

## MOLAB: EURÓPAI MOBIL LABORATÓRIUM KIEMELKEDŐARCHEOMETRIAI KUTATÁSOKHOZ

### MOLAB: A EUROPEAN MOBILE LABORATORY ENABLING ADVANCED STUDIES IN ARCHAEOLOGY\*

Claudia CALIRI<sup>1</sup>; Francesco Paolo ROMANO<sup>1</sup>; Brenda DOHERTY<sup>2</sup>; Francesca ROSI<sup>2</sup> &  
Costanza MILIANI<sup>3</sup>

Magyarra fordította: SZILÁGYI Veronika

<sup>1</sup>ISPC-CNR, Via Biblioteca 4, 95124 Catania, Italy

<sup>2</sup>ISTMC-CNR, Via Elce di Sotto, 8 - 06123 Perugia, Italy

<sup>3</sup>ISPC-CNR, Via Cardinale Guglielmo Sanfelice 8 - 80134 Napoli, Italy

E-mail: [claudia.caliri@cnr.it](mailto:claudia.caliri@cnr.it)

#### Abstract

*IPERION HS (Integrating Platforms for the European Research Infrastructure ON Heritage Science) project integrates distributed national facilities of recognized excellence in Heritage Science in order to foster trans-disciplinary activities aimed to the interpretation, preservation, documentation and management of Cultural Heritage. IPERION HS offers access through three platforms: ARCHLAB, FIXLAB and MOLAB (Mobile LABORatory), to a wide range of high-level scientific instruments, methodologies, expertise, data and tools distributed in 23 countries in Europe and in the Associated Countries for advancing knowledge and innovation in the field of Heritage Science. In this paper, the MOLAB platform of IPERION HS is presented; useful information regarding the access procedure for users will be also provided. Finally, the application of one of the portable and non-invasive techniques available in the MOLAB platform employed for the study of a Caravaggio painting will be briefly reported.*

#### Kivonat

*Az IPERION HS projekt (Integrating Platforms for the European Research Infrastructure ON Heritage Science) európai országok elismert örökségtudományi kutatóhelyeit foglalja egy egységes pályázati rendszerbe azzal a céllal, hogy elősegítse a humán és reál tudományterületek közötti interakciót kulturális örökségünk megértése, megőrzése, dokumentálása és kezelése érdekében. Az IPERION HS három fő platformja (ARCHLAB, FIXLAB és MOLAB) révén lehetőség nyílik a legmodernebb műszerek, speciális módszerek, szakértői segítség, adattárak és adatbázisok használatára 23 európai és egyéb Európán kívüli társult országban. Tanulmányunkban az IPERION HS projekt MOLAB (Mobile LABORatory) platformját mutatjuk be, és ismertetjük a szolgáltatásra pályázás módját. Egy esettanulmány keretében Caravaggio egyik festményének a MOLAB egyik mobil és roncsolásmentes módszerével történő vizsgálatát részletezzük.*

*A cikk eredeti angol nyelvű változata az AM jelen számában párhuzamosan elérhető ([angol szöveg](#))*

KEYWORDS: MOLAB, IPERION HS, RESEARCH INFRASTRUCTURES, HERITAGE SCIENCE

KULCSSZAVAK: MOLAB, IPERION HS, KUTATÓHELYEK, ÖRÖKSÉGTUDOMÁNY

---

\* How to cite this paper: CALIRI, C. ; ROMANO, F. P. ; DOHERTY, B. ; ROSI, F. & MILIANI, C. , (2020): MOLAB: Európai mobil laboratórium kiemelkedő archeometriai kutatásokhoz / MOLAB: an European mobile laboratory enabling advanced studies in Archaeometry (Hungarian version) **XVII/3** 171–176.

