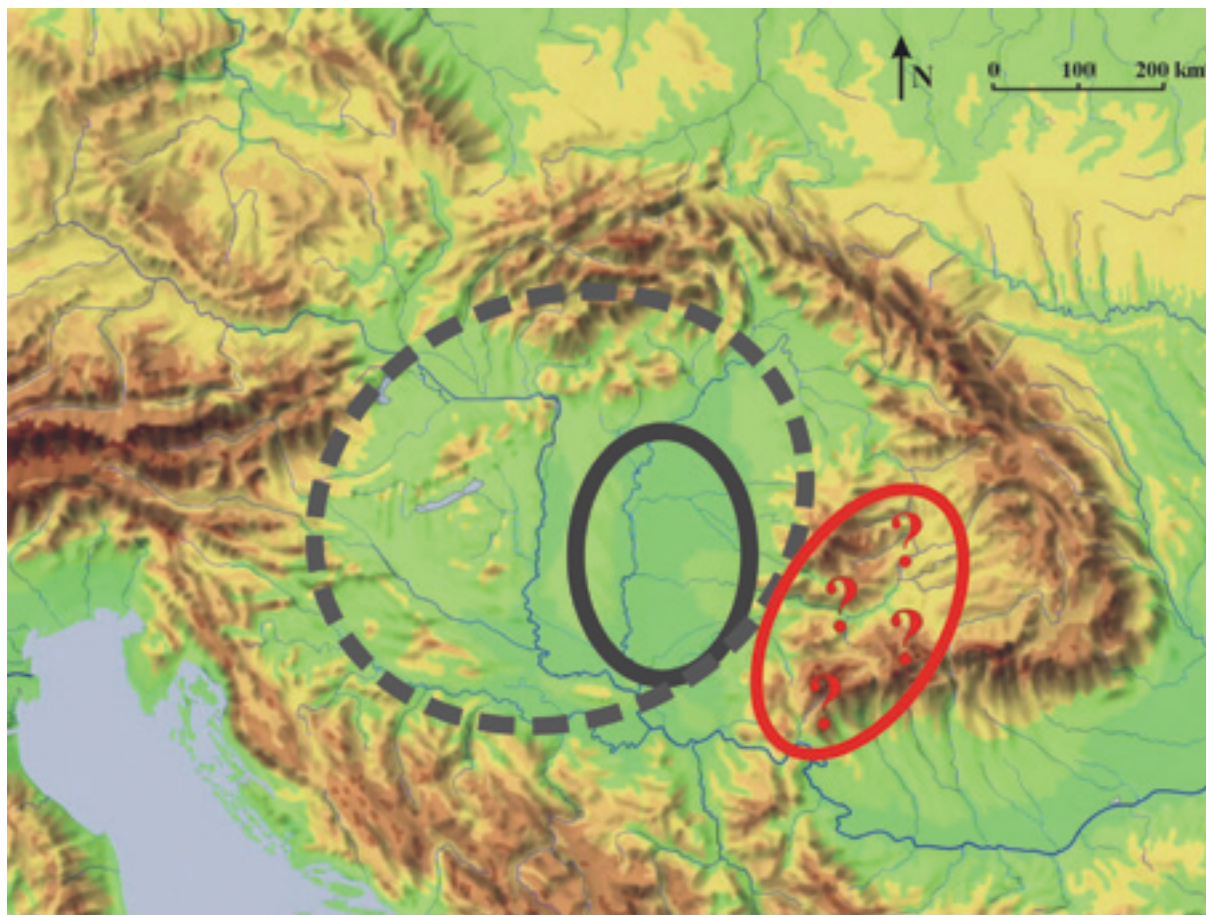
A mész-szilikát szaruszirt (hornfels) anyagú kőeszközök az egész Kárpát-medencében és környezetében széles körben elterjedtek, azonban a délkeleti területeken – már a legkorábbi neolitikumtól kezdve – lényegesen nagyobb mennyiségben található meg a leletanyagokban, mint attól északra és nyugatra (pl. Szakmány 1996; Starnini & Szakmány 1998; Hovorka et al. 2001; Judik et al. 2001; Schléder et al. 2002; Starnini et al. 2007; Szakmány 2009). A neoliton kívül rézkori lelőhelyekről is ismert (Oravec és Józsa 2005). A kőeszközök nagyon hasonló ásványos és kémiai összetétele arra utal, hogy a nyersanyagforrás pontszerű lehetett. Mész-szilikát szaruszirtből készült kőeszközök a Kárpát-medencétől délkeletre előforduló területek leletanyagában is jelentős mennyiségben jelen vannak, mind a Szerbia területén található Vinča kultúrában (Antonović

2006; Antonović et al. 2006), mind a mai Románia területén (pl. Kalmar & Stoicoviciu 1990; Lazăr et al. 2007; Nagy et al. 2008), habár meg kell jegyeznünk, hogy a Vinča kultúrában előforduló nagyon finomszemcsés, szürke, tömött kontakt metamorf kőzetek egy jelentős részének összetétele – részletes, elsősorban mikroszkópos vizsgálatok alapján – eltér a munkánkban szereplő, későbbi fejezetben tárgyalt hornfelsétől (Antonović 2006; Antonović et al. 2006). A fent vázolt gyakorisági eloszlásból arra következtettünk, hogy a nyersanyagforrást valahol a Délkeleti-Kárpátokban, illetve annak környezetében kell, hogy keressük, habár egyes szerzők (Hovorka et al. 2001) a nyersanyagforrás helyét máshol feltételezték (**2. ábra**).

### *Vizsgálati módszerek*

A hornfels kőeszközök vizsgálatát részben roncsolásos, de a jelentős számú ép kőeszköz miatt nagyrészt roncsolásmentes vizsgálatokkal végeztük. A vizsgálati elemzések adatainak minél pontosabb összehasonlíthatósága érdekében ugyanezekkel a módszerekkel vizsgáltuk a terepen gyűjtött geológiai mintákat is.

Mind a kőeszközökről, valamint a terepi mintákról kézzinagyító és sztereomikroszkóp segítségével



**2. ábra:** A hornfels kőeszközök elterjedése a Kárpát-medencében és a nyersanyag eredetileg feltételezett előfordulási területe. Jelmagyarázat: fekete folytonos vonal – gyakori előfordulás; szürke szaggatott vonal – ritkább előfordulás, vörös vonal – a nyersanyag előzetesen feltételezett provenanciája (alaptérkép: Zentai László, <http://mek.oszk.hu/00000/00092/00092.jpg>)

**Fig. 2:** Distribution of hornfels polished stone tools in the Carpathian Basin indicating the originally supposed raw material provenance. Legend: black continuous line: often occurrence; grey dashed line – rare occurrence; red line: originally supposed provenance of raw material (basic map by László Zentai, <http://mek.oszk.hu/00000/00092/00092.jpg>)

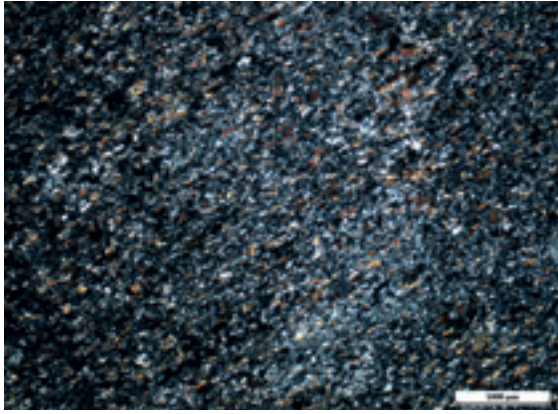
először makroszkópos petrográfiai leírást készítettünk. Ezt kiegészítettük a kőeszközök mágneses szuszeptibilitásának mérésével, amit Kappameter KT-5 típusú hordozható MS mérővel végeztünk. A végleges MS értékeket vastagsági és felületi korrekció átszámolása után (Williams-Thorpe et al. 2000; Bradák et al. 2005; 2009; Szakmány et al. 2011b) kaptuk meg. A tört kőeszközökből valamint a terepi mintákból készült vékonycsiszolatokat Leitz Laborlux 11 Pol S típusú polarizációs mikroszkóppal vizsgáltuk, a mikroszkópos fényképek Nikon Optiphot2-POL mikroszkóppal készültek, amihez a NIS Elements szoftvert használtuk.

A kőeszközök szöveti jellegzetességeit és a közetalkotó elegyrészek kémiai összetételét az ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszékén működő AMRAY-1830 típusú SEM-EDX elektronmikroszkópra közelmúltban kifejlesztett „eredeti felszín

módszerrel”, teljesen roncsolásmentesen végeztük. A mintaelőkészítési és vizsgálati körülmények megegyeznek a Bendő és szerzőtársai (2013) által leírtakkal. A terepi minták esetében azokból vékony szeletet vágunk, amelyeket felpoliroztunk, és ezeket a szeleteket vizsgáltuk az elektronmikroszkóppal.

A kőeszközök és terepi minták kémiai összetételét szintén teljesen roncsolásmentes PGAA módszerrel az MTA Energetikai Kutatóközpont Nukleáris Analitikai és Radiográfiai Laboratóriumában határoztuk meg. A módszerrel csiszolt kőeszközön már évek óta nagyszámú sikeres mérés történt (Szakmány et al. 2011a). A budapesti PGAA berendezést részletesen Szentmiklósi és munkatársai (2010) ismertetik, az elemösszetétel meghatározását Révay (2009) írja le.





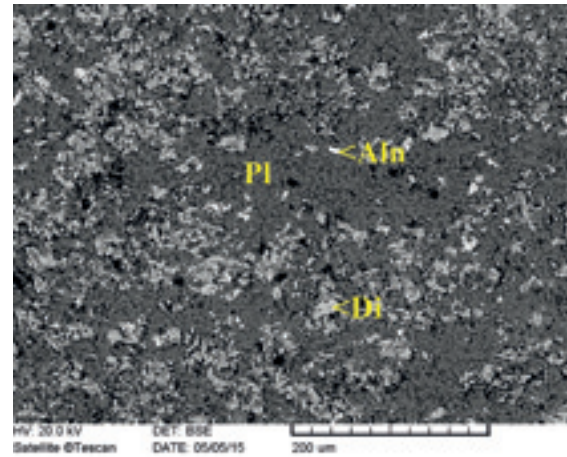
**3. ábra:** Hornfelsből készült kőeszköz polarizációs mikroszkópos képe (GOR-241, Gorzsa, késő neolitik; +nikolok)

**Fig. 3:** Micrograph of hornfels polished stone tool (sample GOR-241, Gorzsa, Late Neolithic; +Nicols)

### A kőeszközök megjelenése, összetétele

A kőeszközök nyersanyagául szolgáló hornfels nagyon finomszemcsés, kemény, szívós, emellett tetsetős, halványzöld, szürkészöld, zöldeszürke vagy szürke színárnyalatban előforduló, jól polírozható kőzet. Egyes esetekben a kőzet makroszkóposan is megfigyelhetően sávos. A hornfels anyagú kőeszközök jellegzetes megjelenésük alapján általában makroszkóposan is jól elkülöníthetők más kőeszköztípusoktól, amihez az is hozzájárul, hogy a korrigált mágneses szuszceptibilitás (MS) értékei (Bradák et al. 2009) nagyon szűk tartományban,  $\chi_w = 0,2-0,4 \times 10^{-3}$  SI között mozognak. Ugyanakkor makroszkóposan a nagy kovartartalmú kőzetektől esetenként nagyon nehéz elkülöníteni, sőt a zölde árnyalatúak a nefrittel vagy akár a kis Fe-tartalmú nagynyomású kőzetváltozatokkal (jadeitit) is össze-tevésztethetők.

Polarizációs mikroszkópi és az ezeket kiegészítő SEM-EDX vizsgálatok alapján a magyarországi leletanyagokban előforduló hornfels ásványos összetételében elsősorban két ásvány, a diopszidos összetételű piroxén és a földpát uralkodik, ez utóbbi elsősorban bázisos plagioklász, de ezen kívül – kis mennyiségben – előfordulhat káliföldpát is. Ritkábban biotit, szkapolit, illetve opakásvány is megtalálható benne, egyes mintákban kevés epidot megjelenhet. A kisszámú és nagyon kisméretű akcesszóriák polarizációs mikroszkóp alatt nem határozhatók meg egyértelműen, a SEM-EDX vizsgálatok alapján elsősorban apatitot, titanitot, allanitot és cirkont lehetett azonosítani. A ritkán előforduló opakásvány pirrhotinnak bizonyult. A kőzet általában nagyon finomszemcsés, a piroxén és a földpát szemcsék nagyon szorosan kapcsolódnak egymáshoz, sokszor egymáson átnöve. Szövetét tekintve



**4. ábra:** Hornfelsből készült kőeszköz jellegzetes szöveti képe és összetevői visszaszórt elektronképen (GOR-227, Gorzsa, késő neolitik); Di – diopszid, Pl – plagioklász, Aln – allanit

**Fig. 4:** Typical hornfels in BSE image (sample GOR-227, Gorzsa, Late Neolithic); Di – diopside, Pl – plagioclase, Aln – allanite)

granoblasztos, de egyes, jobban kristályos változatok poikiloblasztos jellegű szövetet mutatnak, mind a piroxén, mind a földpát nagyobb méretű szemcséiben a másik elegyrész apró kristályai zárványként foglalnak helyet (**3. és 4. ábra**).

A hornfels kőeszközök kémiai összetétele viszonylag szűk tartományban mozog (**1. táblázat**). Jellemző a viszonylag jelentős, 13–23 m/m% CaO, az 50 m/m% körüli  $\text{SiO}_2$ , valamint a viszonylag nagy, 13–16 m/m% közötti  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom, amihez kisebb, de azért még jelentős mennyiségű MgO (4–9 m/m%) társul. A kőzetek alkália ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) tartalma általában 1–5 m/m% között mozog. Az ásványos összetétel arra utal, hogy a kőzet nagy hőmérsékletű kontaktuson alakulhatott ki, és a kőzetek kémiai összetételében kimutatott jelentős CaO, és ugyancsak jelentős  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalom azt jelzi, hogy a magmás test feltehetően mészmárgába vagy agyagos mészkőbe nyomult bele (Szakmány et al. 2015).

