

**Raport științific final
(2020 - 2022)**

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	351PED/2020
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-4171
Domeniul de cercetare:	6.1 Patrimoniu
Titlul:	<i>Sine qua non: calibrarea vârstelor de radiocarbon și corectarea efectului rezervorului de apă dulce în sud-estul României (calib-ro)</i>
Acronim:	CALIB-RO
Data începere proiect:	28.08.2020
Data finalizare proiect:	27.08.2022
Durata (luni):	24
Buget total:	600000
Sursa 1 Bugetul de stat	600000
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	N/A
Pagina web proiect:	https://calib-ro.unibuc.ro/results/
Instituția coordonatoare:	Universitatea din București
Director de proiect:	Gabriel Marius Popescu
Partener 1 proiect (P1):	Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” (IFIN-HH)
Partener n proiect (Pn):	N/A

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

Proiectul *Sine qua non: calibrarea vârstelor de radiocarbon și corectarea efectului rezervorului de apă dulce în sud-estul României / Sine qua non: calibration of radiocarbon ages and correction of the freshwater reservoir effect in Southeastern Romania (calib-ro)*, cod proiect PN-III-P2-2.1-PED-2019-4171, nr. Contract 351PED/2020, reprezintă un proiect de cercetare de tip experimental demonstrativ (PED), coordonat de Universitatea din București (Institutul de Cercetări al Universității din București, divizia Archaeosciences), în parteneriat cu Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei” (IFIN-HH) în calitate de Partener 1.

Obiectivele generale ale proiectului au fost acelea de a obține un număr consistent de

date de radiocarbon și de izotopi stabili, obținute din situri arheologice, preistorice, situate în Câmpia Română și corelarea acestora cu date deja existente în literatura de specialitate. Obiectivul principal a fost acela de a evalua posibilitatea ca unele dintre datele de radiocarbon, obținute din probe de oase umane, să fi fost afectate de existența unui efect de rezervor de apă dulce, în cazul în care comunitățile preistorice ar fi utilizat în proporție ridicată resurse de hrană acvatică de apă dulce. Acest lucru este important de știut, deoarece, datele afectate de acest efect de rezervor pot fi, în mod artificial, substanțial mai vechi decât în realitate și implicit să afecteze încadrările cronologice ale unor fenomene, evenimente, straturi culturale, situri ș.a.m.d. Pentru a putea cuantifica acest efect de rezervor este necesară obținerea și compararea datelor radiocarbon și de izotopi stabili ($\delta^{13}C$ și $\delta^{15}N$), obținute din oase de ierbivor (care nu sunt afectate de acest efect de rezervor) și din oase umane, din *aceleași contexte* de depunere. În principal, pentru realizarea acestui deziderat, colagenul extras din probele osteologice (umane și de ierbivor) a fost utilizat atât pentru măsurarea izotopului ^{14}C , în vederea datării absolute, dar și pentru extragere izotopilor stabili, mai ales ^{15}N , pentru setarea impactului dietei acvatice în cadrul comunităților umane din trecut.

În cadrul proiectului nostru am reușit să obținem un număr consistent de date de radiocarbon și o serie de date izotopice, atât cât a fost posibil, având în vedere calitatea probelor disponibile (starea de conservare și cantitatea de colagen păstrată în oase nu au fost întotdeauna satisfăcătoare, mai ales în privința analizelor de izotopi), precum și unele probleme tehnice survenite la laboratoarele noastre de analiză, pe parcursul desfășurării programului. Trebuie să menționez că problemele tehnice ale ambelor laboratoare implicate în efectuarea analizelor necesare acestui proiect, ne-au afectat fluxul de lucru din Etapa a II-a și o parte din etapa a III-a de implementare a proiectului și implicit au condus la întâzieri în realizarea livrabilelor. De asemenea, un alt impediment a fost acela că, nu a fost întotdeauna posibil să recoltăm probe pereche, ierbivor-uman, din aceleași contexte de descoperire, o condiție obligatorie pentru a putea cuantifica și eventual corecta, efectul de rezervor. Aceste impedimente au avut, în mod inevitabil, un impact negativ în privința ritmului de obținere a rezultatelor și a diseminării acestora. Nu în ultimul rând, mai menționăm că restricțiile legate de pandemia de COVID-19 au afectat într-o măsură mai mare activitățile din Etapele II și III.

Dincolo de aceste impedimente, independente de voința echipei de proiect, au fost identificate soluțiile optime pentru atingerea indicatorilor prognozați, în așa fel încât implementarea proiectului și atingerea obiectivelor să nu fie afectate. Astfel, echipa CALIB-RO a obținut o serie de rezultate excepționale pentru nivelul actual al domeniului radiocarbon din România, dar și din Europa. Acestea au fost publicate sau prezentate în publicații științifice prestigioase (Q1), ori în cadrul unor conferințe/congrese științifice interne și internaționale. Aceste rezultate sunt importante pentru dezvoltarea domeniului radiocarbon cu aplicație specială în disciplinele arheologiei/geologiei, discipline axate pe utilizarea marker-ilor izotopici ^{14}C pentru setarea intervalelor de timp absolute legate de anumite straturi sau situri. Nu în ultimul rând, cercetarea experimental-demonstrativă realizată în cadrul proiectului a permis colectarea unor informații mai puțin cunoscute (sau necunoscute) până în prezent, referitoare la contextul bio-social al societăților neolitice din regiunea studiată (în special din mileniul al V-lea BC), dieta, organizare spațială a așezărilor, dinamica populației, informații genetice, ale

populațiilor respective, așa cum reiese din studiile și comunicările menționate în rapoartele științifice și tehnice.

Așa cum reiese din rezultatele obținute, în special pe Valea Mostiștei, efectul de rezervor nu pare să fi avut un impact deosebit asupra datelor de radiocarbon, având în vedere faptul că hrana de apă dulce nu a fost elementul preponderent în dieta acestor comunități. De altfel, acest fapt s-a putut observa în special pe baza analizelor efectuate în siturile de la Gumelnița (jud. Călărași) și de la Sultana (jud. Călărași), unde media efectului de rezervor a fost decelată la 147 ani. Cu toate acestea, considerăm că aceasta rămâne o problemă deschisă care necesită obținerea mai multor date, pe viitor, având în vedere că colaborarea instituțională dintre partenerii acestui proiect va continua și după încheierea acestui proiect, iar potențialul obținerii unor rezultate promițătoare pe viitor este unul deja evidențiat.