## Bevezetés

A kulturális örökség tárgyi és szellemi emlékei az európai identitás szerves részét képezik. A rendkívül összetett és szinte korlátlan mennyiségben vizsgálható értékek miatt a kulturális örökség tudományos feldolgozása hatalmas kihívás világszerte és Európában is. A 2020 áprilisában indult IPERION HS (Integrating Platforms for the European Research Infrastructure ON Heritage Science) egy új HORIZON 2020 projekt az örökségtudományban (Heritage Science, HS) tevékenykedő európai kutatóhálózat számára (ERIHS PP, Striova & Pezzati 2017, Bertrand et al. 2020). Az IPERION HS az örökségtudományban nemzetközi szinten elismert nemzeti kutatóhelyeket foglal magába. Emellett biztosítja a humán és reál tudományterületek közötti kapcsolatteremtést a nagyobb HS kutatóközpontok, kiváló kutatóhelyek, minősített kutatólaboratóriumok, restaurálási-konzerválási laboratóriumok és egyetemek szintjén. Az IPERION HS sajátos igényekre hangolt és fenntartható tevékenységek tervezésével olyan tudományterületek közötti (interdiszciplináris) párbeszédet és együttműködést támogat, amely elősegíti kulturális örökségünk megértését, megőrzését, dokumentálását és kezelését. A projekt mérföldköveknek számító, EC támogatta elődei (Labs-TECH, Eu-ARTECH, CHARISMA, IPERION CH) révén biztos tudományos és szervezeti alapokon nyugszik (CHARISMA, DARIAH ERIC 2017, Eu-ARTECH, IPERION CH, Pallot-Frossard 2016a, 2016b). Tevékenységeinek egyik alappillére a Transnational Access (TNA) nevű, 23 európai és társországban, kiemelt kutatóhelyek adataihoz, eszközeihez, berendezéseihez, szakértelméhez hozzáférést biztosító kapcsolati rendszer, amely három platformmal működik, ezek az ARCHLAB, a FIXLAB és a MOLAB. Tanulmányunkban a MOLAB (MOBILE LABORATORY) platformot mutatjuk be, annak küldetésén, szerkezetén és hozzáférési protokollján keresztül. Ezt követően az egyik, MOLAB keretében megvalósított kutatási pályázatot ismertetjük, amelyben Caravaggio egyik festményét vizsgálták a rendelkezésre álló hordozhatótechnikák egyikével.

## Az IPERION HS projekt MOLAB platformja

Az európai történelmi örökség jelentős részét képezik az emlékművek, szobrok és épületek, valamint nagyméretű műalkotások, amelyeket nem lehet elmozdítani helyükről. Emellett a mozdítható tárgyi emlékek (pl. festmények, kerámiák, drágakövek, kéziratok) esetében is gyakran nagy nehézségekbe ütközik, vagy lehetetlen azok elszállítása egy vizsgálati laboratóriumba. Ennek oka lehet a sérülés túlságosan magas kockázata vagy a szállítás és biztosítás magas költsége. Mindezek figyelembe vételével kézenfekvő a helyszínen elvégezhető, roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazása. Az IPERION HS MOLAB platformja ilyen roncsolásmentes, mozgatható és terepen, külső helyszíneken használható berendezések gyűjteményét kínálja alkalmazásra mintegy 10 európai ország, mint berendezés üzemeltető bevonásával. Ezek a hozzáférési pontok egy egységes pályázati rendszeren keresztül érhetőek el, a méréseket végző szakemberek problémaközpontú megoldást nyújtanak számos HS analitikai kérdésre széles műszeres kínálatuk és szakértelmük révén (Brunetti 2007, Miliani et al. 2010, Brunetti et al. 2016a, 2016b). Összesen 48 korszerű hordozható és roncsolásmentes műszeres technika érhető el a MOLAB platformban, például a pontanalízis, a 2D/3D-sképalkotás vagy a multispektrális / hiperspektrális képalkotás elvégzésére. Újabb fejlesztésként már a felszín alatti vagy légi távérzékeléssel elérhető módszerek is hozzáférhetőek régészeti lelőhelyek vagy műemlékek felderítése vagy dokumentálása céljából. Az **1. táblázatban** a MOLAB platformon hozzáférhető módszereket tüntettük fel.