### A lelőhely felkutatásának stratégiája

Mínthogy a hornfels kontakt metamorfit, első közelítésben le kellett határolnunk hol fordulnak elő olyan magmás kőzetek, amelyek kontaktusán ez a jellegzetes összetételű és szövetű kőzet kialakulhatott. Ehhez – a kőeszközök előfordulásának gyakorisági eloszlását figyelembe véve – mindenekelőtt a Délkeleti-Kárpátok környezetének és az Erdélyi-középhegységnek a topográfiai valamint földtani térképeit, térképmagyarázóit, emellett irodalmait tanulmányoztuk, és ez alapján jelöltük ki a szóba jöhető képződményeket és területeket. A földtani térképek mellett a munkához jelentős segítséget adott a



**5. ábra:** Az Erdélyi-középhegység déli részének és a Déli-Kárpátok északnyugati részének domborzati térképe a nyersanyag előfordulási helyekkel (alaptérkép: <http://www.eng.unideb.hu/userdir/forian/Vizes/1.jpg>)

**Fig. 5:** Topographic map of the Southern Apuseni Mts. and NW part of Southern Carpathians with the provenance of raw material (basic map: <http://www.eng.unideb.hu/userdir/forian/Vizes/1.jpg>)

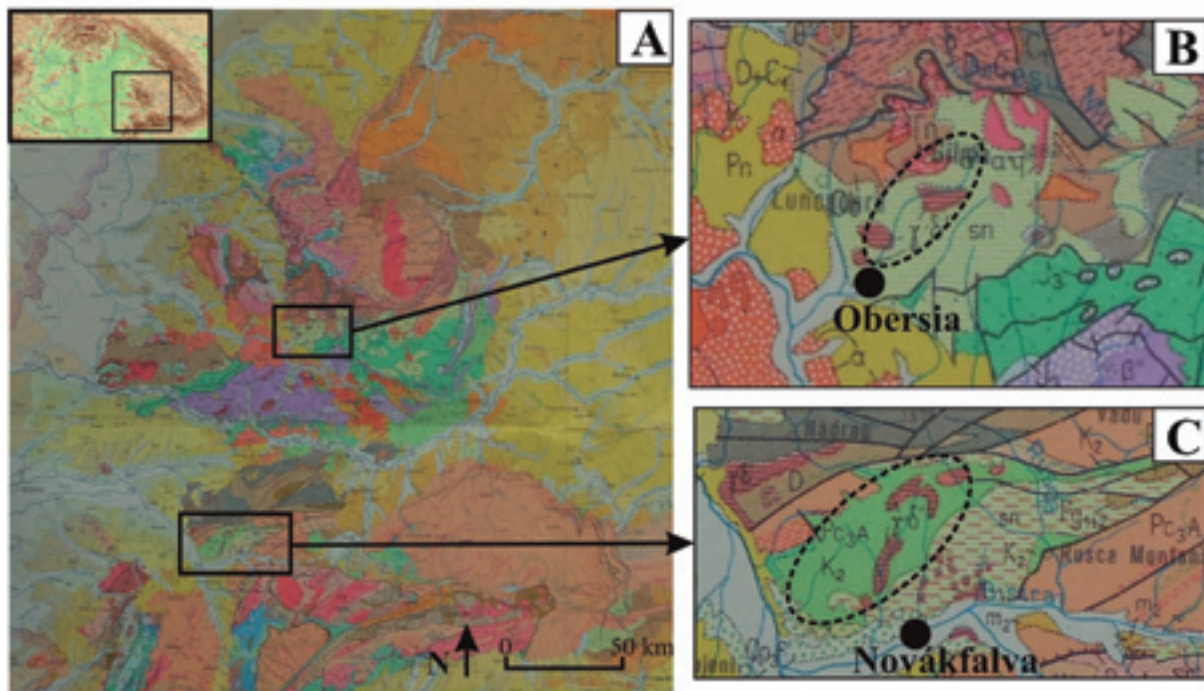
2010-ben Magyarországon megrendezett IMA (International Mineralogical Association) '20<sup>th</sup> General Assembly' konferencia, amelynek egyik kirándulásvezetője éppen ezeknek a területeknek a klasszikus, késő kréta korú magmatizmusához kapcsolódó szkarn lelőhelyeit foglalja össze (Ilinca 2010). Az irodalmi leírások közül azonban egyik sem említett pontosan olyan összetételű és megjelenésű kontakt metamorf kőzeteket, mint amilyen a kőeszközök nyersanyaga. A térképek és az irodalom tanulmányozása alapján egyik legkézenfekvőbb megoldásként a banatit és annak a fent említett területen mintegy 200 km hosszan húzódó zónájában előforduló magmás kőzetsorozat merült fel mint perspektivikus képződmény, de más nagy hőmérsékletű magmás kőzettest és üledék kontaktusát sem zárhattuk ki (pl. a Retyezát nagy területen előforduló granitoidos kőzettestét). Mindamelllett a hornfels kőeszközök legkorábbi neolit kultúrákban való előfordulása azt sugallta, hogy viszonylag könnyen megközelíthető terep (feltehetően valamelyik nagyobb folyóvölgy, illetve annak közvetlen környezete) jöhet szóba lelőhelyként.

A következő lépésben a fentiekben leírtaknak megfelelően alakítottuk ki a terepbejárás stratégiáját. Mindenekelőtt a szóba jöhető területek vízgyűjtőiből táplálkozó nagyobb folyók, a Fehér-Körös, a Maros

és a Temes recens kavicsanyagát tanulmányoztuk át, gyűjtöttük be és vizsgáltuk meg. A mintavételezést elsősorban a hegyvidéki területekről kilépő folyók síkvidéki részein, a hegységhez közeli (néhány kilométeres távolságában) kezdtük, majd haladtunk a hegységek belseje felé, de a munka e fázisában a folyók fő völgyének kavicsanyagát gyűjtöttük be. Ennek eredményeként a három folyó közül először kizárólag a Temes folyóban találtunk, de ott is csak igen kis számban és kis méretben, a kőeszközök nyersanyagához hasonló megjelenésű finomszemcsés, tömött szövetű, zöldesszürke-szürke kőzetanyagú kavicsokat. Ezen a szalon elindulva a kutatás következő fázisában – a földtani térképekkel és geológiai kirándulásvezetőkkal (pl. Săndulescu et al. 1978; Kräutner et al. 1981; Rădulescu et al. 1981; Ilinca 2010; Románia 1:200000-es és 1:50000-es földtani térképlapjai) összehangoltan – a Temes vízgyűjtő területére koncentrálna, annak mellékfolyóin végeztünk kutatásokat.

Számos olyan vízfolyás törmelékanyagát végigvizsgáltuk, amelynek vízgyűjtő területén mélységi vagy szubvulkáni magmás testek fordulnak elő. A Temes jobboldali mellékfolyója, a Ruszka-havas déli oldalán közel kelet-nyugat irányban folyó Bisztra folyó hordalékának kutatása hozta meg az első sikert. Törmelékében, különösen a Bisztra folyó és a





**6. ábra:** A kőszközők nyersanyagához hasonló hornfels előfordulási területeinek földtani térképe. A) Átnézetes földtani térkép az Erdélyi-középhegység és a Déli-Kárpátok keleti részéről; B) Az Erdélyi-középhegység déli része, Obersiától északra; C): A Ruszka-havas délnyugati része, Novákfalvától északnyugatra. Jelmagyarázat: a szaggatott vonallal körbehatárolt területeken a zöld színnel jelölt Gosau üledékekbe nyomultak a sötét lilásvörös-sel jelölt banatit intrúziók, melyek kontakt zónájában alakult ki a hornfels. Földtani térkép Sandulescu et al. (1978) alapján.

**Fig. 6:** Geological map of occurrences of hornfels similar to raw materials of polished stone tools. A): general map of Apuseni Mts. and western part of Southern Carpathians; B) Southern part of Apuseni Mts. north of Obersia; C) SW part of Rusca Mts. NW of Novákfalva (Glimboca). Dashed lines outline the territories of hornfels; Legend on the map: green colour: Gosau sedimentary rocks; dark lilac red colour: banatite intrusions. Basic geological map: Sandulescu et al. (1978).

Ruszka patak összefolyásánál nagyobb mennyiségű és méretű olyan jellegű közettömbökre bukkantunk, amelyek kőzetanyaga makroszkóposan nagyon hasonló volt a hornfels balták nyersanyagához. A földtani térképekről kiderült, hogy az érintett vízgyűjtő területen a banatit és a kréta korú Gosau-fáciesű üledékes kőzetek kontaktzónája nagy felszíni elterjedésű, ami megerősítette, hogy jó nyomon járunk. A begyűjtött kőzetek mikroszkópos és kémiai vizsgálati eredményei megerősítették, hogy ásványos és kémiai összetételük hasonló, habár sok esetben nem teljesen azonosnak bizonyultak a tipikus hornfels kőszközőkével. A terepen gyűjtött példányok között szabad szemmel is jól láthatóan gyakoribbak voltak az erősebben sávos jellegűek. Emellett sok közettömb tartalmazott – csak mikroszkópos vizsgálatokkal kimutatható – viszonylag jelentős mennyiségű finomszemcsés kvarcot, amely alapján összetételük némileg eltért a kőszközők összetételétől. A kutatás következő fázisában, a részletesebb földtani térképek áttanulmányozása után a bejárandó területet tovább szűkítettük a Ruszka-havas délnyugati te-

ületére, Novákfalva (Glimboca) településtől északi irányban, ahol a térkép a banatit több olyan telérét is jelezte, amelyek Gosau képződményekbe nyomultak bele (5. és 6/C. ábra).

A területen az egyes észak-déli irányú völgyek patakmedreiben a völgytalptól a hegység felé jelentős, helyenként uralkodó mennyiségű hornfels anyagú törmelék fordult elő. (7. ábra). A tömbök a völgytalp környezetében közepesen vagy kevésbé, beljebb egyre kevésbé voltak koptatottak. Méretük igen változatos. Uralkodóan 15–30 cm-esek, de a legnagyobbak akár az 50–60 cm-t is elérik, a hegység belsejében pedig még ennél is nagyobb méretű tömbök fordulnak elő mind a patakmedrekben, mind regulitként a völgyoldalokban. Általában sávosak, és elsősorban nagyon finomszemcsés, tömött, szívós, uralkodóan szürke-zöldesszürke, ritkábban szürkészöld színűek. A hegység belseje felé a fővölgy szűkülésével esetenként a völgy oldalfalában szálfeltárások formájában vastagpados megjelenésben ki is bukkannak.



**7. ábra:** Hornfels anyagú kőtömbök a Ruszka-havas délnyugati részének patakmedrében Novákváltól (Glimboca) északra

**Fig. 7:** Boulders of hornfels in a creek near Novákválva (Glimboca), SW Rusca-Mts.

A tágabb területre vonatkozólag a földtani térképek (pl. Săndulescu et al. 1978; Rădulescu et al. 1981; Románia 1:200000-es és 1:50000-es földtani térképlapjai) áttanulmányozása során hasonló földtani helyzetet észleltünk az Erdélyi-középhegység déli területéhez tartozó Erdélyi-érchegység északi részén, konkrétan az Obersiától (Obârșa) északra-északkeletre található, közel észak-déli völgyek esetében, ahol szintén banaiti telérek, illetve intrúziók fordulnak elő Gorsau-faciesű üledékes összletben. A több völgyet is átfogó részletes terepbejárás során az Obersiától észak felé kiinduló hosszú völgyben szintén jelentős mennyiségben találtunk a kőeszközök nyersanyagához nagyon hasonló megjelenésű hornfels tömböket, és szálkőzet kibukkanásokat (ld. **5. és 6/B. ábra**). A tömbök mérete ezen a területen is uralkodóan 15–30 cm-es volt, esetenként az 50–60 cm-t itt is elérte (**8. ábra**). Ki kell emeljük, hogy ez a terület már a Fehér-Körös legfelső vízgyűjtő területéhez tartozik. Ezzel kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy előzetes terepbejárásaink során a Fehér-Körös kavicsanyagában hornfels anyagú kavicsot nem sikerült kimutatnunk. Ennek részben az lehetett az oka, hogy a hornfels előfordulási területe a Fehér-Körös forrásvidékéhez közel van, és a kavicsok nem jutottak el a viszonylag jelentős távolságra levő mintavételi területünkig. Ennek részletes vizsgálatára, sűrűbb mintavételezésére a Fehér-Körös forrásához közelebbi területeken a jövőben érdemes lenne visszatérni.

### *A terepen gyűjtött kőzetek anyagvizsgálati eredményei*

A területek részletes bejárása során 135 terepi mintát gyűjtöttünk, ezek mindegyikből vékonycsiszolatot készítettünk, és polarizációs mikroszkóppal meg-



**8. ábra:** Nagyméretű hornfels anyagú kőtömb az Erdélyi-középhegység déli részén, az Obersiától (Obârșa) északra futó völgyben

**Fig. 8:** Large hornfels boulder in a creek-valley in north of Obersia (Obârșa), S. Apuseni Mts.

vizsgáltunk. Minden mintának megmértük a mágneses szuszceptibilitását (MS). A vékonycsiszolatos és MS vizsgálatok eredményeképpen a kőeszközök nyersanyagához leginkább hasonló tömbökből vett 20 mintából prompt-gamma aktivációs analízissel (PGAA) kémiai elemzéseket végeztünk. A PGAA módszer használatát az indokolta, hogy a kőeszközökből ezzel a módszerrel korábban mért kémiai összetételi eredményekkel már rendelkezünk (Szakmány et al. 2011), így az ugyanazon módszerrel újabban mért terepi mintákból származó adatokat minden kétség nélkül tudtuk összehasonlítani a kőeszközök adataival. A „eredeti felszín módszer”-rel végzett roncsolásmentes SEM-EDX vizsgálatot (ld. Vizsgálati módszerek c. fejezet) 16 reprezentatív kőeszközön valamint 7 terepi mintán végeztük el. Ennek során a főlegyrészek összetételén kívül az akcesszóriákat is részletesen megvizsgáltuk, így azokról is értékes információkat kaptunk.

A következőkben kizárólag a kőeszközök anyagához ásványos összetételben és szöveti jellegekben hasonló, nagyon finomszemcsés, terepen gyűjtött kontakt metamorf kőzetminták vizsgálati eredményeit ismertetjük, és vetjük össze a kőeszközök összetételével. Előzetesen megjegyezzük, hogy a terepi vizsgálatok alapján mindkét fent említett területen előforduló hornfels minták összetételükben hasonlóak egymáshoz, kisebb változékonyság, elsősorban szöveti jellegeiket és szemcseméretüket tekintve azonban előfordul. Ugyanakkor egyes nagyméretű, elsősorban sávós tömbök ásványos összetételében is megfigyeltünk kisebb eltéréseket, inhomogenitásokat.

A terepen megfigyelt és begyűjtött mész-szilikát szaruszirt kőzetpéldányok a kőeszközökhöz hasonlóan szintén nagyon finomszemcsés, szürke-zöl-



**1. táblázat:** A hornfels köeszközök, valamint a terepről gyűjtött minták főelem kémiai összetételi változatossága (tömeg%)

**Table 1:** Variabilities of major element composition of the hornfels polished stone tools and field samples (m/m%)

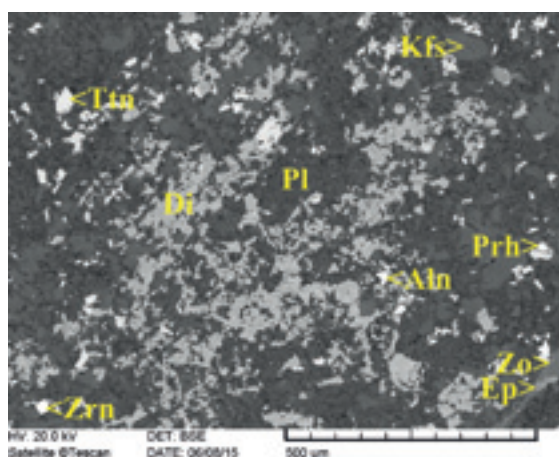
	köeszközök m/m%	terepi minták Ruszka m/m%	Erdélyi-khg. m/m%
SiO <sub>2</sub>	47–54	47–61	50–54
TiO <sub>2</sub>	0,6–0,8	0,5–1,1	0,7–0,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13–16	13–19	15–19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>t</sup>	4,5–10,0	4,7–8,2	4,7–7,0
MnO	0–0,28	0,04–0,23	0,11–0,28
MgO	3,6–8,7	1,9–4,6	0,0–5,1
CaO	13–23	4–20	11–14
Na <sub>2</sub> O	0,5–3,2	0,5–3,8	1,1–2,1
K <sub>2</sub> O	0–5,0	0,1–4,4	2,9–4,2
H <sub>2</sub> O	0,1–1,3	0,5–2,9	0,6–2,7

desszürke színűek, tömöttek, szívósak, viszonylag gyakran sávósak. Habár, ahogy korábban említettük, a vizsgált területeken a meredek völgyoldalakban szálfeltárások formájában is kibukkan a kőzet, a köeszköz nyersanyagok tekintetében azonban sokkal lényegesebb a patak völgyekben és közvetlen környezetükben előforduló kisebb-nagyobb méretű tömbök előfordulása. Ezek a tömbök nagyon ellenállóak, mivel a folyóvízi áthalmazódás során a nagy energiájú közegben már egy elsődleges szelekción

átetek, ezáltal csak a legszívósabb, repedésmentes, tömött, masszív tömbök maradtak egyben, amelyek ezáltal igen alkalmasak köeszköz-nyersanyagnak.

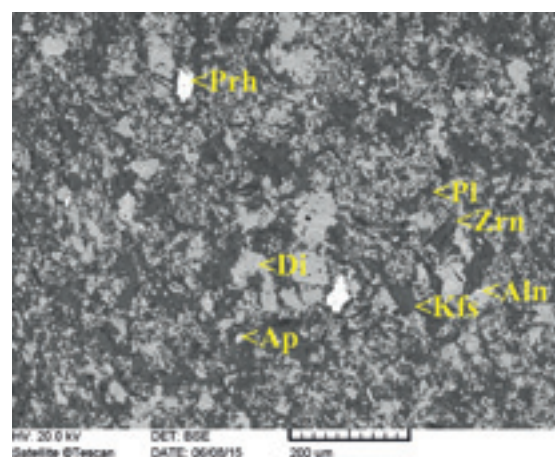
A terepi minták MS értékei uralkodóan  $\chi_v = 0,2–0,8 \times 10^{-3}$  SI közé esnek, vagyis a köeszközökénél tágabb tartományt fednek le, de azokkal jó összhangban vannak.