Alături de studiile realizate, produsul final al proiectului CALIB-RO este reprezentat de 2 aplicații de corectare a efectului de rezervor din bazinul Dunării de Jos, bazate pe efectul de rezervor calculat în siturile de la Gumelnița și Cernica, corelat cu efectul de rezervor stabilit anterior pentru zona Porților de Fier. Cele 2 aplicații sunt disponibile online, pe web, într-un format freeware, fiind disponibile la următoarele adrese:

- https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V1/

- https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V2/

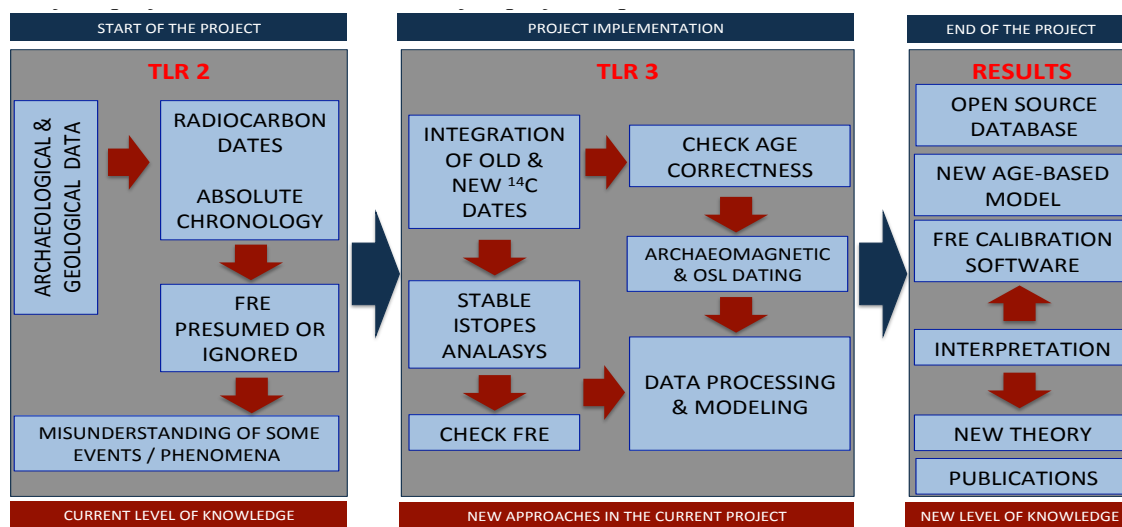
Prin urmare, se poate spune, în stadiul actual al cercetării, că pentru această perioadă și regiune pe care am reușit să le acoperim, nu se constată diferențe flagrante între datele de radiocarbon obținute pe probe extrase din oase de ierbivor și acelea obținute pe probe extrase din oase umane. Acesta este un rezultat, în sine, motiv pentru care obținerea unui instrument de corectare a datelor nu este pentru moment necesar și, în stadiul actual al rezultatelor, nu poate fi obținut.

Având în vedere cele arătate mai sus, considerăm că gradul de realizare a obiectivelor propuse de proiectul în discuție este 100%, în ciuda dificultăților întâmpinate, studiile publicate și aplicațiile web dezvoltate de echipa UB și IFIN-HH, reprezentând singurul *instrument digital* (online freeware) disponibil în România sau țările vecine, pe care le punem gratuit la dispoziția celor interesați în efectuarea corectării efectului de rezervor al datelor radiocarbon (arheologi, istorici, biologi, geologi, geografi etc.).

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

Pe baza rezultatelor obținute până în prezent, în special pentru Valea Mostiștei și Valea Dunării, prin intermediul comparării datelor de radiocarbon (^{14}C) și izotopi stabili ($d^{13}\text{C}$, $d^{15}\text{N}$), provenite de la ierbivore și oameni, efectul de rezervor nu pare să fi avut un efect important asupra vechimii datelor de radiocarbon. Deși dispunem de un număr consistent de date de radiocarbon, va fi necesară obținerea mai multor date pereche, ierbivor-uman, din aceleași contexte pentru a putea contura mai clar magnitudinea efectului de rezervor și elaborarea unui instrument de corectare valabil pentru o zonă geografică mai largă, adecvată sudului României. În aceste condiții, nivelul de maturitate tehnologică (TRL) poate fi considerat

la nivel optim, conform datelor prezentate graficul de mai jos:



3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Având în vedere cele menționate în secțiunile anterioare, precum și rapoartele științifice de etapă, considerăm că gradul de atingere al rezultatelor estimate este de 100%, în cazul unor livrabile (publicațiile, aplicații), numărul acestora estimat la depunerea propunerii de proiect, fiind depășit.

Produsul "curba de calibrare a efectului de rezervor de apa dulce (ERAD) și pachetul de calibrare open-source" aferent Activității 3.2. din etapa nr. 3 proiectului 351PED, reprezintă corolarul rezultatelor obținute de către echipa CALIB-RO. Inițial s-a prognozat realizarea unei singure aplicații, însă în final, în urma cercetării experimental-demonstrative realizate de echipa de proiect, au rezultat două aplicații web pentru efectuarea corectării efectului de rezervor.

Aceste aplicații sunt disponibile în regim online freeware și vor constitui primele *digital tools* valabile în România, cu aplicație în domeniile arheologie, istorie, patrimoniu cultural, biologie, ecologie, genetică, geologie, geografie etc.

i). Prima aplicație (Aplicația 1), disponibilă online, la linkul de aici: https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V1/. Aceasta este arhivată împreună cu codul sursă pe Github, fiind disponibilă online, la următorul link: https://github.com/gmpopescu/FRE_Correction_V1. Aplicația este utilă pentru contextele în care efectul de rezervor al unei regiuni este cunoscut. Utilizatorul trebuie să introducă informația referitoare la efectul de rezervor al regiunii, data de radiocarbon și abaterea standard, precum și procentul de hrană acvatică, cu abaterea standard, determinate în urma analizei izotopilor stabili. Utilizatorul obține astfel data corectată și abaterea standard, pentru a putea apoi să calibreze data corectată, cu ajutorul software-urilor de calibrare, consacrate. Interfața aplicației este *user-friendly*, fiind concepută în limba engleză, pentru o utilizare extinsă în rândul utilizatorilor din țară și din străinătate.

Freshwater Reservoir Effect correction of radiocarbon dates for contexts where the maximum FRE of the region is known

Maximum FRE of the region

Standard deviation of the region's maximum FRE

14C date

14C standard deviation

Percentage of aquatic resource in diet

Standard deviation of the percentage of aquatic resource in diet

Calculate

Captură web a interfeței online de utilizare freeware a aplicației 1 de corectare a efectului de rezervor.

ii). Cea de-a doua aplicație (Aplicația 2) este complementară celei dintâi, fiind disponibilă aici: https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V2/. Și această aplicație este arhivată, de asemenea, împreună cu codul sursă pe același web-site ca și în cazul anterior (Github), putând fi accesată aici: https://github.com/gmpopescu/FRE_Correction_V2. Această a doua aplicație este utilă pentru situațiile arheologice, pentru care există date 14C pereche, obținute pe oase de ierbivor și om, recuperate din aceleași contexte arheologice (locuință, vatră, atelier de cioplire, groapă de provizii, groapă menajeră etc., depuse (contextual și stratigrafic) în același timp – exclus în situații de depuneri/îngropări secundare). Utilizatorul trebuie să introducă variabilele cerute – vezi explicațiile detaliate din Github și obține efectul de rezervor, procentajul de hrană acvatică și data de radiocarbon corectată, împreună cu abaterea standard. Acestea din urmă, ca mai sus, se calibrează cu ajutorul software-urilor pentru calibrare.