A MOLAB vizsgálatok során több esetben azonnali eredményt kaphatunk, amely közvetlen értelmezésre, szakértői egyeztetésre is lehetőséget teremt. A pályázat során nyert adatok és azok közzétételének jogai teljes mértékben a pályázatot benyújtó kutató vagy kutatócsoport kezében vannak. A leggyakoribb MOLAB felhasználók olyan örökségtudományi kutatók (konzerválási szakemberek, művészettörténészek, régészek, restaurátorok), akik akadémiai, köz- vagy versenyszféribeli intézményeket képviselnek. A pályázás során mind egy-, mind több módszert alkalmazó vizsgálatra van lehetőség. Az anyagösszetétel vizsgálatától a kormeghatározáson át a készítés különböző fázisainak azonosításáig számos lehetőség adódik. Emellett a leletek megtartási állapotáról is szerezhető információ a megfelelő tisztítási, kezelési és tárolási protokoll kidolgozásának előkészítéséhez.

**1. táblázat: AZ IPERION HS MOLAB platformjában hozzáférhető módszerek****Table 1.: Analytical techniques available in the MOLAB platform of IPERION HS**

<b>MULTI-/HIPERSPEKTRÁLIS KÉPALKOTÁS / TÉRKÉPEZÉS</b>	<b>2D/3D ANALÍZIS</b>	<b>PONT ANALÍZIS</b>	<b>TÁVÉRZÉKELES</b>
Indukciós gradiometria	Strukturált-fény optikai 3D szkennelés 3D lézerszkennelés	Citometria, DNS és RNS szekvenálás, luminometria és gyorsteszt, PCR és elektroforézis rendszerek	Elektromos ellenálláson alapuló tomográfia (ERT)
Reflexióslátható fény (VIS) hiperspektrális képalkotás (400-1000 nm)	Akusztikus tomográfia	Elektrokémiai impedancia spektroszkópia	Talajradar
UV-VIS indukált fluoreszcencia alapú hiperspektrális képalkotás (450-1000 nm)	Digitális holografikus szemcsékép interferometria (DHSPI)	Kombinált lézer indukált plazma spektroszkópia (LIBS) /lézer indukált fluoreszcencia (LIF) /Raman spektrometria	Talajradar - közepes és nagy frekvenciás antenna
Közeli infravörös (NIR) hiperspektrális képalkotás (900-2500 nm)	Nagy felbontású digitális mikroszkópia	Kombinált XRD/XRF módszer	Lézerszkennelés
Makro-XRF szkennelés	NMR mélységprofil-analízis / relaxometria	Mikro-Raman spektrometria (532 nm)	Mágneses szuszeptibilitás mérés
Mikro-röntgenfluoreszcencia térképezés (MXRF)	Optikai koherencia tomográfia (1960 nm)	Részecske indukált röntgen-emisszió (PIXE)	Távoli LIBS spektroszkópia
Röntgenfluoreszcens konfokális leképezés	Optikai koherencia tomográfia (850 nm)	Raman spektroszkópia (785 és 1064 nm)	Távoli Raman / LIF spektroszkópia
Pásztázó VIS-NIR multispektrális reflektográfia (395-2500 nm)	Optikai profilometria	Totál reflexiós közepes / közeli FTIR	Távoli rövid hullámhosszú infravörös (SWIR) hiperspektrális képalkotás
Roncsolásmentes képalkotási módszerek a dendrokronológiában	Terahertzes képalkotás	UV-VIS fluoreszcencia időképletetés	Távoli UV LIF spektroszkópia
Hőkamerás vizsgálat – Infravörös termográfia (SIRT)		UV-VIS-NIR fluoreszcencia	Távoli VIS-NIR hiperspektrális képalkotás
Drón-vezérelt, VIS (+RGB)-hőkamerás (IRT) multispektrális képalkotás		UV-VIS-NIR reflektancia	Nagy felületű távoli VIS-NIR spektrális képalkotás
		XRF	Talaj vezetőképesség mérés
		XRD térképezés	Talaj ellenállás mérés
			Drón-vezérelt fotogrammetria és multispektrális légi modellezés
			Drón-vezérelt lézer alapú távérzékelés (LiDAR)