A terepi minták polarizációs mikroszkópos és SEM-EDX vizsgálatai azt mutatják, hogy mindkét terü-



**9. ábra:** Hornfels tömb jellegzetes szöveti képe és összetevői visszaszórt elektronképen (T-28/5 minta, Ruszka-havas); Di – diopszid, Pl – plagioklász, Kfs – káliföldpát, Aln – allanit, Ep – epidot, Zo – zoizit, Ttn – titanit, Prh – pirrhotin, Zrn - cirkon

**Fig. 9:** Typical hornfels boulder in BSE image (sample T-28/5, Rusca Mts.); Di – diopside, Pl – plagioclase, Kfs – K-feldspar, Aln – allanite, Ep – epidote, Zo – zoisite, Ttn – titanite, Prh – pyrrhotite, Zrn – zircon



**10. ábra:** Hornfels tömb jellegzetes szöveti képe és összetevői visszaszórt elektronképen (FHK-8/11 minta, Erdélyi-középhegység déli része); Di – diopszid, Pl – plagioklász, Kfs – káliföldpát, Aln – allanit, Ap – apatit, Prh – pirrhotin, Zrn - cirkon

**Fig. 10:** Typical hornfels boulder in back-scattered image (sample FHK-8/11, S. Apuseni Mts.); Di – diopside, Pl – plagioclase, Kfs – K-feldspar, Aln – allanite, Ap – apatite, Prh – pyrrhotite, Zrn – zircon

**2. táblázat:** A hornfels anyagú kőeszközök és a két feltételezett nyersanyaglelőhelyen gyűjtött minták ásványos összetételének összehasonlító táblázata; (n = mintaszám). Jelmagyarázat: vastag betűvel: a főlegyrészek és az uralkodó akcesszóriák (1. és 2. sor) esetében az elterjedt, jelentős mennyiségűek, az esetleges akcesszóriák (3. sor) közül azok, amelyek a kőeszközökben és a nyersanyaglelőhelyen egyaránt előfordultak.

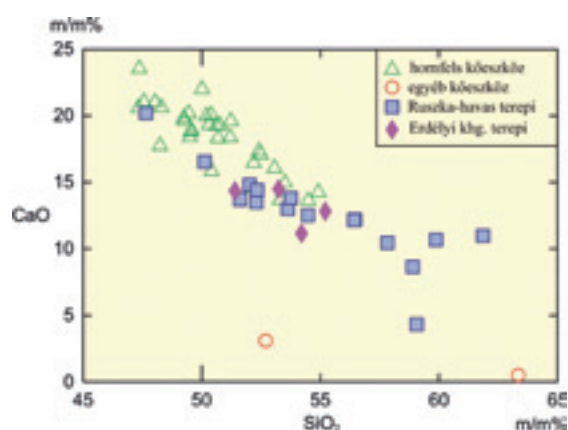
**Table 2:** Comparison of rock forming minerals of the polished hornfels stone tools and field samples from supposed provenances; (n = number of samples). Essential components and dominant accessories (first and second row): bold - dominant amount. Sporadical accessories (third row): bold - occur both in artefacts and the supposed provenance

Ásvány	Kőeszköz (n=13)	Ruszka (n=5)	Erdélyi-khg Dél (n=2)
Főlegyrészek	<b>diopszid,</b> <b>bázisos plagioklász,</b> káliföldpát, szkapolit, biotit	<b>diopszid,</b> <b>bázisos plagioklász,</b> <b>káliföldpát,</b> szkapolit, biotit	<b>diopszid,</b> <b>bázisos plagioklász,</b> <b>káliföldpát,</b>
Uralkodó akcesszóriák	<b>titanit,</b> <b>patit,</b> <b>allanit</b> <b>cirkon,</b> pirrhotin	<b>titanit,</b> <b>apatit,</b> <b>allanit,</b> <b>cirkon,</b> <b>pirrhotin</b>	<b>titanit,</b> <b>apatit,</b> <b>allanit,</b> <b>cirkon,</b> <b>pirrhotin</b>
Esetleges akcesszóriák	<b>epidot/zoizit, kalcit,</b> <b>rutil, hornblende,</b> aktinolit, thórit, barit	<b>epidot/zoizit, kalcit,</b> <b>rutil, hornblende,</b> kvarc, pirit	<b>epidot/zoizit, kalcit,</b> <b>rutil,</b> ilmenit, klorit, grafit(?)

leten hasonló megjelenésű és összetételű kőzetek fordulnak elő. Emellett azonban a terepen gyűjtött hornfels minták változatosabbak, mint a kőeszközök, de a lényeges elegyrészek és azok szöveti elrendeződése teljesen vagy csaknem teljesen hasonló azokéhoz: uralkodó elegyrészek a diopszid, a bázisos plagioklász és a káliföldpát, esetenként a szkapolit. Akcesszóriaként elsősorban allanit, titanit, apatit, cirkon, epidot, zoizit és pirrhotin fordul elő bennük (**2. táblázat**). Abban viszont különböznek, hogy gyakran tartalmaznak elszórtan és változó mennyiségben nagyon kisméretű kvarcsczemcséket, amelyek esetenként egyes sávokban feldúsulhatnak. Ez feltehetően a kontakt hatást elszennvedő meszes-agyagos kőzet egyes rétegeiben megjelenő finomszemcsés homoktartalmat jelzi, illetve ami abból reliktként megmaradt. A kőzetek szemcseméret tekintetében is változatosabbak, elsősorban a nagyméretű tömbök esetében gyakran finomabb, illetve durvább szemcseméretű elegyrészekből álló sávzottság figyelhető meg. Ugyanakkor ki kell emelni, hogy kvarcmentes, a kőeszközökével teljesen azonos összetételű és szövetű finomszemcsés tömbök mindkét területen előfordulnak (**9. és 10. ábra**).

Ami a kémiai elemzések eredményét illeti, a terepen gyűjtött hornfels minták kémiai összetétele a kőeszközökénél valamivel változatosabb, szélesebb értékhatárok között mozog. A CaO-tartalom jelentős (4–20 m/m%, uralkodóan 10–14 m/m%), bár a minták nagy részénél a kőeszközökénél valamivel kevesebb. A SiO<sub>2</sub>-tartalom 47–61 m/m % között mozog, de zömében 50 m/m% körüli, az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tartalom 13–

19 m/m%, mindkét összetevő esetében jó egyezést mutat a kőeszközök értékeivel. A MgO-tartalom a kőeszközökénél valamivel kevesebb (általában 1–5 m/m%, egy mintában a kimutatási határ alatt volt). A kőzetek alkália-tartalma (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) a kőeszközökénél valamivel nagyobb, általában 3–6 m/m%. A terepi minták esetében az Obersia környékéről és a Novákfalva környezetéből származó minták összetétele gyakorlatilag egybeesik egymással, de a



**11. ábra:** A hornfels anyagú kőeszközök valamint a terepen gyűjtött minták kémiai összetétele a SiO<sub>2</sub>-CaO diagramon

**Fig. 11:** Chemical composition of hornfels polished stone tools and field samples on SiO<sub>2</sub>-CaO bivariate diagram. Legend: green triangle: hornfels polished stone tools; red circle: other polished stone tools; blue squares: hornfels from Rusca Mts.; lilac diamond: hornfels from Apuseni Mts.

Ruszka-havasból származó minták nagyobb petrográfiai változékonyságukkal összhangban szélesebb összetélti változatosságot mutatnak (**1. táblázat, 11. ábra**). Itt kell megjegyezzük, hogy az összehasonlítás céljából megelemezett, a tipikus hornfelsétől eltérő összetételű, de hasonló makroszkópos megjelenésű finomszemcsés kontakt kőzetekből készült régészeti leletek kémiai összetétele viszont jelentős eltérést mutat ezekétől (ld. **11. ábra**).

### Konklúzió

A Kárpát-medencében és környezetében csiszolt kőszköz-nyersanyagként széles körben használatos hornfels makroszkóposan nem mindig különíthető el más, nagyon finomszemcsés, zöldes-szürkés árnyalatú nyersanyagból készült kőszközöktől. Jellemzőes homogén megjelenése és szűk intervallumban mutatkozó MS értékei segíthetnek az elkülönítésben, de a kőzet makroszkóposan összetéveszthető a nagy kovartartalmú finomszemcsés, hasonló színű kőzetekkel, sőt a zöldes árnyalatúak akár a nefrittel, esetleg a nagynyomású metaofiolitos kőzetek kis vastartalmú változataihoz (jadeitit) is nagyon hasonlóak lehetnek. Ezért megbízható elkülönítéséhez részletesebb vizsgálatok, lehetőség szerint petrográfiai, illetve SEM-EDX és teljes kőzetkémiai elemzés szükséges.

Munkánk során részletes terepbejárással és különböző – közöttük többféle roncsolásmentes – vizsgálatokkal sikerült lehatárolni a hornfels nyersanyag forrás-területét a banatit intrúziók és a Gosau-fáciesű felső kréta kőzetek kontaktusán, illetve annak közelében. A kőszközök és a terepi minták ásványos összetétele, elsősorban a diopszidos összetételű piroxén, a bázisos plagioklász, illetve a káliföldpát valamint a szkapolit jelenléte, az akcesszóriák nagyfokú ha-

sonlósága (ld. **2. táblázat**) egyértelműen mutatja a kőszközök és a terepről gyűjtött minták nagyon hasonló összetételét. Ez alapján megállapíthatjuk, hogy egy régen keresett kőszköz nyersanyag forrás-területét sikerült megtalálnunk, illetve lehatárolnunk két, geológiai felépítésükben egymáshoz teljesen hasonló területen, a Ruszka-havas DNy-i részén Novácfalva (Glimboca) környékén, valamint az Erdélyi-középhegység D-i részén Obersia (Obârșea) környezetében. Ugyanakkor meg kell jegyezzük, hogy egyelőre még nem minden hornfels altípus nyersanyagát találtuk meg (pl. a kőszközök között gyakran előforduló jellegzetes poikiloblasztos szövetűt), ezért ehhez további terepbejárásokra és további mintagyűjtésre lesz szükség elsősorban a vizsgált területeken és azok közelében.

Az ásványos összetételben a diopszid valamint a plagioklász nagyon magas Ca tartalma továbbá a kőzetek kémiai összetételében kimutatott nagy (akár 20 m/m%) CaO- és a viszonylag jelentős Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- tartalom (13–20 m/m%) arra utal, hogy a kőzet nagy hőmérsékletű kontaktuson alakulhatott ki, és a magmás test feltehetően mészmárgába vagy kevés agyagot tartalmazó mészkőbe nyomulhatott bele.

### Köszönetnyilvánítás

A terepbejárás során Berecz Béla, Czirják Gábor, Elisabetta Starnini, Vanicsek Katalin voltak segítségünkre. Köszönjük Weiszbürg Tamásnak, hogy a terepmunkához a terepjárót rendelkezésünkre bocsájtotta. Péró Csabának a szakmai tanácsadást köszönjük. Munkánkat az OTKA K84151 (témavezető: Horváth Ferenc) és a K100385 (témavezető: Kasztovszky Zsolt) számú pályázatok támogatták.

A PGAA mérések a Budapesti Neutron Centrumban készültek.

### Irodalom

ANTONOVIC, D. (2006): On importance of study of the Neolithic ground stone industry in the territory of Southeast Europe. *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie XIV*(1): 53–61.

ANTONOVIC, D., RESIMIC-SARIC, K & CVETKOVIC, V. (2006): Stone raw materials in the Vinča culture: petrographic analysis of assemblage from Vinča and Belovode. *Starinar* **55**: 53–66.

BENDŐ, ZS., OLÁH, I., PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, GY. & HORVÁTH E. (2013): Csiszolt kőszközök és ékkövek roncsolásmentes SEM-EDX vizsgálata: lehetőségek és korlátok. *Archeometriai Műhely* **10**(1): 51–65.

BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY. & JÓZSA, S. (2005): Mágneses szuszceptibilitás mérések – új módszer alkalmazása csiszolt kőszközök vizsgálatában. *Archeometriai Műhely* **2**(1): 13–22.

BRADÁK, B., SZAKMÁNY, GY., JÓZSA, S. & PŘICHYSTAL, A. (2009): Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from Western Hungary and the Eastern part of the Czech Republic (Central Europe). *Journal of Archaeological Science* **36**(10): 2437–2444.

HOVORKA, D., ILLÁŠOVÁ, E. & SPIŠIAK, J. (2001): Plagioclase-clinopyroxene hornfels: raw material of 4 lengyel culture axes (Svodín, Slovakia). *Slovak Geological Magazine*. **7**(4): 303–308.



- ILINCA, G. (2010): Classic skarn localities of Romania: Contact metamorphism and mineralisation related to Late Cretaceous magmatism. *Acta Mineralogica-Petrographica Field Guide Series* **23**: 1–50.
- JUDIK, K., BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, GY. (2001): Petroarchaeological research on the Lengyel Culture polished stone axes from Aszód, Papi földek. In: REGENYE, J. (ed.): Sites and Stones: Lengyel culture in Western Hungary and beyond. Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém: 119–129.
- KALMAR, Z. & STOICOVICIU, E. (1990): Petrographic and metric analysis of the lithic tools from the Neolithic settlement of Iclod. - *Archaeometry in Romania*, 2<sup>nd</sup> Romanian Conference on the Application of Physics Methods in Archaeology, February, 17–18. 1989, Vol. 2: 137–145.
- KRÄUTNER, H., NĂSTĂSEANU, S., BERZA, T., STĂNOIU, I. & IANCU, V. (1981): Metamorphosed Paleozoic in the South Carpathians and Its Relations with the Pre-Paleozoic Basement. Guide to Excursion A1 of XII. Congress of Carpatho-Balkan Geological Association, Bucharest, Romania, August 31st – September 7th, 1981.: 1–116. (+ térkép mellékletek)
- LAZĂR, C., GHERGARI, L. & IONESCU, C. (2007): Petrografia și mineralogia unor umelte șlefuite din situl neolitic de la Suplacu de Barcău (Petrography and mineralogy of some polished tools from the Suplacu de Barcău Neolithic site. *Nimphaea*, **XXXIV**: 5–37.
- NAGY, I., WEISZBURG, T., SZAKMÁNY, GY., VARGA, G. & KASZTOVSZKY, ZS. (2008): Mineralogical, petrographic and geochemical study of Neolithic polished axes from Micula (NW Transylvania, Romania). *Archeometriai Műhely* **V(2)**: 37–45.
- ORAVECZ, H. & JÓZSA, S. (2005): A Magyar Nemzeti Múzeum újkőkori és rézkori csiszolt kőszerszámainak régészeti és petrográfiai vizsgálatainak eredményei. *Archeometriai Műhely* **2(1)**: 23–47.
- RĂDULESCU, D., BORCOȘ, M., PELTZ, S. & ISTRATE, G. (1981): Subduction Magmatism in Romanian Carpathians. Guide to Excursion A2 of XII. Congress of Carpatho-Balkan Geological Association, Bucharest, Romania, August 31st – September 7th, 1981.: 1–132. (+ térkép mellékletek)
- RÉVAY, ZS. (2009): Determining Elemental Composition Using Prompt Gamma Activation Analysis. *Analytical Chemistry* **81**: 6851–6859.
- SĂNDULESCU, M., KRÄUTNER, H., BORCOȘ, M., NĂSTĂSEANU, S., PATRULIUS, D., ȘTEFĂNESCU, M., GHÈNEA, C., LUPU, M., SAVU, H., BERCEA, I. & MARINESCU, F. (1978): Harta geologică România (România geológiai térképe) 1:1000000. Institutul de Geologie și Geofizică, București.
- SCHLÉDER, ZS., T. BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, GY. (2002): Petrological studies of Neolithic stone tools from Baranya County, South Hungary. In: JEREM, E., T. BIRÓ, K. (eds): Archaeometry 98: Proceedings of the 31st Symposium Budapest, April 26 – May 3 1998. *BAR International Series* **1043** (II), Oxford: 797–804.
- STARNINI, E. & SZAKMÁNY, GY. (1998): The lithic industry of the Neolithic sites of Szarvas and Endrőd (South-Eastern Hungary): techno-typological and archaeometrical aspects. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **50**: 279–342.
- STARNINI, E., SZAKMÁNY, GY. & WHITTLE, A. (2007): Polished, ground and other stone artefacts. In: WHITTLE, A. (ed.): The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain. Investigation of the Körös culture site of Ecsegfalva 23, County Békés. *Varia Archaeologica Hungarica* **XXI**. Budapest: 667–676.
- SZAKMÁNY, GY. (1996): Results of the petrographical analysis of some samples of the ground and polished stone assemblage. In: MAKKAY, J., STARNINI, E. & TULOK, M. (eds.): Excavations at Bicske-Galagonyás (part III). The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases. *Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia*, Quaderno **6**. Trieste: 224–241.
- SZAKMÁNY, GY. (2009): Magyarországi csiszolt kőeszközök nyersanyag típusai az eddigi archeometriai kutatások eredményei alapján (Types of polished stone tool raw materials in Hungary). *Archeometriai Műhely* **6(1)**: 11–30.
- SZAKMÁNY, GY., KASZTOVSZKY, ZS., SZILÁGYI, V., STARNINI, E., FRIEDEL, O. & BIRÓ, K. T. (2011a): Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary with non-destructive chemical Prompt Gamma Activation Analyses (PGAA). *European Journal of Mineralogy* **23**: 883–893.
- SZAKMÁNY, GY., STARNINI, E., HORVÁTH, F. & BRADÁK, B. (2011b): Investigating Trade and Exchange Patterns in Prehistory: Preliminary Results of the Archaeometric Analyses of Stone Artefacts from Tell Gorzsa (South-East Hungary). In: TURBANTI-MEMMI, I. (ed.): Proceedings of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, 12<sup>th</sup>-16<sup>th</sup> May 2008, Siena, Italy, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 311–319.