Freshwater Reservoir Effect correction of radiocarbon dates for human-herbivore paired dates

Herbivore 14C date

Herbivore 14C date standard deviation

Human 14C date

Human 14C date standard deviation

Carbon 13 stable isotope value (herbivore)

Carbon 13 stable isotope value (human)

Nitrogen 15 stable isotope value (herbivore)

Nitrogen 15 stable isotope value (human)

Carbon 13 stable isotope value (100% terrestrial diet)

Carbon 13 stable isotope value (100% aquatic diet)

Nitrogen 15 stable isotope value (100% terrestrial diet)

Nitrogen 15 stable isotope value (100% aquatic diet)

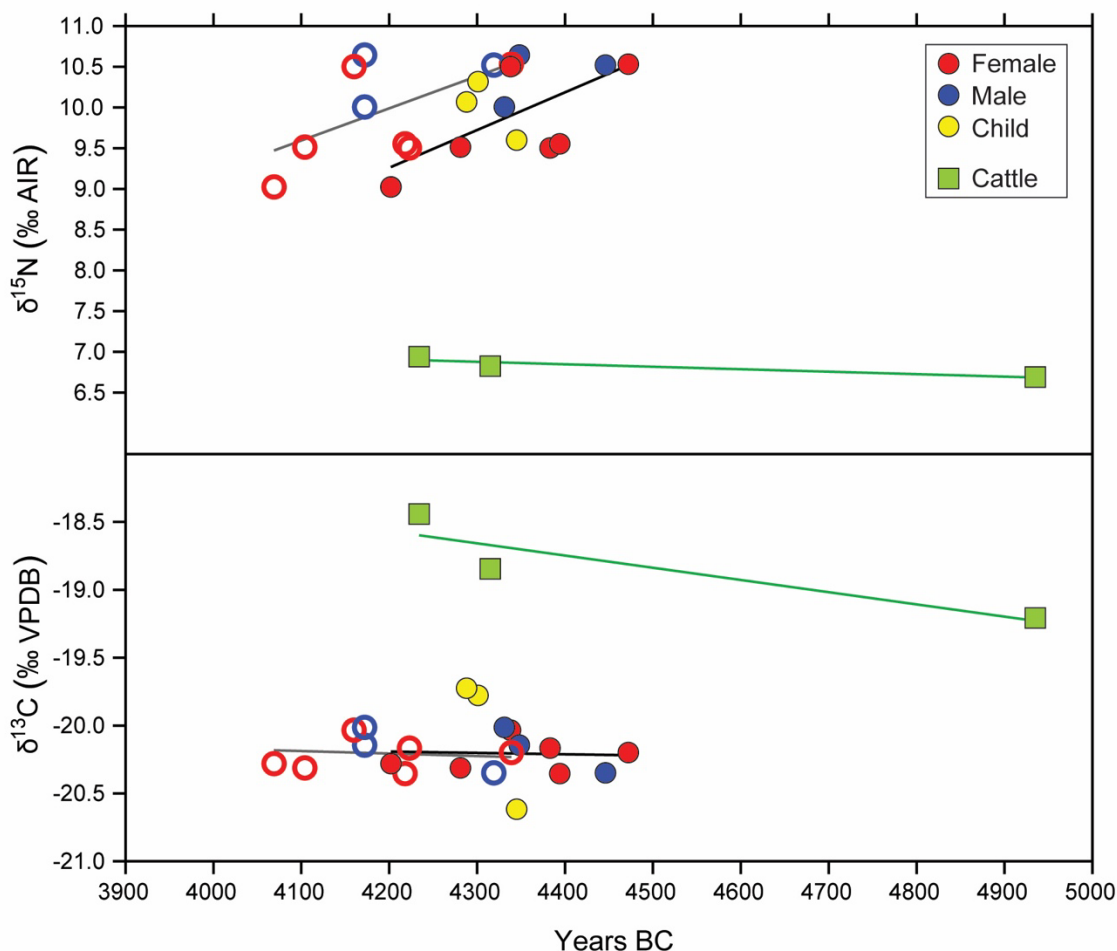
Calculate

Captură web a interfeței online de utilizare freeware a aplicației 2 de corectare a efectului de rezervor.

Potențialii utilizatori pot folosi cele două aplicații gratuit (*freeware*), online, iar codul sursă, scris în mediul de programare statistică **R**, este gratuit și liber (*open-source*) pentru orice utilizator interesat în personalizarea, modificarea, îmbunătățirea acestora, pentru a se plia contextelor și întrebărilor de cercetare, pe care utilizatorul le adresează. Tocmai din acest motiv, îndemnăm potențialii utilizatori să consulte, în egală măsură, atât aplicația web, cât și (mai ales) fișierele încărcate pe Github (codurile sursă în R și documentele *readme*), însoțite de explicațiile necesare utilizării și modificării celor două aplicații. De asemenea, mai precizăm că cele două aplicații de corectare a efectului de rezervor sunt complementare, ele reflectând modalitatea de realizare a cercetării, în funcție de datele disponibile (cantitativ vs. calitativ). În acest fel, echipa CALB-RO a depășit prognoza inițială pe această categorie de livrabile. Ambele aplicații vor fi întreținute și dezvoltate pe mai departe de către echipa noastră, dar, așa cum spuneam mai sus, acestea pot fi mai departe personalizate și dezvoltate de către toți cei interesați având în vedere caracterul gratuit și liber al acestora.

Totodată, aceste produse finale (*digital tools*) sunt legate de partea metodologică dezvoltată în cadrul proiectului nostru. Astfel, corectarea datelor de radiocarbon (^{14}C), obținute din eșantioane de oase umane, atunci când rezultatele analizelor de izotopi stabili de Carbon 13 (d^{13}C) și Azot 15 (d^{15}N) o impun, este prezentată în detaliu, în studiul „Unravelling the resilience of the KGK VI population from the Gumelnița site (Romania) through stable isotopes”, semnat de Garcia-Vasquez et al. 2023, acceptat spre publicare în revista Scientific Reports, Ref: Submission ID 35596698-6d50-4b68-8ce1-1ce6d2b9db31 (vezi secțiune 5 a acestui document). Pentru a reconstrui dieta populației din Gumelnița, am folosit software-ul de modelare Bayesiană FRUITS (Reconstituirea Alimentației Folosind Semnale Izotoice Transferate). Efectul de rezervor de apă dulce al regiunii Porțile de Fier din bazinul Dunării, pentru o dietă 100% acvatică a fost stabilizat la 545 ± 70 ^{14}C ani. Pentru a corecta datele de radiocarbon uman pentru efectul de rezervor, procentul de hrană de apă dulce din dieta obținut de FRUITS a fost utilizat pentru a obține corecția efectului de rezervor, în conformitate cu recomandările din literatura de specialitate ($\text{FW}_{\text{corr}} \pm \text{FW}_{\text{corr/err}}$). Datele radiocarbon au fost calibrate folosind OxCal 4.4.95 și curba de calibrare Intcal20 de la Reimer et al. 2020, aplicând corecția efectului de rezervor numai pentru oameni adulți.

Mai trebuie precizat că rezultatele prezentate în acest articol, referitoare atât la dieta populațiilor neolitice din situl arheologic de la Gumelnița și, prin extensie, la regiunea Mostiștea - sudul Câmpiei Române (localizate în proximitate maxim – 30 km), cât și la implicațiile pe care aceasta le poate avea asupra datărilor cu radiocarbon, pe oase umane, se corelează foarte bine cu alte rezultate din regiune, cum ar fi acelea din siturile arheologice de la Cernica sau cele de la Sultana-Malu Roșu (aflat în pregătire de publicare). Aceste rezultate demonstrează o pondere moderată a hranei acvatice în dieta indivizilor umani adulți, care nu depășește, în medie, 30 % din întregul spectru alimentar, ceea ce probează un efect moderat al rezervorului de apă dulce, care nu afectează în mod flagrant datele de ^{14}C . În medie, efectul de rezervor se situează între 100-140 de ani și toate datele afectate de acesta rămân în aceleași limite cronoculturale, ca mai înainte (e.g., complexul cultural KGK-VI). Modul de distribuție al efectului de rezervor în cazul populației umane de la Gumelnița, coroborate cu valorile obținute pe ierbivore, este prezentat în graficul de mai jos.