## ***Hogyan pályázhatunk az IPERION HS MOLAB platformjának berendezéseire?***

A MOLAB-hoz évi két alkalommal (egy tavaszi és egy őszi határidővel) lehet pályázni. Az első pályázati szezon 2020. november 2-án nyílik. A pályázatot elektronikus formában lehet benyújtani egy online felületen keresztül. A pályázat elkészítéséhez lehetőség van, és érdemes felvenni a kapcsolatot a felhasználókat támogató irodával (Access Office: [access@iperionhs.eu](mailto:access@iperionhs.eu)) szakértői tanácsadás céljából. A tapasztalatok szerint a benyújtás során igénybe vett szakmai támogatás jelentősen megnöveli a pályázat nyeresi esélyeit, szemben az ad hoc benyújtott pályaművekével. Az Európai Unió, illetve a társult vagy fejlődő országok intézményeiből vagy kis- és középállalkozásaiból pályázó személyek csak saját országukon kívüli MOLAB kutatóhelyre nyújthatnak be pályázatot (Magyarországon nincs MOLAB hozzáférési pont, így ennek a feltételnek minden magyar pályázó megfelel). A pályázatok elbírálása két lépésben történik. Először a technikai megvalósíthatóság szempontjából kell megítélni, hogy a benyújtott örökségtudományi probléma megoldásához megfelelő-e a választott módszer (vagy többmódszeres pályázatnál: módszerek). Az értékelés ezen fázisát az egyes módszerek szakértői, a műszerek üzemeltetői végzik. Amennyiben a pályamű megvalósíthatónak bizonyult, következik a benyújtott kutatási téma tudományos kiválóságának, újszerűségének és tudományterületi és/vagy társadalmi hatásának megítélése. Ezt a lépést egy nemzetközi, független HS szakértőkből álló bizottság, a Peer Review Panel (PRP) végzi. Az egy ciklusban benyújtott pályázatok elbírálása néhány hét alatt történik. Sikeres elbírálás esetén az elnyert MOLAB hozzáférés teljes mértékben az IPERION HS projekt által kerül finanszírozásra. A vizsgálatokat egy előre egyeztetett időpontban, legfeljebb a pályázat benyújtását követő 12 hónapon belül történő kiszállás keretében végzik el. A kutatási tevékenység időtartama a feladat összetettségétől függően alakul, átlagosan 7 napos vizsgálati periódusok jellemzőek. A felhasználó a MOLAB tevékenység végeztével 2 héten belül köteles egy kutatási beszámolót készíteni, illetve kitölteni egy kérdőívet. Az eredmények közzétevése szabad hozzáféréssé (open access) és nemzetközileg elismert folyóiratokban ajánlott. A MOLAB platform és a pályázat benyújtási eljárás részletes

ismertetése az IPERION HS projekt weboldalán <http://www.iperionhs.eu/> tekinthető meg.