SZAKMÁNY, GY., BENDŐ, ZS., JÓZSA, S., KASZTOVSZKY, ZS., SZILÁGYI, V., MARÓTI, B., SZILÁGYI, SZ., STARNINI, E. & HORVÁTH, F. (2015): Hornfels nyersanyagú csiszolt kőeszközök magyarországi régészeti leletanyagokban. – In: PÁL-MOLNÁR, E., RAUCSIK, B., & VARGA A., (eds.): Meddig ér a takarónk? A magmaképződéstől a regionális litoszféra formáló folyamatokig. 6. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés Kiadványa, Ópálos, 2015. szeptember 10–12, SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Szeged: 102–105.

SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, ZS. & KIS, Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest Research Reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286**: 501–505.

WILLIAMS-THORPE, O., JONES, M. C., WEBB, P. C. & RIGBY, I. J. (2000). Magnetic susceptibility thickness corrections for small artefacts and comments on the effects of 'background' materials. *Archaeometry* **42**(1): 101–108.

**UNTERSUCHUNG SPÄTBRONZEZEITLICHER GLASPERLEN  
AUS WEST-UNGARN  
ANALYSIS OF LATE BRONZE AGE GLASS BEADS  
FROM WESTERN HUNGARY  
NYUGAT-MAGYARORSZÁGI KÉSŐ BRONZKORI ÜVEGGYÖNGYÖK  
VIZSGÁLATA**

GÁBOR ILON<sup>1</sup>, ZSOLT KASZTOVSZKY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>H-9730 Kőszeg Várkör 18.

E-mail: [ilon.gabor56@gmail.com](mailto:ilon.gabor56@gmail.com)

<sup>2</sup>MTA Energiatudományi Kutatóközpont; H-1121 Budapest Konkoly Thege út 29-33.

E-mail: [kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu](mailto:kasztovszky.zsolt@energia.mta.hu)

### **Abstract**

*The previous semi-quantitative analysis of the chemical composition of Late Bronze Age glass beads from various sites in the Bakony Hills identified these artefacts as made of soda-glass, comparable to alkaline glasses in Western Europe on the basis of their high potassium content. The beads represented the Late Tumulus–Early Urnfield culture (Bz C2–Ha A1) at the sites of Bakonyjákó (1988), Németszánya, and Ugod (1994). In the present paper glass beads from the same burials were subjected to Prompt-gamma neutron activation analysis (PGAA; **Figs. 1–2**) but beads from the tumulus at Jánosháza (Vas County) have also been included. Measurements were taken at the the Budapest Neutron Centre.*

*It is noteworthy that the Na<sub>2</sub>O (18.3 m/m% and 19.8 m/m%) and K<sub>2</sub>O (2.8 m/m% and 3.3m/m%) contents of beads recovered in the Bakony Hills are similar to glass found in Mycene (Na<sub>2</sub>O: 9.98–18.3 m/m%, K<sub>2</sub>O: 1.20–3.58 m/m%). Henderson et. al studied Late Helladic IIIB-C from Elateia and Thebes whose Na<sub>2</sub>O contents was also comparable (17.6–20.9 m/m%). That is, both the Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O contents of the Bakony glass beads are similar to those from Egypt (K<sub>2</sub>O: 0.6–2.64 m/m%; Na<sub>2</sub>O: 16.74–18.3 m/m%) and Mesopotamia (K<sub>2</sub>O: 1.42–4.42 m/m%; Na<sub>2</sub>O: 14.17–18.38 m/m%). This means that as may have been expected, alkaline content in itself is insufficient in identifying the place of origins.*

*PGAA measurements carried out on the Bakony glass beads and control samples showed that on the basis of their main components (Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, MgO) the Bakony beads are made of HMG glass, very similar to those found in Mycene. Trace elements (B, Cl) on the other hand show that they are unlikely to have originated from the same source as their Mycenean counterparts (**Fig. 3**). Theoretically it is possible that the raw material originated from different areas within the same geographical region. Meanwhile glass beads of Egyptian and Mesopotamian origins have been identified among finds from Denmark. Thus it is possible that such high status items imported to Mycene from the Eastern Mediterranean (e.g. Uluburun) strayed into transit areas such as the East Alpine Foreland along the Amber Route. They may also have ended up in the hands of the wealthy in this area as war booty or the spoils of robbery (**Fig. 5**).*

### **Kivonat**

*A Bakony-hegység lelőhelyeiről korábban vizsgált (1988: Bakonyjákó, 1994: Németszánya, Ugod) késő Halomsíros–korai Urnmező kori (Bz C2 – Ha A1) üveggöngyök félkvantitatív kémiai elemzése azt mutatta, hogy ezek olyan nátron-üvegek, amelyek magas kálium tartalmuk alapján a nyugat-európai kevert alkáli üvegekkel rokoníthatók.*

*Jelenlegi, prompt-gamma aktivációs analízissel (PGAA) végzett vizsgálatunkkal ugyanezen temetkezések üveggöngyeit (**1–2. ábra**) céloztuk meg, de kiegészítettük a Vas megyei Jánosháza halomsírából származókkal. A mérések a Budapesti Neutron Centrumban készültek.*

A bakonyi üveggöngyök esetében figyelemre méltó, hogy azok  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalma (18,3 m/m% és 19,8 m/m%) és  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalma (2,8 m/m% és 3,3 m/m%) összhangban van a mükénéi üvegek összetételével (9,98–18,3 m/m%  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalom, valamint 1,20–3,58 m/m%  $\text{K}_2\text{O}$ -tartalom), valamint a Henderson és munkatársai által mért elathei és thébai késő helladikus IIIB-C korú üvegek  $\text{Na}$ -tartalmával (17,6–20,9 m/m%). A bakonyi üvegeknek mind  $\text{K}_2\text{O}$ -mind  $\text{Na}_2\text{O}$ -tartalmuk, hasonló az egyiptomi (0,6–2,64 m/m%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 16,74–18,3 m/m%  $\text{Na}_2\text{O}$ ) és mezopotámiai (1,42–4,42 m/m%  $\text{K}_2\text{O}$ ; 14,17–18,38 m/m%  $\text{Na}_2\text{O}$ ) üvegekhez. Tehát az alkáli tartalom önmagában nem elegendő a származási hely megállapításához, amint ez várható is volt.

A bakonyi és a kontroll üvegminták PGAA méréseiből következtetésként levonható, hogy a fő összetevők ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ) alapján a bakonyi üvegek a mükénéi üvegekhez nagyon hasonló összetételű HMG üvegek (3. ábra), ám a nyomelemek (B, Cl) adatai alapján nem valószínű, hogy az alapanyagaik származási helye megegyezne a mükénéiekével. Elméletileg azonban természetesen nem zárható ki az ugyanabból a földrajzi régióból, de azon belül egy másik területről is beszerezhető nyersanyag. Ugyanakkor, mivel a legújabb dániai üveggöngyök között kimutattak egyiptomi és mezopotámiai eredetűeket, nem elképzelhetetlen, hogy a Kelet-Mediterraneumból Mükénébe szállított (pl. Uluburun) státusszimbólum egy közbűlső „állomáson”, azaz az Alpok keleti előterében található Borostyánkő út közelében áthaladási sarként, netán rablott szerzeményként tehetősebb családok birtokába került (5. ábra).

STICHWORTE: GLASPERLE, PGAA-UNTERSUCHUNG, SPÄTHÜGELGRÄBER–FRÜHURNENFELDERKULTUR, UNGARN, WESTLICHES TRANSDANUBIEN

KEYWORDS: GLASS BEAD, PGAA-ANALYSIS, LATE TUMULUS–EARLY URNFIELD CULTURE, HUNGARY, WESTERN TRANSDANUBIA

KULCSSZAVAK: ÜVEGGÖNGY, PGAA-VIZSGÁLAT, KÉSŐ HALOMSIROS–KORAI URNAMEZŐS KULTÚRA, MAGYARORSZÁG, NYUGAT-DUNÁNTÚL

## Einführung

In der Geschichte der europäischen Glasindustrie werden die folgenden, verbreitetsten Glastypeen unterschieden: 1. mesopotamisches oder gemischt-alkalisches Glas, eine Mischung aus Sand und Asche salzverträglicher Pflanzen, 2. sog. römisches Grundglas aus Sand, Kalk und Natursoda, 3. gemischt-alkalisches Glas aus Sand, Kalk (?) und unbekannter Asche, bzw. 4. ab dem Mittelalter produziertes sog. Waldglas aus der Mischung von Sand, Holzasche und eventuell Kalk (Wedepohl 2000; Fórizs 2008). Die Zusammensetzung der verwendeten Pflanzenasche wird grundsätzlich durch das Genus der Pflanze und durch die chemische Zusammensetzung der zersetzten Gesteine (Henderson et al. 2010) bestimmt.

Die Forschung ist seit Jahrzehnten der einseitigen Meinung, dass das Ursprungsgebiet der Glasherstellung in Mesopotamien liegt (Oppenheimer 1973, Henderson et al. 2010). Fayenceperlen wurden ab dem 14. Jahrhundert v. Chr. hergestellt und das älteste Glasgefäß stammt aus dem 16. Jh. v. Chr. Glas ist im 15. Jh. v. Chr. bereits im Hofe der ägyptischen Pharaos besonders beliebt. (Rehren 2005; Henderson et al. 2010; Henderson 2013; Eder 2015). Die einzige, bis heute veröffentlichte bronzezeitliche Glashütte kennen wir aus dem östlichen Nildelta, aus Qantir (Rehren 2005). Durch Untersuchungen wurden bestätigt, dass bereits im 14. Jh. v. Chr. mit, für das Gebiet charakteristischem Kobalt (Co) ge-

färbtes Glas aus Ägypten nach Mesopotamien importiert wurde (Henderson et al. 2010).

Die sternförmigen, flachen blauen Glasperlen erscheinen auf dem Kontinent zuerst in Mykene in der frühmykenischen Zeit (Late Helladic IIA: cca. 1635/1600–1480/70 BC), und zwar als mesopotamische Importe für Glaseinlage der Ohringe mit Goldfolie. Der mesopotamische Ursprung wurde an einem athenischen Glas aus dem 15. Jh. v. Chr. bzw. an einem thebaischen Glas aus dem 13. Jh. v. Chr. bestätigt (Henderson et al. 2010). Die Glasobjekte des Schifffundes aus der Palastzeit von Uluburun weisen auf die oben genannten Exporteure hin. Es wurden hier 175, mit Kobalt und Kupfer gefärbte Glas-Rohstoffblöcke (Primärprodukt), ca. 10000 blaue und blaugüne Glasperlen, sowie mehrere Zehntausend Fayenceperlen (sekundäre Produkte) entdeckt (Pulak 2005; Eder 2015). Neulich wurde auch das mesopotamische Gebiet als primäres Herstellungszentrum der Gläser erwogen. Auf Grund der Sr und Nd Isotopenverhältnisse konnten aber die Unterschiede zwischen den mesopotamischen, ägyptischen und mykenischen Gläsern eindeutig erwiesen werden, und dass die Kenntnisse etwas später auf griechischem Festland erschienen (Henderson et al. 2010). Die von der Peloponnes-Halbinsel stammenden mykenischen Glasfunde wurden durch Zacharias und Mitarbeiter (Zacharias et al. 2013) untersucht, und 13 - mit einer Ausnahme - der 90 Glas-

proben waren Natron (Na)-Glas (9,98–18,3 m/m% Na<sub>2</sub>O-Gehalt), wobei der K<sub>2</sub>O-Gehalt zw. 1,20–3,58 m/m% variiert.

*Die Untersuchung der europäischen spätbronzezeitlichen Glasfunde* wurden weitgehend ab den 1950-ern durch Richard Pittioni angetrieben (Neuninger & Pittioni 1959). Unter den Arbeiten von Julian Henderson sollen hier die ab den 1980-ern durchgeführten Forschungen in der schweizerischen Hauterive–Champréveyres angesprochen werden. *Er stellte fest, dass anhand der Zusammensetzung der Gläser ein Produktionszentrum auch in der norditalienischen Alpenregion herausgegliedert werden kann.* Die ältesten, auf den Anfang der Spätbronzezeit (Bz C = 15. Jh. v. Chr.) datierbaren Funde sind die Fayencefunde aus der norditalienischen Frattesina (Henderson 1988, 1993, 2013) und Mariconda di Melara (Giumlia-Mair 2005). Die neuere Untersuchung einiger, mit Kobalt gefärbten und wahren Glasgegenstände aus Frattesina (11–10. Jh. v. Chr.) aus dem Po-Tal bestätigte die Annahme (Angelini et al. 2004), dass hier gemischt-alkalisches Glas (Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O) hergestellt wurde. Die Farbe wurde durch das Vorhandensein von Cu, Co, Fe und Mo bestimmt. Die neuere Forschung bestätigte also Hendersons Vermutung, dass LMHK-Glas<sup>1</sup> in der späten Bronzezeit nicht nur im östlichen Mittelmeerraum, sondern auch in Westeuropa vorhanden war. Es ist zu vermuten, dass sich das Glas als Innovation aus Norditalien durch die Pässe der Alpen ins Innere des Kontinents verbreitet hat. Eine mögliche Station der Verbreitung könnte die, im Hagnau am Bodensee freigelegte spätbronzezeitliche Glasschlacke bekräftigen, die für heimisches Produkt gehalten wurde. Anders ausgedrückt: *der Ursprung gleichhaltiger Glasperlen aus dem Nahen Osten kann anhand Margarita Primas (2008) eindeutig nicht bestätigt werden.* Gleichzeitig ist es aber vorstellbar, dass das am Cap Gelydonya im 12. Jh. v. Chr. versunkene Schiff in Norditalien hergestelltes Glas nach Osten transportierte (Giumlia-Mair 2005), dh. eine Art Glashandel war bereits vorhanden.

Ein imposantes Forschungsprojekt in Deutschland nahm vor, ca 3500 Glasperlen aus 300 Fundplätzen zu untersuchen (Mildner et al. 2012b). Ein wichtiges Ergebnis könnte die Frage der Herkunft (heimische Produktion oder Import?) entscheiden. Laut der ersten 180 Analysen können in dem 14–9. Jh. v. Chr. (Endphase der mittleren Bronzezeit, Spätbronzezeit, dh. die Späthügelgräberzeit und Urnenfelderzeit) drei Gruppen von Glasperlen unterschieden werden. Es sind die älteren HMG-Gläser (high Mg), die jüngeren LMHK-Gläser und die Gruppe mit hohem K- und geringem Na-Gehalt. Mildner und ihre Kollegen bestimmten die Spurenelemente des Glases mit einer Elektronenstrahl-Mikrosonde (EMPA) bzw. mit

einem Laser-Ablations-Massenspektrometer (LA-ICP-MS).