Valorile $d_{15}N$ și $d_{13}C$ pentru scheletele umane de la Gumelnița, raportate la datele de radiocarbon cal. BC. Datele calibrate fără efect de rezervor sunt marcate prin cercurile și pătratele umplute, iar datele calibrate cu efectul de rezervor sunt marcate prin cercurile goale. Linia neagră reprezintă regresia datelor calibrate din probe scheletice umane fără efect de rezervor, linia gri reflectă regresia acelorși date calibrate cu efectul de rezervor, iar linia verde reprezintă regresia bovinelor (ierbivore) (după Garcia-Vasquez et al. 2023).

Complementar la aplicațiile web și studiul metodologic menționat anterior, rezultatele proiectului în discuție, legate strict de corectarea efectului de rezervor, includ și bazele de date legate de izotopi stabili și radiocarbon, publicate în cadrul unor reviste indexate Q1 și Q2, în cadrul materialelor suplimentare. Respectiv studiile sunt open-access, iar accesul la bazele de date este 100% gratuit, online, ceea ce oferă un acces facil diverșilor utilizatori.

Astfel, toate datele utilizate în articolul publicat de Tafani et al. 2022, în *Data in Brief* (DOI: 10.1016/j.dib.2022.108114), mai precis datele de izotopi stabili – $d_{13}C$ și $d_{15}N$ (unele dintre acestea obținute în urma proiectului în discuție) sunt disponibile gratuit online, în baza de date izotopice open-access isoarch.eu (una dintre cele mai importante baze de date izotopice europene, și poate fi accesată aici: <https://doi.isoarch.eu/doi/2021.015>). Alte date izotopice ($d_{13}C$ și $d_{15}N$) inedite sunt publicate în manuscrisul acceptat la publicare în *Scientific Reports* (Ref: Submission ID 35596698-6d50-4b68-8ce1-1ce6d2b9db31), în cadrul bazei de date de la Supplementary Materials.

De asemenea, datele ^{14}C rezultate din acest proiect sunt prezentate în studiul „SINE QUA NON: INFERRING KODJADERMEN-GUMELNIȚA-KARANOVO VI

POPULATION DYNAMICS FROM AGGREGATED PROBABILITY DISTRIBUTIONS OF RADIOCARBON DATES” publicat în celebra revistă Radiocarbon în 2023 (DOI: 10.1017/RDC.2023.6), sunt publicate, ca baza de date, alături de protocolul analitic statistic realizat în R, online, gratuit: pe www.zenodo.org aici: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5701136>.

Alte date ¹⁴C obținute în proiectul CALB-RO sunt disponibile online și open-access în Supplementary Materials din studiile publicate în Sciences (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abm4247>) sau *in press*, tot în revista Radiocarbon (DOI:10.1017/RDC.2023.22), precum și în capitolul din cadrul monografiei de sit sit, Brăilița, publicate în 2022, la editurile Istros & Cetatea de Scaun (https://www.researchgate.net/publication/369559367_THE_ABSOLUTE_DATING_OF_THE_PREHISTORIC_NECROPOLISES_FROM_BRAILITA).

Având în vedere toate acestea, mai ales caracterul open-access și freeware, online, al aplicațiilor, împreună cu codul sursă (postate pe Github), bazelor de date și partea metodologică, considerăm că gradul de atingere al rezultatelor proiectului tip PED CALIB-RO este 100%, fiind depășii indicatorii prognozați inițial. De asemenea, toate aceste date sunt disponibile online, freeware, pe pagina web a proiectului în discuție (<https://calib-ro.unibuc.ro>).

În final mai precizăm că notorietatea și accesul liber al acestor baze de date și publicații de top internaționale, în care s-au publicat open-access rezultatele proiectului nostru, oferă o vizibilitate mult mai largă a acestora, mai ales temporală, în comparație cu un web-site de proiect (care are de obicei caracter temporar). De asemenea, echipa de proiect a susținut, prin maniera de diseminare, conceptului de Știință Deschisă (Open Science), așa cum se poate observa din cele de mai sus, astfel că atât datele rezultate, cât și protocoalele de cercetare, sunt disponibile utilizatorilor din țară sau străinătate, în limba engleză, prin intermediul bine-cunoscutelor depozitare internaționale de date Zenodo, Github, IsoArch etc.

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Impactul rezultatelor obținute, pentru comunitatea științifică internă și internațională este unul important, de durată, și a deschis posibilitatea unor cercetări viitoare, prin intermediul celor două instituții partenere.

Dintre rezultatele obținute, menționăm următoarele 4 studii, publicate, acceptate la publicare sau *in press* în reviste de top Q1 (Science, Radiocarbon, Scientific Reports, Data in Brief), deoarece acestea reflectă irefutabil evoluția cercetării din România de la nivel de ,cercetare reproductivă’ la cel de ,cercetare inovativă’.

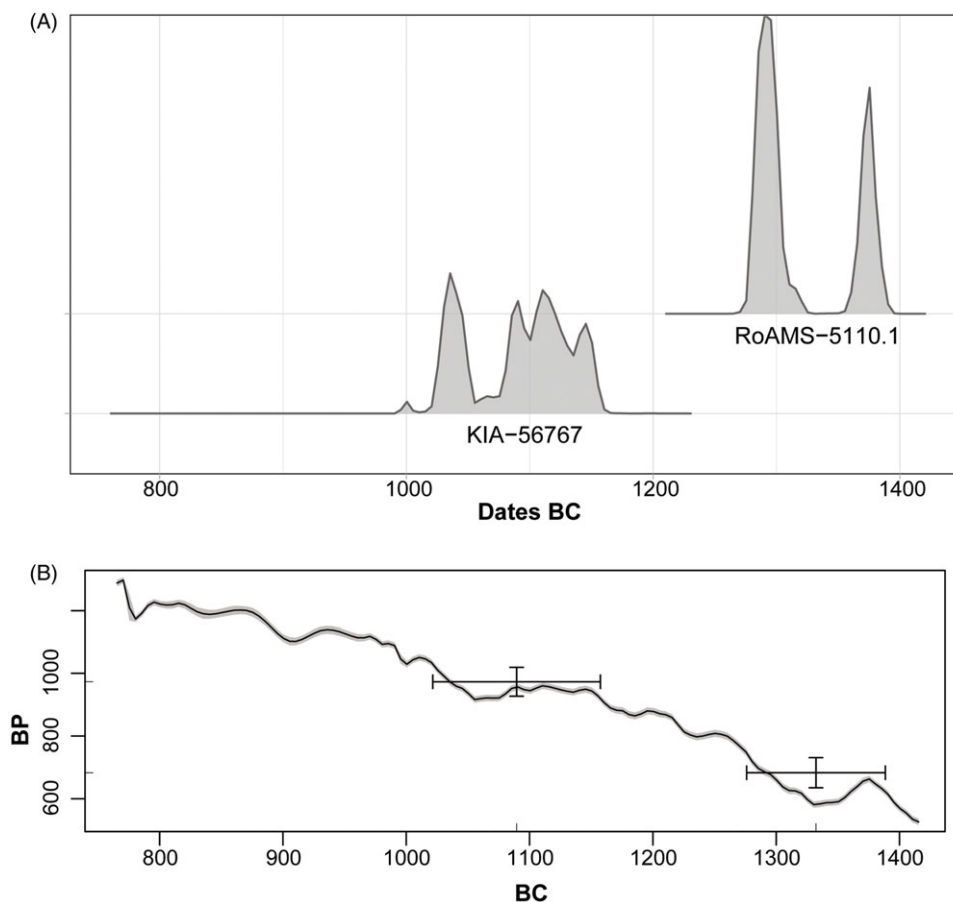
i). Participarea membrilor echipei CALIB-RO la cel mai mare proiect de paleogenetică preistorică din lume (peste 200 de specialiști din instituții de top din Europa, Asia și America de Nord), ce a vizat reconstituirea istoriei genetice a unora dintre cele mai vechi civilizații din istoria umanității, care au apărut și au înflorit în „Arcul de Sud” dintre Europa și Asia, o regiune geografică care se întinde din Caucaz și Levant, de-a lungul Anatoliei și Mării Egee până în Balcani (<https://unibuc.ro/echipa-archaeosciencesro-a-icub-implicata-in-realizarea-a-trei-articole-de-paleogenetica-publicate-in-revista-science/>). De-a lungul acestui arc s-au cristalizat