## ***Egy sikeres MOLAB pályázat eredményei***

A helyhez kötött, nem mozdítható műalkotások, mint például a nagyméretű festmények, nehezen vizsgálhatók. A nagy méret sok esetben azt is meggátolja, hogy a tárgyat egészében vizsgálják, így annak csak részleteire terjedhet ki az analízis. A MOLAB platform által kínált, roncsolásmentes, mozgatható és terepen, külső helyszíneken használható korszerű vagy akár innovatív módszerek ezen problémákra nyújtanak megoldást. Az alábbiakban Caravaggio a nápolyi *Pio Monte della Misericordia Museum*-ban található *"Az irgalom hét cselekedete"* című oltárképének helyszíni roncsolásmentes vizsgálatát ismertetjük, amely egy MOLAB pályázat keretében valósult meg. A széles módszertani repertoárból ezen kutatás során a roncsolásmentes makroszkopikus röntgenfluoreszcens (Macro X-ray Fluorescence, MA-XRF) képalkotó technikát alkalmazták. Az MA-XRF vizsgálat során először egy mikroléptékű röntgensugárral végigpásztázták a festett felületet, majd az így nyert adatok feldolgozásával elemtérképeket készítettek. A módszer segítségével a festő által használt alapanyagok, készíttéstechnika és -folyamat, illetve a festmény jelenlegi állapota vagy akár hitelessége is megállapítható. Az MA-XRF módszer egyik fontos előnye, hogy a vizsgálati eredményként kapott "képek" az analitikában járatan kutatók (pl. restaurátorok, régészek, művészettörténészek) számára is azonnal értékelhető adatokat szolgáltatnak (Romano et al. 2017, Bicchieri et al. 2020, Cavaleri et al. 2020, Caliri et al. 2020, Nervo et al. 2020). A Caravaggio oltárkép vizsgálatára használt berendezés egy nagy teljesítményű MA-XRF szkennert, amely napjaink legfejlettebb készülékei közé tartozik az akár 25 µm-es laterális felbontásnak, a 110×70 cm területű látóterének és az akár 10 cm/másodperc pásztázó sebességnek köszönhetően. Az oltárkép teljes felületét (3,9×2,6 m) – a maximális pásztázó sebesség mellett – 25 szkennelési menetben tapogatta végig, így 1 mm-es laterális felbontást lehetett elérni. A műalkotás teljes felületét egy állványzat segítségével vizsgálták végig (**1. ábra**), amelynek szintjein kellett elhelyezni az MA-XRF szkennert. A teljes mérési folyamat – az állványzat össze- és szétszerelésével együtt – 5 napot vett igénybe.



**1. ábra:** A nápolyi *Pio Monte della Misericordia Museum* Caravaggio oltárképének MA-XRF vizsgálata a MOLAB pályázati mérése keretében

**Fig. 1.:** MOLAB measurement campaign for the study of a Caravaggio painting at the *Pio Monte della Misericordia Museum* in Naples (Italy)



**2. ábra:** Az MA-XRF módszerrel Caravaggio "Az irgalom hét cselekedete" című oltárképéről készült Pb és Hg elemeloszlási térképek

**Fig. 2.:** Pb and Hg elemental maps obtained by applying the MA-XRF technique on "Seven Works of Mercy" by Caravaggio

Az MA-XRF módszer eredményei alapján készített elemeloszlási térképek segítségével azonosították a Caravaggio által használt festékeket, amelyek elsősorban Ca, Cu, Fe és Pb alapúak. A **2. ábra** példaként az oltárkép Pb és Hg elemtérképét mutatja. A festékanyagok azonosítása mellett a Caravaggio által használt készítési folyamat részleteire is fény derült. A festmény egy mára elfedett részletében egy eredetileg felvázolt, de be nem fejezett férfialak rajzolódott ki. Caravaggio a férfialakot a kompozíció egy másik részén, más ruházatban festette újra. A vizsgálat rámutatott, hogy a művészről ismert "tecnica a risparmio" módszer rétegtendje az Pb, Cu és Ca elemek eloszlása alapján azonosítható.

### ***Irodalom***

BERTRAND, L., ANGLOS, D., CASTILLEJO, M., CHARBONNEL, B., DAVID, S., de CLERCQ, H., DUBRAY, F. & SPRING, M. (2020): D. 9.3 E-RIHS Scientific Strategy v. 1.0. *Manuscript*, European Commission. 79 p.

BICCHIERI, M., BIOCCA, P., CALIRI, C., & ROMANO, F. P. (2020): New discoveries on Leonardo da Vinci drawings. *Microchemical Journal* **157** 104844.