Die Konzentration von 34 Spurenelemente wurden gemessen, und zwar von dem leichtesten Li bis zum schwersten Bi. Anhand der Elementkonzentration, vor allem der Konzentration der Seltenerdmetalle, können bestimmte Fundgruppen herausgegliedert werden. Der Grund dafür sind Rohstoffe unterschiedlichem Ursprungs (Sand), bzw. die Spurenelementzusammensetzung der färbenden Bestandteilen (Co oder Cu) (Mildner et al. 2012a-b). Varberg und Kollegen stellten fest, dass die von ihnen untersuchten und aus den 14–12. Jahrhunderten stammenden Glasperlen auch anhand von ihrem Li und B-Gehalt gruppiert werden können. Mit dieser Methode konnten die Funde mit mesopotamischer oder ägyptischer Herkunft identifiziert werden (Varberg et al. 2015).

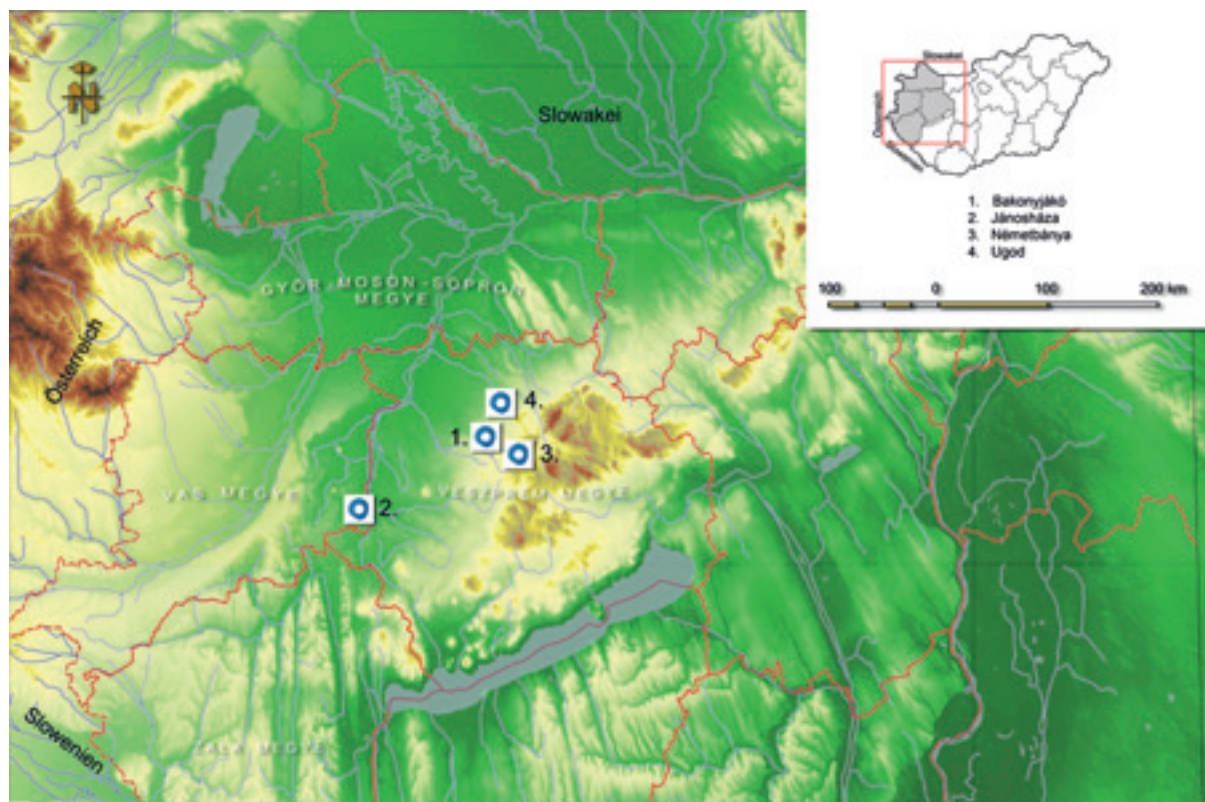
Die Glasfunde im spätbronzezeitlichen Europa können also in zwei Grundtypen eingeordnet werden: die Gruppe ders aus Pflanzenasche hergestellten Gläser bzw. die gemischt-alkalische Gruppe (Henderson 2013). Die aus unbekanntem Fundplätzen stammenden ungarischen Glasfund(e?), die früher analysiert und publiziert wurden, gehören zu den Na-Ca-Silikaten mit hohem Mg-Gehalt, also sind sie gemischt-alkalisches Glas. Dieser Glastyp war sowohl in Mesopotamien, als auch in Ägypten und in Westeuropa geschätzt (Henderson 1995<sup>2</sup>; Fórizs 2008). Die halbquantitative Untersuchung bzw. die Analyse der chemischen Zusammensetzung der aus der Bakony-Gegend (1988: Bakonyjácó, 1994: Némethánya, Ugod) stammenden Glasperlen der späten Hügelgräberzeit–frühen Urnenfelderzeit (Bz C2–Ha A1) ergab, dass es sich um Natronglas handelt, dessen K-Gehalt höher liegt als beim römischen Glas. Anhand des großen Kalium-Gehaltes können sie mit den westeuropäischen gemischt-alkalischen Gläsern verglichen werden (Varga 1992; Jankovits 1992; Ilon 1996, Abb. 28; Fórizs 2008).

### **Beschreibung der jüngst analysierten Glasperlen**

Bakonyjácó–Malomoldal (Kom. Veszprém) III. Hügel (**Nr. 1.** in **Abb. 1**)

Ausgräber: Sándor Mithay, 1969. Die Funde befinden sich im Károly Esterházy Museum (im weiteren: EKM), Pápa. Aus den Gräbern 3., 4., und 10.<sup>3</sup> liegen insgesamt 47 St. vollständige und fragmentarische Perlen vor. Sie tragen Brandspuren. (Unter den Bruchstücken befinden sich halbe und 1/5 Stücke, auch die vollständigen besitzen unterschiedliche Größe.) Deshalb wurde das Durchschnittsgewicht anhand von 10 Perlen (fragmentarische und vollständige, Gesamtgewicht: 2.18 g) gemessen, dessen Wert 0.218 g ergab. Durchmesser: 7–9 mm, Loch-





**Abb. 1.:** Fundplätze der untersuchten Gläser (Angefertigt von Gyula Isztin)

**1. ábra:** A vizsgált üvegyöngyök lelőhelye (Készítette: Isztin Gyula)

durchmesser: 2–4 mm, Farbe: blau. Von den 10 beschriebenen (Gewicht, Größe) Exemplaren, die für die Aufnahme abgesondert wurden, wurden 2 (Nr. 1. und 2.) für die Analyse ausgesucht. 1: dunkelblau, vollständig, Durchmesser: 8 mm, Lochdurchmesser: 4 mm. 2: hellblau. Unvollständig. Durchmesser: 7 mm, Lochdurchmesser: 3 mm. Inv. Nr. 79.6.31. (**Nr. 1-2.** in **Abb. 2**)

*Jánosháza–Országúti dűlő (Kom. Vas), Hügelgrab (Nr. 2. in **Abb. 1)***

Ausgräberin: Mária Fekete, 1983. Die Funde befinden sich im Savaria Museum, Szombathely. Die Menge der Glasperlen aus dem 2. Grab wurde in der Publikation nicht erwähnt (Fekete 2004). Seit der Grabung müssen einige verschollen oder vernichtet worden sein, da sie erst neulich inventarisiert wurden. Die Farbe an der Bruchoberfläche ist gelbweiß, weißlich-grün, hellblau, grünlich und grün. Für die Analyse wurden zwei entnommen: 1: in einem Glasbehälter abgesondertes großes, vollständiges gelbweißes Exemplar mit der Inv. Nr. Ó. 2012.1.22. War mit einer anderen Perle verschmolzen. Gewicht: 0.79 g. Durchmesser: 10 mm, Lochdurchmesser: 4 mm. (**Nr. 3-4.** in **Abb. 2**), 2: Bruchstücke einer (?) Glasperle, Inv. Nr. Ó. 2012.1.23. Weiß, die muschelartige Bruchoberfläche ist grün-hellblau glänzend. Gewicht: 0.56 g. Durchmesser: 10 mm, Lochdurch-

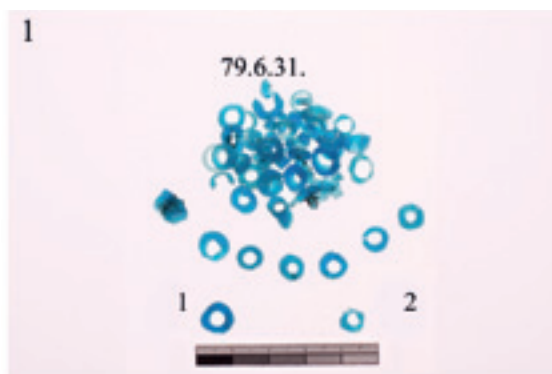
messer: 4 mm. (**Nr. 5-6** in **Abb. 2**) Die ausgewählten Exemplare können mit den Funden auf der Abbildung 8. in der Originalpublikation nicht mehr identifiziert werden.

*3. Némethánya–Felsőerdei dűlő (Kom. Veszprém) III/4. Hügel (Nr. 3. in **Abb. 1)***

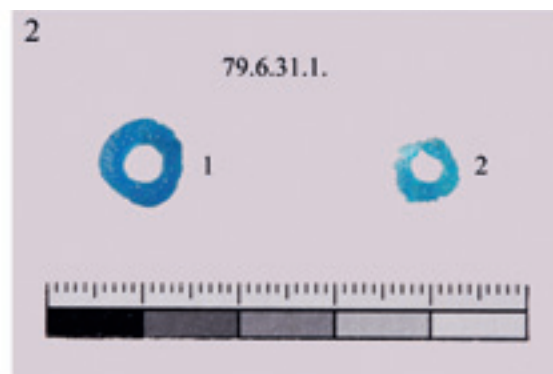
Ausgräber: Gábor Ilon, 1986. Die Funde befinden sich im: EKM, Pápa. Im Grab 3. wurde eine erwachsene Frau (Adult) beigesetzt. Aus dem Grab entstammt eine Glasperle. Das Gewicht konnte nicht einmal mit einer digitalen Präzisionswaage gemessen werden, anhand der Messung von Bakonyjákó muss sie leichter als 0.2 g sein. Durchmesser: 5–6 mm, Lochdurchmesser: 3 mm. Farbe: blau. Inv. Nr. 87.62.28. (**Nr. 7.** in **Abb. 2**) wurde bereits 1994 analysiert (Siehe Ilon 1996. Bedauerlicherweise steht im Text zur Abbildung 28. falsch Ugod, wie auch bei Ilon 2014. Abb. 9!)

*4. Ugod–Katonavágás (Kom. Veszprém) 1. Hügel (Nr. 4. in **Abb. 1)***

Ausgräber: Sándor Mithay, 1979. Die Funde befinden sich im: EKM, Pápa. Aus dem 2. Grab liegen einige Bruchstücke vor. Tragen Brandspuren (?). Zur Untersuchung wurden zwei Fragmente ausgewählt, sie sind ca. Zehntel ihrer ursprünglichen Größe. Das Gewicht konnte nicht gemessen werden.



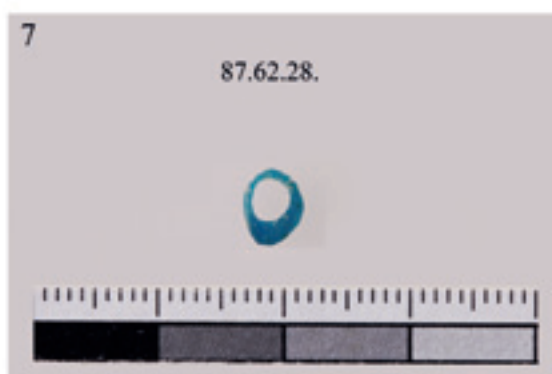
Bakonyjákó



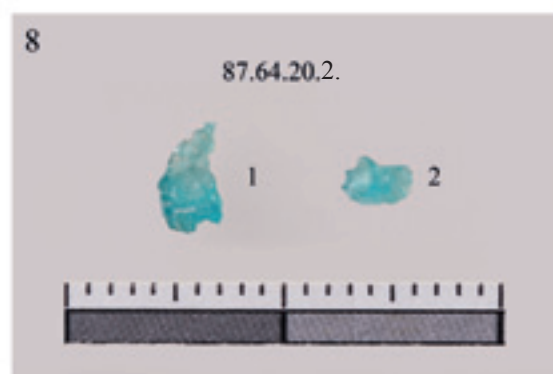
Jánosháza



Jánosháza



Németbánya



Ügöd

**Abb. 2.:** Die untersuchten Glasperlen (Foto von Tibor Takács)

**2. ábra:** A vizsgált üvegyöngyök (Fotó: Takács Tibor)

Größe der Fragmente:  $5 \times 3 \times 3$  mm und  $3 \times 3 \times 2$  mm. Farbe: blau. Befinden sich unter der selben Inv. Nr. 87.64.20.2. (Nr. 8. in Abb. 2). Das kleinere Fragment wurde 1994 bereits untersucht (Nr. 8.2. in Abb. 2: Siehe Ilon 1996. Bedauerlicherweise steht im Text zur Abbildung 28. falsch Némethbánya, wie auch bei Ilon 2014. Abb. 9!).

Die aus den Hügelgräbern stammenden Glasperlen können ins typologische System des schweizerischen V. Gessner eingeordnet werden, und zwar zu den einfachen Typen der Gruppe 1. a-b und Gruppe 2. a-b (Gessner 1947). Anhand der neueren Einordnung von R. S. Ingram (2005) gehören sie in die Kategorie der „kleinen“ Perlen. Im typologischen System von P. Bellintani (Bellintani&Stefan 2009) gehören sie zu den ringförmigen (1) Perlen der ersten, blauen Untergruppe (1). Aus den ca 3000 in Frattesina freigelegten Perlen wurden 2700 zu dieser Untergruppe werden zugewiesen. Die untersuchten Perlen waren mit Sicherheit gereinigt, eine chemische Reinigung kann nur im Falle der Funde aus Jánosháza bestätigt werden. Diese wurden mit Paraloid B72 konserviert. Es ist zu vermuten, dass dieses, in der heimischen Konservierungspraxis übliche Material auch bei den anderen Glasperlen angewandt wurde.

### ***Die Prompte-Gamma Aktivierungs-Analyse (PGAA)***

Im Oktober 2013 wurden im Nuklear-Analytischen Labor des Energieforschungszentrums der UAdW 7, aus der Bakony-Gegend stammende späthügelgräber-frühurnenfelderzeitliche (Bz C2–Ha A1) Glasperlen zerstörungsfrei untersucht. In unserer Studie werden die Ergebnisse dieser Analyse dargestellt.

### ***Kurze Beschreibung der PGAA Methode***

Die Prompte-Gamma-Aktivierungs-Analyse ist eine nuklear-analytische Methode zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung fester Proben. Gemessen wird die bei einem Neutroneneinfang emittierte  $\gamma$ -Strahlung. Wird das Probenmaterial mit thermischen Neutronen bestrahlt, werden die Atomkerne durch Neutroneneinfang angeregt und die frei werdende Bindungsenergie in Form von  $\gamma$ -Strahlung abgegeben. Dementsprechend spricht man von einer  $(n,\gamma)$  Reaktion. Die Energie der emittierten  $\gamma$ -Strahlung ist für den aktivierten Atomkern, ihre Intensität für Konzentration des entsprechenden Elementes im Probenmaterial charakteristisch. Da bei der Bestrahlung die Neutronen durch die gesamte Probe durchlaufen ist das Ergebnis für das gesamte Volumen der Probe bezeichnend. Im konkreten Fall der Untersuchung von Glas können mit dieser Methode allerdings nicht die Originalkomponenten des Glases von den Verwitterungsbestandteilen unterschieden werden. Die Methode ist für die quanti-

tative Bestimmung der Haupt- und Nebenelementen (H, Na, Mg, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe) bzw. einiger Spurenelementen (B, Cl, Cd, Eu, Sm, Gd) von Gesteinen, Keramik und Glas geeignet. Die Nachweisgrenzen variieren mit Berücksichtigung auf den einzelnen chemischen Elementen in einem breiten Spektrum und sind von die Menge der Probe und der Messzeit abhängig.