și s-au răspândit diverse culturi umane preistorice și antice. Acestea au avut un impact profund asupra civilizației umane în ansamblu, unele dintre trăsăturile acestora supraviețuind până în prezent. Cu toate acestea există încă multe lacune privind cunoașterea lor, iar cercetarea noastră, deși a fost demarată încă din 2011 este încă la început. Studiul rezultat a adus noi date la nivel genetic privind răspândirea liniilor anatoliene și indo-europene în lume, fiind o abordare metodologică *cross-fusion* între genetică și lingvistică, a fost publicat în prestigioasa publicație Science în august 2022 (<https://doi.org/10.1126/science.abm4247>). Impactul asupra domeniului: Racordarea rețelei CDI din România la rețeaua de specialiști în paleogenetică din peste 20 de țări de pe tot mapamondul și promovarea datelor științifice din România în publicații de top internaționale.

ii). În 2020 echipa CALIB-RO demara un meta-studiu privind integrarea datelor absolute ^{14}C într-un model diacronic de expansiune geografică a populațiilor preistorice din nordul Balcanilor, de acum 6000 de ani. Dinamica populației umane din trecut joacă un rol cheie în modelele integrate de înțelegere a schimbărilor socio-ecologice de-a lungul timpului. Cu toate acestea, puține analize pe această temă au fost efectuate pentru societățile preistorice din zona Dunării de Jos și Balcanii de Est. Aici, folosim distribuțiile de probabilitate însumate ale datelor radiocarbonului pentru a investiga dinamica potențială a populației cu variații regionale și locale. Studiul nostru adoptă o abordare formală de testare a modelelor pentru înregistrarea arheologică de radiocarbon din mileniul al V-lea î.Hr., realizând o analiză comparativă la nivel de regiune a traiectoriilor demografice ale zonei de-a lungul Dunării de jos. Urmăm cadrul actual al modelelor teoretice de creștere a populației și efectuăm teste de semnificație globală și regională și de permutare spațială asupra datelor. Mai exact, investigăm dacă populațiile de pe ambele maluri ale Dunării urmează un model logistic de creștere constantă, urmată de o scădere majoră în timp. În cele din urmă, analiza noastră a creșterii la scară locală investighează dacă o eterogenitate sau omogenitate considerabilă în regiune poate fi observată în intervalul de timp considerat aici. Rezultatele arată atât asemănări, cât și diferențe în tendințele populației din zonă. Descoperirile noastre sunt prezentate în legătură cu caracteristicile culturale ale societăților din mileniul 5 î.Hr. din regiune și sunt, de asemenea, sugerate direcții viitoare de cercetare. Deși la acest studiu sunt coautori din SUA și Franța, ideea proiectului se datorează 100% echipei românești, ea fiind dezvoltată în cadrul laboratorului de Digital Archaeology al platformei ArchaeoSciences#RO. Impactul asupra domeniului: un articol publicat în prestigioasa publicație Q1 Radiocarbon (Popescu G., Covătaru C., Opriș I., Bălășescu A., Carozza L., Radu V., Haită C., Barton C. M., Sava T., Lazăr C. 2023. Sine Qua Non: Inferring Kodjadermen-Gumelnița-Karanovo VI population dynamics from aggregated probability distributions of radiocarbon dates. Radiocarbon, DOI: 10.1017/RDC.2023.6). Considerăm că și acest studiu marchează evoluția cercetării din România de la nivel de ,cercetare reproductivă' la cel de ,cercetare inovativă'.

iii). În 2022 echipa CALIB-RO în colaborare cu cercetători din Germania (University of Kiel) și România (Institutul de Arheologie ,Vasile Pârvan' al Academiei Române și Universitatea ,Valahia' din Târgoviște, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca) demara un meta-studiu de reanalizare a arhivelor de semințe carbonizate provenite din situri neo-eneolitice de pe teritoriul României. Astfel, au fost studiate cele mai vechi înregistrări de secară din

România, un focus special fiind cel asupra semințelor din această specie descoperite în așezarea tell de la Cunești, care aparține comunităților Gumelnița (c. 4600-3900 î.Hr.). În anul 1954, din cauza unei inundații a Dunării, o mare parte din partea de sud a tellului s-a prăbușit, iar o serie de semințe de seară au fost descoperite, ulterior fiind pus în circulație, în circuitul internațional ca aparținând neoliticului. Reanalizarea lotului de la Cunești în 2022 a condus la două date cu radiocarbon, realizate în România și Germania, care indică faptul că seara de la Cunești nu este preistorică, ci aparține perioadei medievale. Pentru a corecta această eroare legată de acest lot de seară reprezentativ pentru arheologia europeană, am decis să republicăm aceste semințe într-un cadru cronologic actualizat. În plus, am efectuat analize de izotopi stabili pe boabele de semințe carbonizate, confirmând faptul că acesta a fost cultivat pe uscat, precum și o investigație morfometrică 3D. Cercetarea noastră aduce date noi și originale despre culturile de seară din perioada medievală din sud-estul Europei. La fel ca și în cazul precedent, ideea acestui proiect aparține echipei CALIB-RO. Impactul asupra domeniului: un articol *in press* la prestigioasa publicație Q1 Radiocarbon, depus în decembrie 2022 și accepta în 2 săptămâni la publicare – Golea M., Garcia-Vazquez A., Mircea C., Carcimaru M., Sava G., Mueller J., Wiebke K., Lazar C. Re-visiting archived rye grains discovered at the Neolithic site Cunești (Romania) – DOI:10.1017/RDC.2023.22. Considerăm că și acest studiu marchează evoluția cercetării din România de la nivel de ,cercetare reproductivă’ la cel de ,cercetare inovativă’.