BRUNETTI, B., MILIANI, C., ROSI, F., DOHERTY, B., MONICO, L., ROMANI, A. & SGAMELLOTTI, A. (2016a): Non-invasive investigations of paintings by portable

instrumentation: the MOLAB experience. *Topics in Current Chemistry* **374/1** 10. 35 p.

BRUNETTI, B., MILIANI, C. & SGAMELLOTTI, A. (2016b): MOLAB growth, aims and results. *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* **43** 32–40.

BRUNETTI, B. G., MATTEINI, M., MILIANI, C., PEZZATI, L. & PINNA, D. (2007): MOLAB, a mobile laboratory for in situ non-invasive studies in arts and archaeology. In: DICKMANN, K., FOTAKIS, C., ASMUS, J.F. eds., *Lasers in the Conservation of Artworks*. Springer, Berlin, Heidelberg. 7–54.

CALIRI, C., BICCHIERI, M., BIOCCA, P. & ROMANO, F. P. (2020): In situ macro X-ray fluorescence scanning on a Leonardo da Vinci portrait. *X-ray Spectrometry special issue* 1–9. <https://doi.org/10.1002/xrs.3193>.

CAVALERI, T., BUSCAGLIA, P., CALIRI, C., FERRARIS, E., NERVO, M. & ROMANO, F. P. (2020): Below the surface of the coffin lid of Neskhonsuennekhy in the Museo Egizio collection. *X-ray Spectrometry special issue* 1–14. <https://doi.org/10.1002/xrs.3184>.

CHARISMA (Cultural Heritage Advanced Research Infrastructures: Synergy for a Multidisciplinary Approach to Conservation / Restoration), [https://cordis.europa.eu/project/rcn/92569\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/92569_en.html)

DARIAH ERIC (2017). Annual Report. <https://www.dariah.eu/wp-content/uploads/2018/12/DARIAH-Annual-Report-2017.pdf>

E-RIHS PP (The European Research Infrastructure for Heritage Science Preparatory Phase), <https://cordis.europa.eu/project/rcn/209507/factsheet/en>

Eu-ARTECH (Access, Research and Technology for the conservation of the European Cultural Heritage), [https://cordis.europa.eu/project/rcn/73812\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/73812_en.html).

IPERION CH (Integrated Platform for the European Research Infrastructure ON Cultural Heritage) is an ongoing project, <https://cordis.europa.eu/project/rcn/198068/factsheet/en>

MILIANI, C., ROSI, F., BRUNETTI, B. G. & Sgamellotti, A. (2010): In situ non-invasive study of artworks: the MOLAB multitechnique approach. *Accounts of Chemical Research* **43/6** 728–738.

NERVO, M., ROMANO, F. P., CALIRI, C., PICCIRILLO, A., TRIOLO, P., DEMONTE, D., GATTI, A., VERGALLO, E., CARDINALI, M. & FERRERO, M. (2020): “Costruzione del viadotto”: MA-XRF in the pictorial executive technique of

Agostino Bosia. *X-ray Spectrometry special issue* 1–10. <https://doi.org/10.1002/xrs.3161>

PALLOT-FROSSARD, I. (2016a): From CHARISMA to IPERION CH and E-RIHS: towards a European research infrastructure for heritage science. *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* **43** 46–49.

PALLOT-FROSSARD, I. (2016b): From Eu-ARTECH to CHARISMA: Expanding the expertise and scope of the research infrastructure. *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* **43** 23–25.

ROMANO, F. P., CALIRI, C., NICOTRA, P., DI MARTINO, S., PAPPALARDO, L., RIZZO, F. & SANTOS, H. C. (2017): Real-time elemental imaging of large dimension paintings with a novel mobile macro X-ray fluorescence (MA-XRF) scanning technique. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* **32/4** 773–781.

STRIOVA, J. & PEZZATI, L. (2017): The European Research Infrastructure for Heritage Science (E-RIHS). *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **42** 661–664.