Während der Messung wurden die Proben am Forschungsreaktor Budapest in einen vertikalen Neutronenstrahl gelegt und mit einem Neutronenfluss von  $7.6 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  bei 140 K Temperatur bestrahlt. Gleichzeitig mit der Bestrahlung werden die emittierten prompten und verzögerten  $\gamma$ -Photonen mit dem HPGe-BGO Detektorsystem detektiert. Die Spektren werden mit einem 16k Vielkanalanalysator eingefangen, mit dem selbst erstellten Programm HYPERMET-PC 5.01 ausgewertet und die relevanten  $\gamma$ -Linien mit Hilfe unserer eigenen PGAA-Bibliothek bestimmt. Die quantitative Bestimmung der Elementzusammensetzung und die Fehlerspanne wurden mit dem selbst erstellten Software ProSpeRo 3.2.4 durchgeführt.

Das Verfahren ist zerstörungsfrei und bedarf keiner Vorbereitung der Probe. Die durch die Bestrahlung induzierte Radioaktivität ist gering und klingt rasch ab. Nach der Messung werden die Proben hinsichtlich ihrer Strahlungswerte kontrolliert. Die ausführliche Beschreibung der PGAA Einrichtung in Budapest bzw. der Methode ist veröffentlicht worden (Révay & Molnár 2003; Révay 2009; Szentmiklósi et al. 2010).

PGAA wurde erfolgreich zur Bestimmung der Zusammensetzung von mykenischen (16–13. Jahrhundert v. Chr.) gefärbten – meist blauen Glasperlen benutzt (Zacharias et al. 2013). Wir untersuchten byzantinische (um 530 n. Chr.), aus der Hagia Sophia stammende Glasmosaiken (Moropoulou et al. 2016), bzw. Fragmente spätmittelalterlicher und barocker (16–18. Jahrhundert) Kelche und Becher (Kasztovszky et al. 2005; Kasztovszky & Kunicki-Goldfinger 2008). Die PGAA Methode ist vor allem zur Bestimmung der chemischen Hauptelemente und einiger färbender Bestandteile (Co, Cu), bzw. zur quantitativen Bestimmung der auf die Herkunft hinweisenden Spurenelementen (B, Cl, Nd, Sm, Gd) geeignet. Die Zuverlässigkeit der Methode wird mit an internationalen Glasreferenzproben durchgeführten Messungen regelmäßig kontrolliert (Kasztovszky et al. 2005; Moropoulou et al. 2016).

### ***Die Beschreibung der Messbedingungen***

Die Glasperlen wurden am PGAA Messplatz im Budapester Forschungsreaktor mit einem



**Tabelle 1.:** Die Zusammensetzung der Gläser aus der Bakony-Gegend anhand der PGAA Messungen.**1. táblázat:** A vizsgált bakonyi üvegek összetétele PGAA mérések alapján.

	Nachweisgrenze	79.6.31.1.		79.6.31.2.		87.64.20.2.		84.64.20.2.		87.62.28.		Ö.2012.1.23.		Ö.2012.1.22.		Ö.2012.1.22.*	
		Bakony-jákó	Bakony-jákó	Bakony-jákó	Bakony-jákó	Ugod, (grösseres Fragment)	Ugod, (kleineres Fragment)	Németbánya	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	Jánosháza	
El		Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %	Konz. Gewicht %	Rel. Fehler %
H <sub>2</sub> O	0.09	1.38	1.3	0.81	2.7	1.66	1.5	1.72	2.1	0.68	2.3	7.39	1.3	11.19	1.1	12.37	1.1
Na <sub>2</sub> O	0.01	18.3	1.9	19.8	1.9	18.1	2.0	21.6	2.0	16.3	2.0	13.5	2.5	0.2	3.7	0.3	3.7
K <sub>2</sub> O	0.1	2.8	2.8	3.3	2.9	2.6	2.3	2.5	3.6	3.3	1.9	2.5	2.0	0.1	3.4	0.1	3.4
MgO	1	3.8	7.	4.7	6.	3.6	8.	<Nachwg.		4.3	7.	4.1	6.	<Nachwg.		<Nachwg.	
CaO	1	4.6	2.8	5.1	2.8	4.8	3.0	4.7	3.0	5.1	2.8	4.8	2.8	34.6	1.6	38.2	1.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5	7.4	5.	<Nachwg.		7.3	7.	6.7	13.	11.4	4.	2.3	3.6	2.6	2.6	2.9	2.6
SiO <sub>2</sub>	0.1	57.5	1.0	62.5	0.9	59.0	1.1	59.6	1.3	53.9	1.1	61.7	0.9	36.4	1.4	40.2	1.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.5	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		9.5	5.	<Nachwg.	
SO <sub>3</sub>	0.25	0.86	6.	0.67	4.	0.76	6.	0.85	5.	0.89	5.	0.56	4.	0.47	4.	0.52	4.
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.048	8.	0.047	5.	0.062	3.7	0.056	3.7	0.058	5.	0.091	5.	0.099	3.7	0.109	3.7
MnO	0.05	0.051	4.	0.051	4.	0.049	4.	0.072	6.	0.072	3.0	0.066	4.	0.353	2.1	0.390	2.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05	0.96	6.	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		1.35	5.	0.92	3.7	2.96	2.8	3.28	2.8
CoO	0.01	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		0.024	3.6	0.027	3.6
NiO	0.05	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		0.12	7.	0.13	7.
CuO	0.05	1.43	2.5	1.41	3.6	1.33	2.7	1.34	2.4	1.93	3.4	1.34	2.0	0.39	2.7	0.43	2.7
SrO	0.1	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		0.24	12.	0.10	12.	0.19	3.3	0.21	3.3
SnO	0.3	<Nachwg.		0.89	9.	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		0.61	12.	0.68	12.
B	0.00003	<b>0.0893</b>	1.3	<b>0.0808</b>	1.3	<b>0.0896</b>	1.5	<b>0.0929</b>	1.5	<b>0.0506</b>	1.3	<b>0.0082</b>	1.3	<b>0.0031</b>	1.1	<b>0.0034</b>	1.1
Cl	0.003	<b>0.531</b>	1.6	<b>0.467</b>	1.9	<b>0.404</b>	1.7	<b>0.500</b>	1.8	<b>0.447</b>	1.6	<b>0.443</b>	1.7	<b>0.084</b>	1.9	<b>0.093</b>	1.9
Cd	0.0001	<Nachwg.		0.0023	2.3	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.	
Nd	0.0001	<Nachwg.		<Nachwg.		<b>0.0155</b>	11.	<Nachwg.		<b>0.0122</b>	19.	<b>0.0017</b>	19.	<Nachwg.		<Nachwg.	
Sm	0.00005	<Nachwg.		<b>0.00002</b>	18.	<Nachwg.		<Nachwg.		<b>0.00003</b>	5.	<b>0.00003</b>	5.	<b>0.00005</b>	7.	<b>0.00005</b>	7.
Gd	0.0001	<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<Nachwg.		<b>0.00004</b>	7.	<b>0.00004</b>	7.
C				*		*		*		*		*		*		*	

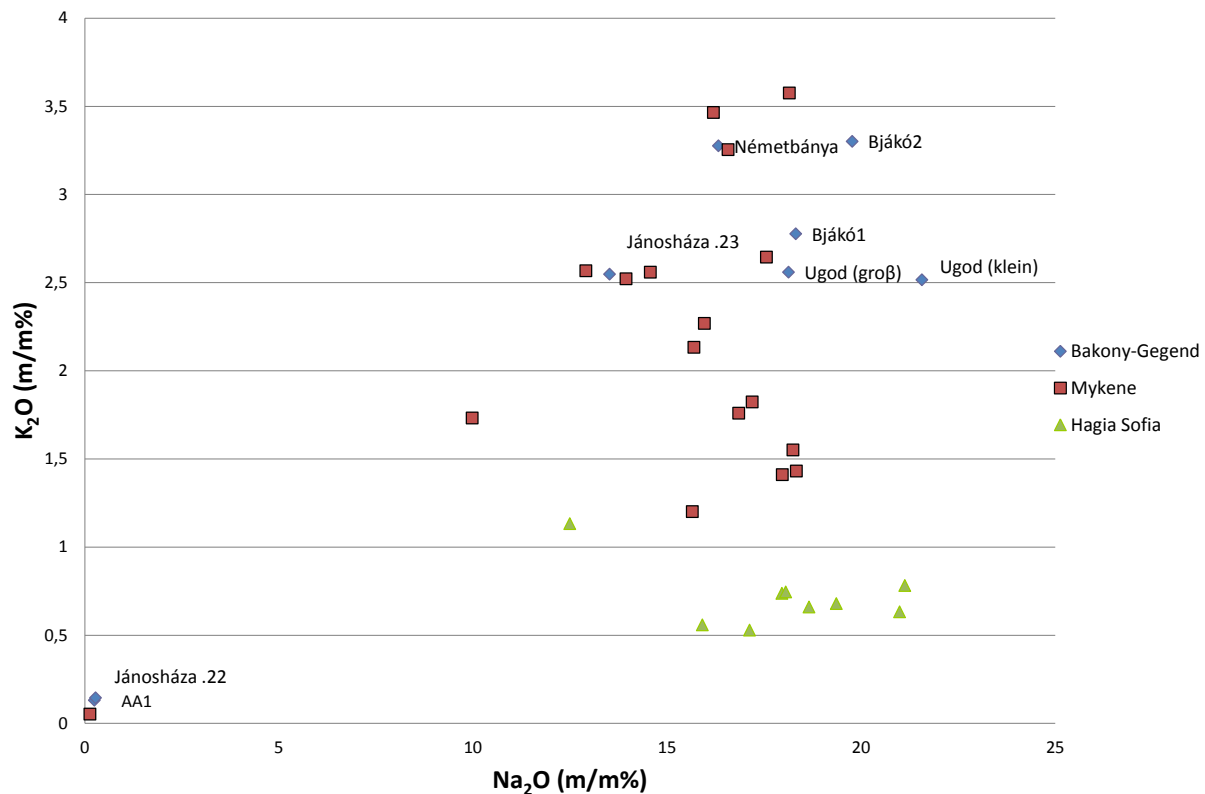
$7.6 \cdot 10^7 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  kalten Neutronenfluss (thermisches Äquivalent) bestrahlt. Die Gegenstände wurden unbehandelt in einer PTFE-Folie verpackt. Die Bestrahlungszeit wurde so ausgewählt, dass die Konzentration der bestimmaren Haupt- und Nebenelemente mit erforderlicher Präzision ermittelt werden konnte. Die Bestrahlungszeiten variierten zwischen 4500 s und 226600 s. Bei der kleinsten Probe (Gewicht 11.5 mg) betrug die Bestrahlungszeit 62 Stunden, es wurden also mehr als 2.5 Tage zur Erfassung benötigt. Die Proben wurden in normaler Luftatmosphäre gemessen.

### Die Messergebnisse und ihre Unsicherheiten

Die Ergebnisse der Zusammensetzung werden in Massenprozent (m/m%) angegeben (**Tabelle 1**). Im Falle der Glasproben werden die Hauptelemente und einige Nebenelemente in Oxidform (H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, NiO, CuO, SrO, SnO), die Spurenelemente und das Chlor (B, Cl, Cd, Nd, Sm, Gd) in Elementarform angeführt. Der gesamte Eisenoxid-Gehalt wurde in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, der Wasserstoffgehalt in H<sub>2</sub>O Form angegeben. Im Falle einiger Gläser wurde im PGAA-Spektrum Kohlenstoff (C) identifiziert. Das Vorhandensein von Kohlenstoff kann mit der Zersetzung oder mit den Resten von Konservierungstoffen erklärt werden, deshalb wird C im Endergebnis nicht aufgelistet, nur mit dem Symbol \* angedeutet. Die Komponentenkonzentration der PGAA steht in der **Tabelle 1**. Neben den Konzentrationswerten werden auch ihre relativen Fehler an-

gegeben. Der relative Fehler der Hauptkomponenten liegt bei 1–8%. Die größere Unsicherheit entsteht auf Grund der sehr kleinen Nachweisgrenze der PGAA. Der relative Fehler wird durch die Nachweisempfindlichkeit der gegebenen Elemente, die Menge der Probe und durch die Messbedingungen beeinflusst.

Die Zusammensetzung der untersuchten Gläser der Bakony-Gegend weicht von den von Venclová und Arbeitskollegen, mit der SEM-EDS Mikroanalyse untersuchten spätbronzezeitlichen gemischt-alkalischen Gläser aus Mähren etwas ab (Venclová et al. 2011). Fast jedes der von uns untersuchten Gläser ist Natronglas mit hohem (13.5–21.6 m/m%) Na-Gehalt und folglich mit geringem Kaliumgehalt (2.5–3.3 t%). Eine Ausnahme bildet die Perle aus Jánosháza (Inv. Nr. Ö. 2012.1.22.), deren K- als auch Na-Gehalt niedrig ist. In der Zusammensetzung dieser Probe stellten wir einen überaus hohen Phosphor-Gehalt (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fest, von dem nicht klar ist, ob der Phosphor ursprünglich ein Bestandteil des Glases war oder Ergebnis einer späteren Kontamination. Deshalb werden die Messdaten dieser Probe sowohl mit (Ö.2012.1.22.) als auch ohne Phosphor-Gehalt (Ö.2012.1.22.\*) auf 100% normiert angegeben. Die Probe besitzt einen hohen Gehalt an H<sub>2</sub>O, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, bzw. niedrigen Gehalt an Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O und SiO<sub>2</sub>. Die Abweichung in der Zusammensetzung von den restlichen Gläsern ist Folge einer fortgeschrittenen Korrosion oder des Vorhandenseins eines Konservierungsmittels. Die Frage kann mit Hilfe der PGAA Messungen nicht entschieden werden. Es ist jedoch bekannt, dass durch Verwen-



**Abb. 3.:** Gruppierung der spätbronzezeitlichen Gläser der Bakony-Gegend, der mykenischen Gläser und der byzantinischen Gläser anhand ihres Na- und K-Gehalts.