Graful calibrării datelor ^{14}C obținute pe semințele de seară carbonizate din stul arheologic Cunești. (A). Datele calibrate; (B) Integrarea datelor ^{14}C de la Cunești în curba de calibrare.

iv). În 2021 echipa CALIB-RO demara un alt meta-studiu privind comunitatea umană din situl Gumelnița și modelul de viață a acestor comunități, în corelație cu variabilele de paleomediu, paleoclimatice și izotopice. Astfel, s-a observat că comunitățile umane desemnate drept complexul cultural Kodjadermen-Gumelnita-Karanovo VI (KGK VI) s-au dezvoltat în perioada atlantică (6900-3700 cal.î.Hr.), o perioadă umedă și caldă, conform clasificării lui Blytt & Sernander. La sfârșitul acestei perioade (c. 4100–3700 cal.BC), clima a devenit mai rece și mai uscată. Această tranziție către următoarea perioadă (sub-boreal) a fost stabilită de evenimentul climatic de la 5,9 kya BP (evenimentul Bond 4). Evenimentul respectiv a fost observat și în studiile biomarkerilor lipidici, ai polenului și ai speleotemelor din Munții Carpați și constă în scăderea precipitațiilor și creșterea aridității, alături de un proces de răcire a temperaturii (după 4300 cal.BC). „Șocul” produs de schimbările climatice a dus la un colaps economico-cultural, care a provocat declinul și mai apoi dispariția majorității așezărilor de tip tell atribuite comunităților umane KGK VI, începând cu intervalul cuprins între 4350 cal.BC și 4200 cal.BC. În această perioadă (până în 4200 cal.BC), s-au prăbușit și alte „culturi” contemporane din această parte a Europei (de exemplu, Tiszapolgár în Transilvania; sfârșitul Cucuteni A-B și începutul fazei B1 în Moldova; apariția stilului ceramic Cucuteni C în aceeași regiune; sau apariția grupului de stepă Decea Mureșului în Transilvania și Pannonia). De asemenea, foarte important și interesant, acest fenomen a fost observat și pe un model realizat pentru semnalul arheologic KGK VI bazat pe distribuția probabilității agreate pe datele 14C publicat de Popescu et al. 2023 în Radiocarbon (DOI: 10.1017/RDC.2023.6). Aceasta demonstrează corelarea studiilor paralele desfășurate în cadrul proiectului în discuție, inclusiv la nivel de rezultate absolute. Mai mult, precizăm că comunitatea umană de la Gumelnița este prima comunitate rezilientă demonstrată la nivel de final de neolitic/eneolitic în sud-estul Europei. În acest sit s-a putut decela nu doar fenomenul de reziliență în fața schimbărilor climatice (acum 6000 de ani), dar și soluțiile adoptate de comunitatea umană de aici pentru a supraviețui schimbărilor climatice drastice, mai precis selectarea unor soiuri de cereale rezistente la ariditate și temperaturi scăzute (meiul – folosit în proporție de peste 70% în cadrul economiei agrare), precum și un posibil sistem de irigații preistoric, primul din Europa. Impactul asupra domeniului: un articol *acceptat* la publicare la prestigioasa publicație Q1 Scientific Reports, depus în decembrie 2022 – Garcia-Vazquez et al. 2023 „Unravelling the resilience of the KGK VI population from the Gumelnița site (Romania) through stable isotopes” (Ref: Submission ID 35596698-6d50-4b68-8ce1-1ce6d2b9db31). Considerăm că și acest studiu marchează evoluția cercetării din România de la nivel de ‚cercetare reproductivă’ la cel ‚cercetare inovativă’.

Demne de subliniat pentru impactul în mediul științific internațional sunt și cele două aplicații de calibrarea al efectului de rezervor, disponibile open-source, open-access, freeware și online (Aplicația 1: https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V1/; Aplicația 2: https://gmpopescu.shinyapps.io/FRE_Correction_V2/). Acestea sunt primele aplicații *open-source* dezvoltate în sud-estul Europei, fiind un veritabil instrument digital pentru domeniile care utilizează datele 14C pentru setarea intervalelor cronologice absolute (e.g., arheologie, geologie, istorie, biologie, speologie, geografie, paleoclimatologie, geoarheologie, istorie șamd). Impactul multiplu asupra unor domenii variate demonstrează indubitabil caracterul novator al livrabilelor realizate în cadrul proiectului CALIB-RO.

Având în vedere toate cele prezentate anterior, considerăm că proiectul în discuție a obținut impactul prognozat pe segmentele de public țintă stabilite inițial.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

Diseminarea rezultatelor proiectului a constituit un element foarte important în demersul nostru științific, urmărindu-se valorificarea rezultatelor științifice obținute. Aceasta s-a realizat prin intermediul unor articole științifice în reviste internaționale de prestigiu, precum și prin intermediul unor comunicări științifice (pe plan intern și internațional), alături de organizarea unor evenimente prognozate (vezi secțiunea 6 a acestui document). În principal, în perioada de implementare evaluată, procesul de diseminare intermediară și finală a datelor obținute de către consorțiul proiectului, s-a desfășurat anacronic, datorită pandemiei COVID-19 și restricțiilor de contact impuse de acesta. Singurul efect al acestei situații a fost reprezentat de nerealizarea a două evenimente organizate, propuse inițial, dar care datorită caracterului fizic pe care-l impuneau, nu au putut fi susținute online.

Procesul diseminării s-a desfășurat în conformitate cu Anexa II – Plan de Realizare a Proiectului Complex din Contractul de finanțare, mai exact secțiunile II.a – Agenda Comună a Proiectului Complex și II.b – Planurile de Realizare ale Proiectelor Componente și a ținut cont de obiectivele particulare și specifice ale celor 5 proiecte componente.

Nr.crt.	Publicație	Statut
1	Popescu G., Lazăr C. 2022. Datarea absolută a necropolelor de la Brăilița. In: V. Sirbu, C. Schuster (eds.), Necropolele preistorice de la Brăilița, în zona Dunării de jos. O nouă abordare. București, Editura Cetatea de Scaun & Editura Istros, pp. 247-263. (capitol la editură din țară).	Publicat
2	Golea, M., García-Vázquez, A., Kirleis, W., Mircea, C., Cărciumaru M., Mueller, J., Sava, G., Lazăr, C. 2023. Re-visiting archived rye grains discovered at the Neolithic site of Cunești (Romania). Radiocarbon. Manuscript ID: RDC-2022-0122.R1 (articol Q1)	In press
3	García-Vázquez, A., Bălășescu, A., Vasile, G., Golea, M., Radu V., Ignat, T., Culea, M., Covătaru C., Lazăr 2023. Unravelling the mixed terrestrial-aquatic diet of the Chalcolithic human population of the Gumelnița site (Romania) through stable isotopes. Scientific Reports. Manuscript ID 35596698-6d50-4b68-8ce1-1ce6d2b9db31 (articol Q1).	Acceptat
4	Margariti, C., Sava, G., Sava, T., Boudain, M., Nosch, N.L. 2023. A Review of the Application of Radiocarbon Dating of Archaeological Textiles from Greece at Different States of Preservation. Heritage Sciences (articol Q1).	Publicat
5.	Boroneant, A., Drasovean, F., Lazar, C. 2023. The absolute chronology of Romanian Neo-Eneolithic. In: V. Sirbu (ed.), The Romanian Prehistory. Vol. 1, UISPP. (capitol la editură străinătate).	Acceptat