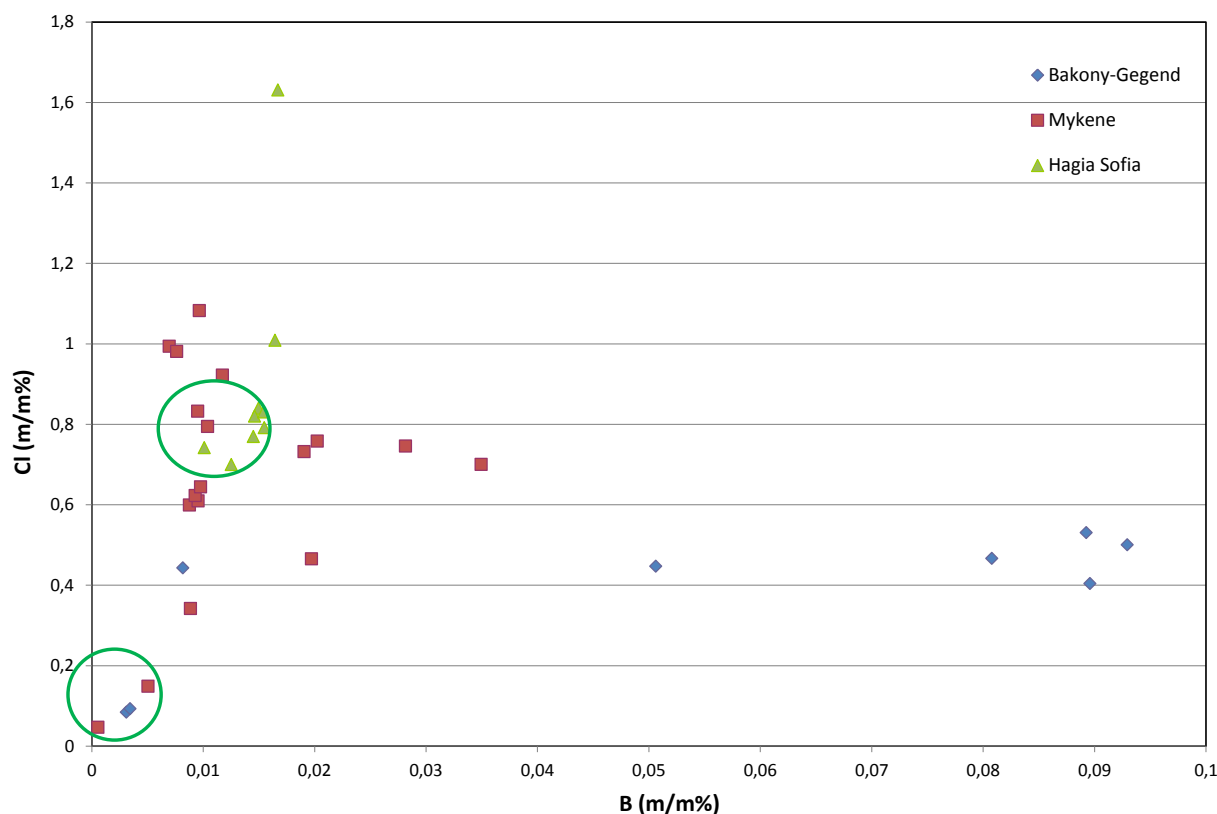
**3. ábra:** Bakony-vidéki késő bronzkori, mükénéi és bizánci üvegek csoportosítása nátrium- és káliumtartalmuk szerint.

zung von Konservierungsmittel die Menge von Na und K sinkt, aber nicht verschwindet und der sich Ca-Gehalt nicht erhöht. Auf Grund der PGAA Messungen (**Tabelle 1**) ist es ersichtlich, dass Na und K fast völlig verschwunden sind und die Konzentration von Ca deutlich anstieg. Folglich kann festgestellt werden dass die Probe stark verwittert ist. In den Gläsern von Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.22. und Ó. 2012.1.23.) wurde eine ungewöhnlich große Menge (7.39–12.37 m/m% H<sub>2</sub>O-ekvivalens) an Wasserstoff gemessen. Den Ergebnissen der PGAA Messungen folgend besitzen die mykenischen Natrongläser im Allgemeinen eine ähnliche Zusammensetzung (Zacharias et al. 2013). Die PGAA Ergebnisse der Mosaik aus der Hagia Sophia zeigen ebenfalls einen hohen Na-Gehalt (12.5–21.1 m/m% Na<sub>2</sub>O), doch ihr K-Gehalt (0.53–1.13 m/m% K<sub>2</sub>O) ist im Vergleich zu den zwei vorherigen Gruppen (**Abb. 3.**) wesentlich geringer (Moropoulou et al. 2016). Der geringe Natrium- und Kalium-Gehalt, sowie der hohe Wasserstoff-Gehalt des mykenischen Glases (mit dem Zeichen "AA1") bzw. des Glases aus Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.22.) kann eindeutig mit der Verwitterung in Zusammenhang gebracht werden.

Der Chlor-Gehalt der Gläser kann teilweise mit der verwendeten Pflanzenasche in Zusammenhang gebracht werden. Das Vorhandensein von Bor kann

als Bestandteil der Pflanzenasche gedeutet werden, eventuell gelang es als Verunreinigung des Sandes in die Probe (Zacharias et al. 2014). Die PGAA Methode kann einwandfrei zur hochgenauen Bestimmung des Bor- und Chlorgehaltes angewandt werden. Die 4. Abbildung zeigt den Bor- und Chlorgehalt der untersuchten byzantinischen Gläser und der Glasproben aus der Bakony-Gegend. Die, auf der Abbildung zueinander naheliegenden Proben besitzen einen ähnlichen Bor- und Chlorgehalt und wurden wahrscheinlich meist aus demselben Rohstoff hergestellt. Bei der Auswertung der Messungen kann jedoch der Grad des Einflusses der Verwitterung nicht eindeutig bestimmt werden. Die in der **Abbildung 4.** (unten, links) aufgeführte Proben mit geringem Bor- und Chlorgehalt sind stark verwittert. Im Falle der blauen Gläser von Bakonyjákó, Ugod, Németsbánya und Jánosháza (Inv. Nr. Ó. 2012.1.23.) kann die Farbe mit dem hohen (1.34–1.93 m/m%) Kupfergehalt erklärt werden.

*Die Bestandteile der von Varga (1992) untersuchten Gläser von Bakonyjákó (Inv. Nr. 79.6.88.) zeigen ähnliche Werte mit den, mit Hilfe von PGAA untersuchten Glasperlen von Bakonyjákó (Inv. Nr. 79.6.31.1. und 79.6.31.2.) (Tabelle 2). Im Falle der Glasperlen aus der Bakony-Gegend ist es besonders auffallend, dass ihr Na<sub>2</sub>O-Gehalt (18.3 m/m%*



**Abb. 4.:** Gruppierung der spätbronzezeitlichen Gläser der Bakony-Gegend, der mykenischen Gläser und der byzantinischen Gläser anhand ihres Bor- und Chlor-Gehalts.

**4. ábra:** Bakony-vidéki késő bronzkori, mükénéi és bizánci üvegek csoportosítása bór- és klórtartalmuk szerint.

und 19.8 m/m%) und  $K_2O$ -Gehalt (2.8 m/m% und 3.3 m/m%) mit der Zusammensetzung der oben angeführten (Zacharias et al. 2013) mykenischen Gläsern (9.98–18.3 m/m%  $Na_2O$ -Gehalt, bzw. 1.20–3.58 m/m%  $K_2O$ -Gehalt), bzw. mit dem Na-Gehalt (17.6–20.9 m/m%) der durch Henderson und Kollegen (Henderson et al 2010) gemessenen späthelladischen IIIB-C Gläsern aus Elateia und Theben im Einklang stehen. Sowohl der  $K_2O$ - als auch der  $Na_2O$ -Gehalt der Gläsern aus der Bakony-Gegend ist dem der ägyptischen (0.6–2.64 m/m%  $K_2O$ ; 16.74–18.3 m/m%  $Na_2O$ ) und mesopotamischen (1.42–4.42 m/m%  $K_2O$ ; 14.17–18.38 m/m%  $Na_2O$ ) Gläsern ähnlich. Wie es erwartet war, ist allein der Alkali-Gehalt zur Bestimmung des Herkunftsortes nicht ausreichend. Gleichzeitig ist die Nutzung einer weiteren Rohstoffquelle nicht auszuschließen.

Die PGAA Messungen der Bakonyer Gläser und der Kontrollproben lassen uns zur Schlussfolgerung, dass anhand der Hauptkomponente ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ , MgO) die Gläser aus der Bakony-Gegend den mykenischen HM-Gläsern (Abb. 3) sehr ähnliche Zusammensetzung besitzen. Im Bezug auf die Spurenelementen (B, Cl) ist es unwahrscheinlich, dass die Rohstoffe aus der selben Quelle herkommen, wie die der mykenischen Gläsern. Theoretisch darf

aber der, aus der selben geographischen Region, jedoch aus anderen Gebieten stammende Rohstoff nicht ausgeschlossen werden. Gleichzeitig – da unter den neuesten dänischen Glasperlen (Varberg et al. 2015) auch solche mit ägyptischem und mesopotamischem Herkunft nachgewiesen wurden – ist es nicht undenkbar, dass aus dem östlichen Mittelmeerraum nach Mykene (z.B. Uluburun) transportiertes Statussymbol an einer „Zwischenstation“, dh. in der Nähe der Bernsteinstraße im östlichen Voralpen als Tribut oder als Raubgut in Besitz reicherer Familien gelangte.

### **Glasperlenhandel und die Stelle der Glasperle in der spätbronzezeitlichen Gesellschaft**

Die Kenntnis über Glas gelang anhand der internationalen Forschung und unserer Arbeitshypothese aus drei Richtungen (Abb. 5) ins Karpatenbecken. Erstens über einen Handelsweg, der aus Mesopotamien oder aus dessen anatolischen und kaukasischen Region (Primas 2008) nach Osteuropa führte. Fayence- und Glasperlen als Denkmäler dieser Route fand man an der unteren Donau im südöstlichen Karpatenvorraum in Rumänien, in den Gräbern 20. und 58. des Gräberfeldes von Câmpina (Radiokarbonaten: 2σ 1495–1402 BC) (Frînculeasa & Stîhi

**Tabelle 2.:** Vergleich der Ergebnissen der NAA (Varga 1992) und PGAA Messungen.**2. táblázat:** A bakonyjákói üvegek NAA (Varga 1992) és PGAA mérési eredményeinek összehasonlítása.

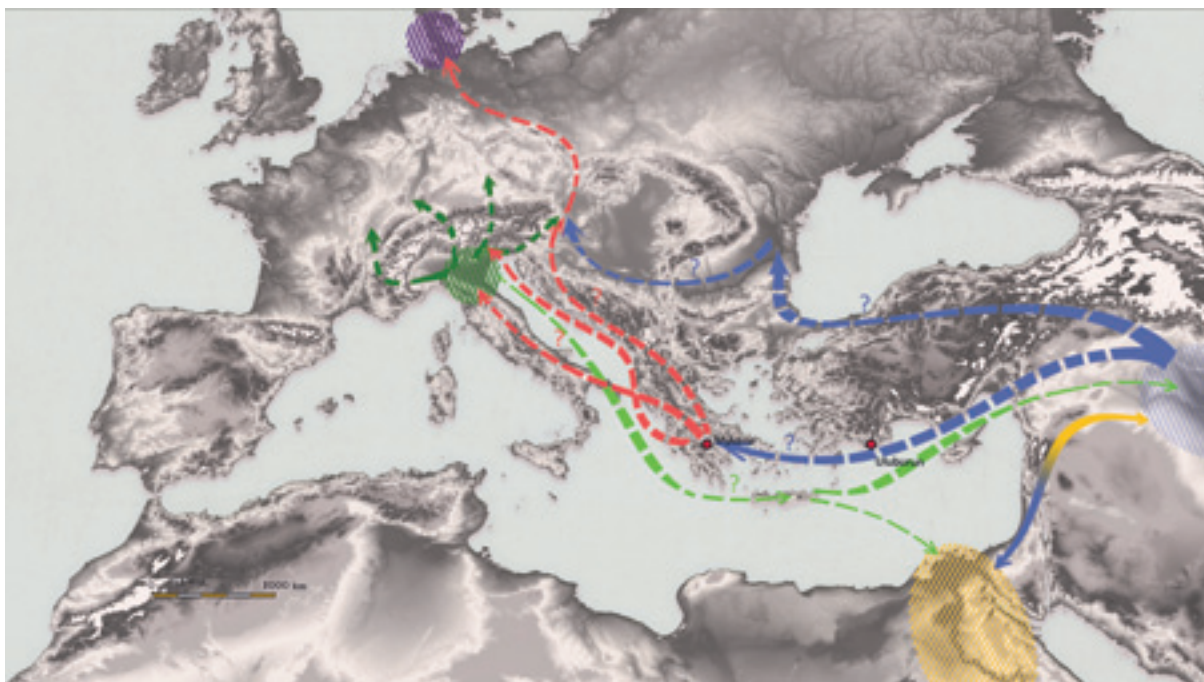
Inv. Nr.	79.6.88.		79.6.31.1.		79.6.31.2.	
	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler	Konzentration / m/m%	Abs. Fehler
	NAA	± %	PGAA	± %	PGAA	± %
Na	13.70	0.10	13.60	0.20	14.66	0.23
K	2.49	0.05	2.30	0.06	2.74	0.07
Cu	0.74	0.03	1.14	0.03	1.41	0.04
Cl	0.37	0.03	0.531	0.006	0.47	0.005
Mn	0.035	0.002	0.0357	0.001	0.035	0.001
Fe	0.55	0.06	0.67	0.04	0.23	0.03

2012; Frînculeasa 2014). Weiter in westlicher Richtung sind andere Glasperlen aus Transsylvanien bekannt (Lăpuș, Pecica). Unter denen ist ohne Zweifel am bedeutendsten ein im Kom. Hunyad in der Cioclovina-Höhle gefundener spätbronzezeitlicher (Ha A1) Schatzfund, aus dem 2800 St. Glasperlen vorliegen (Frînculeasa & Stihl 2012). Eine weitere Route führte aus mykenischen Gebieten auf Wasser nach Nord-Italien und nach Caput Adriae (Slowenien) bzw. folgte die adriatische Küste als Landesweg und zwar vom Beginn bis zum Ende der Bronzezeit (Harding 2000; Jung 2005; Primas 2007). Der Letztgenannte konnte auf dem Gebiet der Caput Adriae die aus dem Po-Gebiet ausgehende und nach Norden gerichtete Bernsteinstraße erreicht haben. Auf dieser adriatischen Route gelangten die frühesten sternförmigen – oben bereits erwähnten – Fayenceperlen ins Gräberfeld von Mokrin (Primas 2008). Ein dritter Transportweg verzweigte sich in Nord-Italien in verschiedene Richtungen. Einer davon erreichte durch die Bernsteinstraße mit Berührung des Gardasees und Slowenien (Giumlia-Mair 2005) auch den westlichen Teil des Karpatenbeckens, also Transdanubien. Der Glashandel verlief parallel mit dem Bernsteinhandel (Bellintani 2002). Diese Behauptung wird durch die Lesefunde und die Perle aus der authentischen Grabung der Siedlung von St. Veit bei Velem bzw. durch die Bernsteinperlen des Hügelgrabes von Jánosháza bestätigt (Miske 1908; Fekete 2004).

Aus den gleichzeitigen und zur selben Kultur gehörenden Fundplätzen der untersuchten Glasperlen besitzt nur die Tellsiedlung aus Némethánya mit C14 Daten. Die  $2\sigma$  Werte datieren die Siedlung zwischen 1362/1279–1211 und 1216/1108–1024 BC (Ilon 1996, 2014, 2016). Sie existiert also teilweise gleichzeitig sowohl mit den mykenischen als auch mit den Gläsern aus Frattesina. Die Glasfunde der Bakony-Gegend können also aus beiden Regionen herkommen.

Glaseinlagen erschienen in der spätmykenischen Palastzeit (14–13. Jh. v. Chr.) an Schwertgriffen und Helmen (Nightingale 2009). Solche Schmuckwaffen können mit der Gesellschaftselite verbunden werden, wie das Vogelkopfmesser mit blauer Glaseinlage aus dem 6. Grab von Balatonfüzfő (Ilon 2012). Das Gefäß mit Glaseinlage (Bellintani & Stefan 2009) aus dem Ha A1-2 zeitlichen „Herrnhaus“ von Nagykanizsa–Bilkei-dűlő (Horváth 2001) deutet ebenfalls auf einen reicheren Haushalt hin. Die mit Glas Bestatteten der Hügelgräber von Jánosháza und der Bakony-Gegend dürften zu den reicheren Familien der Gemeinde gehört haben. Der Mangel an, auf eine eventuelle Produktion hindeutenden Schlacke und Nebenprodukte bestätigt – unseres heutigen Kenntnisstandes nach – nicht die selbständige Glasherstellung im westlichen Karpatenbecken. Da *Glas als Import- und gleichzeitig Prestigeware existierte, signalisiert der Erwerb gesellschaftlichen Status und einen Kontaktnetzwerk* (Primas 2008), in *unserem Fall in Richtung Mykene oder Nord-Italien (Abb. 5)*. In der benachbarten und gleichzeitigen Čaka-Kultur in der Südwestslowakei sind Glasperlen in sehr geringer Menge, oftmals nur 1-2 St. bekannt (Kolta: Bz D/Ha A – Paulík 1966, Lužany: Furmánek et al. 2009, Očkov: Ha A1 – Paulík 1962, Velké Ripňany: Paulík 1978). In den Gräberfeldern der, auf die Späthügelgräberzeit folgenden Urnenfelderkultur sind die vorliegenden Untersuchungsobjekte (Ungarn: Neszmély – Patek 1982; Österreich: Burgschleinitz, Linz St. Peter, Volder, Wien–Mühlsaugergasse – Neuninger & Pittioni 1959, Slowakei: Furmánek et al. 2009, Märhen und Böhmen: Tihelka 1961, Venclová 1990, Venclová et al. 2011, Kroatien: Forenbaher 1995, Österreich, Deutschland, Schweiz: Haevernick 1978) auch nicht besonders verbreitet. Es muss jedoch vermerkt werden, dass diese Fundlisten bereits vor längerer Zeit zusammengetragen wurden.