6	Bodi, G., Gligor, M., Lazar, C. 2023. The Neo-Eneolithic funerary practices. In: V. Sirbu (ed.), The Romanian Prehistory. Vol. 1, UISPP. (capitol la editură străinătate).	Acceptat
7	Strontium Isotope and Proteomic Analyses of Tooth Enamel at Gumelnița site (Romania): a Step towards a Better Understanding of Life Histories of the Eneolithic human groups. <i>Archaeometry</i> . (articol Q1).	În curs de depunere
8	Aurélien Tafani, Cătălin Lazăr, Robert H. Tykot, <i>Stable Isotope Data of Neolithic and Eneolithic Populations in the Balkans, 6600 to 4000 BC, Data in Brief</i> , 42, 108114, https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108114 (Q1)	Publicat
9	Iosif Lazaridis ... Cătălin Lazăr et al. 2022. The genetic history of the Southern Arc: a bridge between West Asia and Europe. <i>Science</i> , 377, 6609, https://doi.org/10.1126/science.abm4247 (Q1)	Publicat
10	Gabriel Popescu, Cristina Covătaru, Ionela Opreș, Laurent Carozza, Adrian Bălășescu, Valentin Radu, Costantin Haită, Michael Barton, Tiberiu Sava, Cătălin Lazăr, 2023. Sine Qua Non: Inferring Kodjadermen-Gumelnița-Karanovo VI population dynamics from aggregated probability distributions of radiocarbon dates, <i>Radiocarbon</i> , 1-22, DOI: https://doi.org/10.1017/RDC.2023.6 (Q1).	In Press

Astfel, au fost publicate (vezi tabelul de mai sus) 3 articole ISI (Q1) în revistele *Science*, *Data in Brief* și *Radiocarbon* și un capitol de carte, la editură națională. Două articole ISI (Q1) au în prezent statutul de *In press* (sub tipar), la revista *Radiocarbon*. Un alt articol este acceptat la publicare în revista ISI (Q1), *Scientific Reports*, alături de alte două capitole de carte, pentru UISPP, la editură din străinătate. Un articol este în prezent în curs de depunere la revista ISI *Archaeometry* (Q1).

Acestor articole li se adaugă 15 comunicări științifice, naționale (5) și internaționale (10), susținute cu ocazia unor conferințe / congrese (vezi tabelul de mai jos).

Nr.crt.	Comunicări în cadrul unor conferințe	Statut
1	Adelina-Elena Darie, Dragoș-Alexandru Mirea, Valentin Parnic, Cătălin Lazăr. 2021. The socio-economic impact of the emergence of metal artefacts in the 5th millennium BC in southeastern Romania, 27 th European Association of Archaeologists (EAA) Annual Meeting, 6-11 sept. 2021, Kiel, Germany.	Internațional
2	Gabriel Popescu, Cristina Covătaru, Ionela Opreș, Ovidiu Frujină, Tiberiu Sava, Cătălin Lazăr, 2021. Population dynamics inferred from summed probability distributions of radiocarbon dates during the 5th millennium BCE in the Lower Danube region. 2021. 27th European Association of Archaeologists (EAA) Annual Meeting, 6-11 sept. 2021, Kiel, Germany.	Internațional
3	Cristina Covataru, Ionela Opreș, Vasile Opreș, Theodor Ignat, Cristian Panaoitu, Daniela Dimofte, Cătălin Lazăr. 2021. <i>A multidisciplinary approach to determine the temperatures and combustion trajectories of an Eneolithic construction from the off-tell occupation at Sultana- Malu Roșu (SE Romania)</i> , Sesiunea Științifică Internațională PONTICA, Ediția 54: ISTORIE ȘI ARHEOLOGIE ÎN SPAȚIUL VEST-PONTIC, 17-19 noiembrie, MINA Constanța.	Internațional
4	Cornelis Stal, Cristina Covataru, Mihai Florea, Ionela Opreș. 2021. <i>Geo-spatial thoughts, ambitions and perspectives</i> , Workshop-ul <i>1st Post-Fieldwork Meeting</i> , organizat de centrul universitar Collaborative Research Centre 1266 'Scales of Transformation' of the Christian-Albrechts-University of Kiel, Germany, în perioada 24-27 noiembrie 2021, Kiel, Germania.	Internațional
5.	Lazăr C. 2021. (co-organizer) Thematic Section407, Theme: 7. From global to local: Baltic-Pontic studies: „RECENT CHRONOLOGY: CHALLENGING COPPER AGE HISTORICAL NARRATIVES IN CENTRAL, SOUTHEASTERN AND EASTERN EUROPE”. In 27 th European Association of Archaeologists (EAA) Annual Meeting, 6-11 September 2021, Kiel, Germany, Această sesiune a cuprins 9 comunicări științifice susținute de către specialiști din Germania, Polonia, Ucraina, Cehia, Romania, Moldova, USA. Pickartz N., Șerbănescu A., Erkul E., Thorwart M., Zolchow M., Wilken D., Hofmann R., Muller J., Lazăr C., Rabbel W. 2022. <i>First multi-method results from Sultana (România)</i> . Meeting of the German Geophysical Society, 7-10 March 2022.	Internațional
6	Pickartz N., Șerbănescu A., Erkul E., Thorwart M., Zolchow M., Wilkenn D., Hofmann R., Muller J., Lazăr C., Rabbel W. 2022. Meeting of the German Geophysical Society, 7-10 March 2022.	Internațional

7	Garcia-Vazquez A., Tafani A., Bălășescu A., Vasile G., Golea M., Radu V., Snoeck C., Tykot R. H., Lazăr C. 2022. <i>Reconstructing the life in the Eneolithic site of Gumelnița (Romania): a multi-isotopic study ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, $\delta^{18}O$, $^{87}Sr/^{86}Sr$)</i> . Sesiunea Științifică Internațională CULTURĂ ȘI CIVILIZAȚIE LA DUNĂREA DE JOS, Ediția XVIII, Călărași 2 - 3 iunie 2022	Internațional
8	Covătaru C., Stal C., Lazăr C. 2022. <i>Human land-use analysis and landscape modification around Chiselet tell settlement</i> . Sesiunea Științifică Internațională CULTURĂ ȘI CIVILIZAȚIE LA DUNĂREA DE JOS, Ediția XVIII, Călărași 2 - 3 iunie 2022.	Internațional
9	Sava G., Margariti Chr., Ilie M., Mănăilescu Chr., Stan D., Sava T. 2022. <i>Chemical pretreatments protocols for ^{14}C dating of cultural heritage samples</i> . CHEMCH – 6th International Congress Chemistry for Cultural Heritage, 4 July 2022 – 8 July 2022, Ravenna, Italy.	Internațional
10	Țuțuianu L., Dobre M., Hanganu D., Sava T., Preoteasa L., Ailincăi S., Lazăr C., and Vespremeanu-Stroe A. 2022. <i>Geoarchaeological approach of the prehistoric inhabitation reconstruction of a key-region (Brăila-Jijila) from the Lower Danube Valley</i> . 10th International Conference on Geomorphology, Coimbra, Portugal, 12-16 September 2022, ICG2022-673, https://doi.org/10.5194/icg2022-673 , 2022.	Internațional
11	Popescu G.M., Opreș I., Covătaru C., Frujină O., Lazăr C. 2020 <i>Abordarea spațio-temporală a datelor de radiocarbon ale Complexului Kodjadermen-Gumelnița-Karanovo VI. Studiu preliminar</i> . Simpozionul „Cercetări arheologice și numismatice”, ediția a VI-a, 23 septembrie 2020.	Național
12	Lazăr C. 2021. <i>The human impact, multiple land-use, and exploitation of the environment in the 5th millennium BC. Sultana-Malu Roșu, a case study</i> , workshop-ul „Archeoclimate BP (I) - Interactions between climatic and environmental conditions and human societies during the Holocene in SE Europe”, 16-17 Februarie 2021, Cluj-Napoca.	Național
13	Covătaru C., Popescu G. 2021. <i>Despre datele radiocarbon din neoliticul timpuriu din Balcani</i> , workshop-ul „Archeoclimate BP (II) - Interactions between climatic and environmental conditions and human societies during the Holocene in SE Europe”, 13 mai 2021, București.	Național
14	Cătălin Lazăr, Vasile Opreș, Theodor Ignat, Dan Pîrvulescu, Adelina Darie, Mădălina Dimache, Silviu Cristache, Theodor Zavalaș, Valentin Parnic, Cristina Covătaru, Bogdan Manea, Ovidiu Frujina, Cristian Roth, Gabriel Popescu, Valentin Radu, Andreea Toma, Laurent Carozza, Adrian Bălășescu, Mihaela Golea, Gabriel Vasile. 2021. <i>Rezultatele campaniei 2021 din situl arheologic Gumelnița, jud. Călărași</i> , Simpozionul „Cercetări Arheologice și Numismatice”, ediția a VII-a, 17 septembrie 2021, București.	Național

15	Catalin Lazar, Johannes Mueller, Theodor Ignat, Vasile Opriș, Adelina Darie, Dan Pârvulescu, Adrian Majuru, Madalina Dimache, Theodor Zavalas, Valentin Parnic, Cristina Covataru, Bogdan Manea, Andreea Toma, Valentin Radu, Adrian Serbanescu, Gabriel Popescu, Cristian Panaoitu, Daniela Dimofte, Ovidiu Frujina, Cristian Roth, Vlad Ioan, Mihai Florea, Marian Voicu, Adrian Bălășescu, Mihaela Golea, Robert Hofmann, Wiebke Kirleis, Marta dal Corso, Sonja Filiatova, Mila Shatilo, Stefan Dreibrodt, Walter Dorfler, Ingo Feser, Wolfgang Rabbel, Natalie Pickartz, Manuel Zolchow, Elisabeth Glück, Maurice Enriko Weber, Ercan Erkul, Simon Fischer, Erman Lu, Eileen Eckmeier, Giacomo Bilotti, Yevhenii Sliesariiev, Khadijeh Alinezhad, Agnes Heitmann, Cornelis Stal. 2021. <i>Situl arheologic Sultana: Rezultatele campaniei 2021</i> . Sesiunea Națională de Rapoarte Arheologice, ediția a LV-a, 29-31 octombrie 2021, Sibiu.	Național
----	---	----------

De asemenea, acestora li se adaugă trei seminare / ateliere de lucru, cu participare internă și internațională (menționate în rapoartele anuale). Aceste seminare/ateliere de lucru au înlocuit școala de vară preconizată la începutul proiectului, deoarece a trebuit să ne adaptăm activitatea la situația pandemică din ultimii doi ani, la lipsa de predictibilitate pe termen scurt, la resursele disponibile precum și la dificultățile tehnice la nivelul laboratoarelor implicate în proiect, ale ambilor parteneri, menționate deja atât aici, cât și în raportarea dedicată etapei a II-a/2021 de desfășurare a proiectului (vezi tabelul de mai jos).

Nr.crt.	Seminare / Ateliere de lucru
1.	Catalin Lazar , co-organizator la secțiunea tematică 407, Theme: 7. From global to local: Baltic-Pontic studies, sesiunea fiind intitulată „RECENT CHRONOLOGY: CHALLENGING COPPER AGE HISTORICAL NARRATIVES IN CENTRAL, SOUTH- EASTERN AND EASTERN EUROPE”
2.	18th ArchaeoSciences Seminar, cu 2 key-speakers din străinătate - Dr. Thomas K. Harper (Pennsylvania State University, USA) și Dr. Aleksandr Diachenko (National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine), care au prezentat comunicarea cu titlul “Regional variability in the chronology of the Cucuteni-Tripolye cultural complex and its typological variants”.
3.	24th ArchaeoSciences Seminar, susținut de Prof. dr. Aurora Grandal d’Anglade (Universitatea A Coruna, Spania), care a prezentat comunicarea <i>Untangling the relationship of humans and animals in the past using stable isotopes: the case of the Northeast of the Iberian Peninsula since the Neolithic until the first Iron Age</i> .

Aceste seminare/ateliere au avut o deschidere largă și o bună audiență, fiind adresate atât studenților aflați la nivel de licență, masteranzilor, doctoranzilor, precum și specialiștilor experimentați, din domeniile arheologiei, istoriei, fizicii, geografiei, geologiei și biologiei. Chiar și în condiții normale, având în vedere resursele disponibile, organizarea unei școli de vară propriu-zise nu ar fi putu acoperi mai multe aspecte științifice, decât seminarele/atelierele organizate.

Consider că impactul pe termen lung, pe care astfel de proiecte îl pot avea, pentru comunitatea academică, în afara rezultatelor estimate în cadrul propunerilor de proiect, este posibilitatea constituirii unor parteneriate pe termen mediu și lung, care să valorifice

cunoștințele/rezultatele obținute până la un anumit moment. Consider că, în cazul de față, un astfel de parteneriat a fost deja pus la punct și că a fost deschisă posibilitatea continuării pe termen lung a acestei colaborări.

6. Prezentarea livrabilelor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr.
1.	Articole în periodice	7	Articole în periodice	10
2.	Comunicări științifice	10	Comunicări științifice	15
3.	Seminare / ateliere	5	Seminare / ateliere	3

Concluzii

În concluzie, implementarea proiectului tip PED - *Sine qua non: calibrarea vârstelor de radiocarbon și corectarea efectului rezervorului de apă dulce în sud-estul României (CALIB-RO)* în intervalul 2019-2022, s-a realizat în bune condiții (dincolo de anumite nuanțe mai puțin fericite, marcate de pandemia COVID-19), fiind atinse toate obiectivele propuse, fapt reflectat pe deplin de către indicatorii de rezultat obținuți și de către livrabilele realizate. Echipa consorțiului a urmărit respectarea principiilor excelenței, diseminării și integrării durabile promovate de UEFISCDI. Aceasta denotă fiabilitatea și eficacitatea echipelor de cercetare ale celor 2 parteneri implicați în proiect și complementaritatea dintre acestea, ceea ce conduce la sinergii benefice, cu un impact major la nivel național și internațional.

Director de proiect
Dr. Gabriel Marius Popescu
Institutul de Cercetare al Universității din București,
Divizia ArchaeoSciences



Data: 30.03.2023