**Abb. 5.:** Mögliche Routen des spätbronzezeitlichen Glashandels (Angefertigt von Gyula Isztin)

**5. ábra:** A késő bronzkor üvegeinek lehetséges szállítási útvonalai. (Készítette: Isztin Gyula)

Die Benutzung von Glasperlen hängt mit magischen und religiösen Überzeugungen zusammen (Nightingale 2009), aber eine Diskussion dieses Aspekts greift über die Grenzen dieser Studie hinaus.

### Danksagung

Vor der Untersuchung machte Tibor Takács (Körmen) von die Glasperlen Fotoaufnahmen. Wir sind der Archäologin Enikő Kovács für die Entnahme der Untersuchungsobjekte im Károly Esterházy Mu-

seum von Pápa dankbar. Wir bedanken uns bei der Museumsdirektorin Andrea Csapláros für die Genehmigung der Untersuchung der Perlen von Jánosháza, sowie Marcella Nagy, Abteilungsleiterin des Savaria Museums für die Vorbereitung der Funde. Besonderer Dank gilt für unsere Lektoren István Fórizs PhD und Géza Szabó PhD für ihre nützlichen kritischen Anmerkungen.

Die PGAA Messungen wurden im Neutronenzentrum Budapest (BNC) durchgeführt.

### References

ANGELINI, I., ARTIOLI, G., BELLINTANI, P., DIELLA, V., GEMMI, M., POLLA, A. & ROSSI, A. (2004): Chemical analyses of Bronze Age glasses from Frattesina di Rovigo, Northern Italy. *Journal of Archaeological Science* **31**: 1175–1184.

BELLINTANI, P. (2002): Bernsteinstraßen, Glasstraßen. In: Schnekenburger, G. (Red.), *Über die Alpen. Mensch – Wege – Waren*. Stuttgart, 39–48.

BELLINTANI, P. & STEFAN, L. (2009): Nuovi dati sul primo vetro europeo: il caso di Frattesina. In: *Atti del "Primo Convegno Interdisciplinare sul Vetro nei Beni Culturali e nell'Arte di Ieri e di Oggi"*, Parma, 27-28 novembre 2008. Parma, 71–86.

EDER, B. (2015): Stone and Glass: The Ideological Transformation of Imported Materials and Their Geographic Distribution in Mycenaean Greece. In: EDER, B. – PRUZSINSZKY, R. (eds.), *Policies of Exchange. Political Systems and Modes of*

*Interaction in the Aegean and the Near East in the 2nd Millennium BC*", *Proceedings of the International Symposium, 30th May-2nd June 2012 in Freiburg*. Institute for Archaeological Studies, OREA 2 (Vienna) 221–242.

FEKETE M. (2004): A jánosházi halomsír. Das Hügelgrab von Jánosháza. In: ILON G. (ed.), *ΜΩΜΟΣ III*. Óskoros Kutatók III. Országos Összejövetelének konferenciakötete. Halottkultusz és temetkezés. Bozsok–Szombathely 2002. október 7–9. Szombathely, 157–181.

FORENBAHER, S. (1995): Trade and Exchange in Late Bronze and Early Iron Age Croatia. In: HÄNSEL B. (Hrsg.), *Handel, Tausch und Verkehr im Bronze- und früheisenzeitlichen Südosteuropa*. Südosteuropa-Schriften 17, PAS **11**, München-Berlin, 269–282.

- FÓRIZS I. (2008): Üvegekészítés Magyarországon a kezdetektől a XVIII. századig. In: Szakáll S. (Szerk.), *Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Geotudományok. Alkalmazott ásvány- és kőzettan.* A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, *Bányászat* **74**: 113–136.
- FURMÁNEK, V., HORŇÁK, M. & MITÁŠ, V. (2009): Sklené koráliky v období popolnicových polí na Slovensku. Stav výskumu. Glasperlen in der Zeit der Urnenfelder in der Slowakei. Stand der Forschung. *Študijné Zvesti Archeologického Ústavu SAV* **45**: 79–90.
- FRÎNCULEASA, A. (2014): *Cimitirul din epoca bronzului de la Câmpina (Jud. Prahova).* Consiliul Județean Prahova Muzeul Județean de Istorie și Arheologie Prahova, Seria Arheologie **VII**, Editura Cetatea de Scaun, 2014.
- FRÎNCULEASA, A. & STIHI, C. (2012): Vitreous Beads Found at the Bronze Age Cemetery from Câmpina (Prahova). *Annales d'Université Valahia Targoviste, Section d'Archeologie et d'Histoire* **XIV:2**: 17–27.
- GESSNER, V. (1947): Vom Problem der spätbronzezeitlichen Glasperlen. In: Drack, W. & Fischer, P. (Hrsg.), *Beiträge zur Kulturgeschichte – Festschrift Reinhold Bosch.* Aarau, 80–98.
- GIUMLIA-MAIR, A. (2005): Handel und Rohstoffgewinnung im Italien der späten Bronzezeit. In: Yalçın, Ü. & Linden, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006,* Bochum, 415–430.
- HARDING, A. (2000): *European Societies in the Bronze Age.* Cambridge University Press, Cambridge.
- HAEVERNICK, E. T. (1978): Urnenfelderzeitliche Glasperlen: eine Bestandesaufnahme. *Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte* **35**: 144–157.
- HENDERSON, J. (1988): Glass production and Bronze Age Europe. *Antiquity* **62**: 435–451.
- HENDERSON, J. (1993): Chemical analysis of the glass and faience from Hauterive–Champréveyres, Switzerland. In: RYCHNER-FARAGGI, A.-M. (Hrsg.), *Hauterive–Champréveyres, 9: Métal and Parure au Bronze Final.* Musée Cantonal d'Archéologie, Neuchâtel, 111–117.
- HENDERSON, J. (1995): Ancient Vitreous Materials. *American Journal of Archaeology* **99:1**: 117–121.
- HENDERSON, J. (2013): Glass and faience. In: Fokkens, H. & Harding, A. (eds.), *The Oxford Handbook of the European Bronze Age.* Oxford, Univ. Press, 492–500.
- HENDERSON, J., EVENS, J., NIKITA, K. (2010): Isotopic evidence for the primary production, provenance and trade of Late Bronze Age glass in the Mediterranean. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* **10:1**: 1–24.
- HORVÁTH L. (2001): Késő bronzkori település feltárása Nagykanizsán. Excavation of a Late Bronze Age settlement at Nagykanizsa. In: BENCZE Z. et al. (eds.), *Régészeti kutatások Magyarországon – Archaeological Investigation in Hungary 1998,* Budapest, 37–43.
- ILON G. (1996): A késő halomsíros – kora urnamezős kultúra temetője és tell települése Németszánya határában. Das Gräberfeld und Tell der Späthügelgräber–Frühurnenfelderkultur in der Gemarkung Németszánya. *Pápai Múzeumi Értesítő – Acta Musei Papensis* **6**: 89–208.
- ILON, G. (2012): Eine weitere Bestattung der frühurnenfelderzeitlichen Elite – das Grab Nr. 6 aus Balatonfüzfő (Ungarn, Komitat Veszprém). In: KUJOVSKÝ, R. & MITÁŠ, V. (eds.), *Václav Furmánek a doba bronzová. Zborník k sedemdesiatym narodeninám. Arch. Slov. Monogr. Communicationes XIII* Nitra, 137–150.
- ILON, G. (2014): Der Anfang der Urnenfelderzeit (Bz D) im Bakonygebirge (Ungarn). Das Gräberfeld und die mehrschichtige Siedlung der Späthügelgräberzeit und der Früh-Urnenfelderzeit in der Gemarkung von Németszánya. In: DIZDAR, L. D. & DIZDAR, M. (Eds.), *The Beginning of the Late Bronze Age between the Eastern Alps and the Danube.* Proceedings of the International Conference in Osijek, October 20–22. 2011. Zbornik Instituta za Archaeologiju **1** Zagreb, 101–177.
- ILON, G. (2016): Zeitstellung der Urnenfelderkultur (≈1350/1300 – 750/700 BC) in West-Transdanubien. Ein Versuch mittels Typochronologie und Radiokarbonaten. In: *Internat. Konferenz Bronzezeitliche Chronologie.* 2014. Tg. Mures. Im Druck
- INGRAM, S. R. (2005): Faience and glass beads from the Late Bronze Age shipwreck at Uluburun. Texas A&M University – <http://nautarch.tamu.edu/pdf-files/Ingram-MA2004.pdf> - heruntergeladen am 8.2.2012.
- JANKOVITS, K. (1992): Spätbronzezeitliche Hügelgräber von Bakonyjákó. *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **44**: 261–343.

- JUNG, R. (2005): Aspekte des mykenischen Handels und Produktaustauschs. In: B. Horejs, B., Jung, R., Kaiser, E. & Teržan, B. (Hrsg.), *Interpretationsraum Bronzezeit. Bernhard Hänsel von seinem Schülern gewidmet*. UPA **121**: Bonn, 45–70.
- KASZTOVSZKY Zs., KUNICKI-GOLDFINGER, J., DZIERŻANOWSKI, P., NAWROLSKA, G. & WAWRZYŃIAK, P. (2005): Történelmi üvegek roncsolásmentes vizsgálatára prompt gamma aktivációs analízissel és elektron-mikroszondával. (in Hungarian) *Archeometriai Műhely* **II(1)**: 48–56.
- KASZTOVSZKY Zs. & KUNICKI-GOLDFINGER, J. (2008): Újabb eredmények az üvegek archeometriai vizsgálatában prompt gamma aktivációs analízis segítségével. (in Hungarian) *Archeometriai Műhely* **V(3)**: 51–57.
- MILDNER, S., SCHÜSSLER, U. & FALKENSTEIN, F. (2012a): Bronze Age glass between the Alps and the Baltic Sea. Studies on Manufacture and Distribution of the Oldest Glass in Central Europe. In: Braekmans, D. – Honings, J. – Degryse, P. (eds.), *Programme and Abstract of the 39th International Symposium on Archaeometry*. Leuven, 394.
- MILDNER, S., FALKENSTEIN, F. & SCHÜSSLER, U. (2012b): Bronzezeitliche Glasperlen zwischen Alpenkamm und Ostsee. Untersuchungen zur Herstellung und Distribution des ältesten Glases in Mitteleuropa. Downloaden des Posters am 2.10.2013.
- MISKE K. (1908): *Die prähistorische Ansiedelung Velem St. Vid I. Beschreibung der Raubbaufunde*. Wien.
- MOROPOULOU, A., ZACHARIAS, N., DELEGOUA, E. T., MARÓTI B., KASZTOVSZKY Zs. (2016): Analytical and technological examination of glass tesserae from Hagia Sophia. *Microchemical Journal* **125**: 170–184.
- NEUNINGER, H. & PITTIONI, R. (1959): Woher stammen die blauen Glasperlen der Urnenfelderkultur? *Archaeologia Austriaca* **26**: 52–66.
- NIGHTINGALE, G. (2009): Glass and faience and Mycenaean society. In: IGNATIADOU, D. & ANTONARAS, A. (eds.), *Annales 18<sup>e</sup> congrès. Association Internationale pour l'Histoire du Verre. International Association for the History of Glass*. Thessaloniki, 7–10.
- OPPENHEIMER, L. A. (1973): Towards a History of Glass in the Ancient Near East. *Journal of the American Oriental Society* **93.3**: 259–266.
- PAULÍK, J. (1962): Das Velatice–Baierdorfer Hügelgrab in Očkov. *Slovenská Archeológia* **10**: 5–96.
- PAULÍK, J. (1966): Mohyla čakanskej kultury v Kolte. *Slovenská Archeológia* **14**: 357–396.
- PAULÍK, J. (1978): Abdeckung eines jungbronzezeitlichen Hügelgrabes in Velké Ripňany. *AVANS* 1977, 189–192.
- PATEK, E. (1982): Die hallstattzeitliche Glasperlen Transdanubiens. *Savaria* **16**: 161–180.
- PULAK, C. (2005): Das Schiffswrack von Uluburun. In: YALÇIN, Ü. & LINDEN, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun: Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006*, Bochum, 55–102.
- PRIMAS, M. (2007): Innovationstransfer vor 5000 Jahren. Knotenpunkte an Land- und Wasserwegen zwischen Vorderasien und Europa. *Eurasia Antiqua* **13**: 1–19.
- PRIMAS, M. (2008): *Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa 2200 – 800 v. Chr.* UPA **150** Bonn
- REHREN, Th. (2005): Der Handel mit Glas in der Spätbronzezeit. In: YALÇIN, Ü. & LINDEN, M. (Red.), *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren. Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum 15. Juli 2005 – 16. Juli 2006*, Bochum, 533–539.
- RÉVAY, Zs. (2009) & MOLNÁR, G. L. (2003): Standardisation of the prompt gamma activation analysis method. *Radiochimica Acta* **91**: 361–369.
- RÉVAY, Zs. (2009): Determining elemental composition using prompt gamma activation analysis. *Analytical Chemistry* **81**: 6851–9.
- SZENTMIKLÓSI, L., BELGYA, T., RÉVAY, Zs. & KIS, Z. (2010): Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron-induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest research reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* **286**: 501–505.
- TIHELKA, K. (1961): Vyznačný hrob velatické na cezavách u Blučiny. Ein bedeutsames Grab der Velatizer Kultur auf Cezavy bei Blučina. *Památky Archeologické* **52**: 201–208.
- VARBERG, J., GRATUZE, B. & KAUL, F. (2015): Between Egypt, Mesopotamia and Scandinavia: Late Bronze Age glassbeads found in Denmark. *Journal of Archaeological Science* **54**: 168–181.
- VARGA, I. (1992): Későbronzkori üveggyöngy Bakonyjákóról. Glassbeads from the Late Bronze Age from Bakonyjákó. *Pápai Múzeumi Értesítő – Acta Musei Papensis* **3-4**: 97–99.



VENCLOVÁ, N. (1990): *Prehistoric glass in Bohemia*. Archeologický ústav AV ČR., Prague.

VENCLOVÁ, N., HULÍNSKÝ, V., HENDERSON, J., CHENERY, S., ŠULOVÁ, L. & HLOŽEK, J. (2011): Late Bronze Age mixed-alkali glasses from Bohemia. Skla typu mixed alkali mladší doby bronzové v Čechách. *Archeologické rozhledy* **63**: 559–585.

WEDEPOHL, K. H. (2000): The change in composition of medieval glass types occurring in excavated fragments from Germany. *Annales du*

*14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Italia, Venezia-Milano 1998*, Lochem, 253–257.

ZACHARIAS, N., KAPAROU, M., KASZTOVSZKY, Zs., MARÓTI, B., BELTSIOS, K., MURPHY, J., KANTARELOU, V. & KARYDAS, G. A. (2013): Mükénéi üvegek korróziójának és eredetének vizsgálata SEM-EDS, XRF és PGAA módszerekkel. An alteration and provenance study of Mycenaen Glass objects using Neutron-beam and X-ray methods. *Archeometriai Műhely* **X(2)**: 127–140.

---

### **Fußnoten**

<sup>1</sup> Low Magnesium High Potassium = niedriger Mg-, hoher K-Gehalt.

<sup>2</sup> Es ist uns nicht gelungen die Studie von Julian Henderson zu erlangen. Die wichtigsten Ansichten wurden aus dem Beitrag von István Fórizs (2008) übernommen.

<sup>3</sup> Meiner Meinung nach /G. Ilon/ wurden die Überreste einer einzigen Person an drei Stellen deponiert. Diese Behauptung wurde im Falle der Bestattungen von Némethbánya auch durch anthropologische Untersuchung bekräftigt.

<sup>4</sup> Der Rezensent unserer Studie, Géza Szabó leitete unsere Aufmerksamkeit auf die Tatsache, das die Zusammensetzung, Qualität und Proportionen der Spurenelemente innerhalb der selben Sandgewinnungsstelle, auch in kleinerer Entfernung sehr unterschiedlich sein kann. Für seine berechtigte Ergänzung werde an dieser Stelle gedankt.