

FELDOLGOZÁSI PROTOKOLL RÉGÉSZETI KERÁMIÁK VIZSGÁLATÁRA

Bevezető

A kerámialeletek a régészeti ásatásokon a legnagyobb mennyiségben előkerülő leletanyagot alkotják. A klasszikus régészet elsősorban formai jegyekre építő tipológiai megközelítésben vizsgálja a tárgyakat: ez a vizsgálati szemlélet ma is nélkülözhetetlen és alapvető.

A műtárgyakat, tágabb értelemben, kulturális örökségünk tárgyi emlékeanyagát azonban nemcsak formája, stílusjegyei, hanem anyaga és fizikai tulajdonságainak összessége is jellemzi, amelyekből megfelelő értelmezéssel történeti jelentőségű információ (is) kinyerhető.

A kerámia archeometriai szempontú, elsősorban ásványtani- közettani- és geokémiai módszerekkel történő vizsgálata Magyarországon az elmúlt 8-10 évben bontakozott ki és kezdett elterjedni. Ezek segítségével elsősorban a felhasznált nyersanyagra és a készítési technológiára, esetenként a használatra, valamint a betemetődés okozta átalakulásokra kaphatunk információkat. Miután a kerámia archeometriai vizsgálati módszerei és az azokból kapható eredmények felhasználhatósága a hazai közéletben még nem ismert széles körben, a kerámia vizsgálatok feldolgozási protokollba történő beépítésével a tudományos feldolgozást segítjük elő, hiszen a vizsgálati módszerekkel olyan kérdésekre is választ kaphatunk, amelyek megválaszolására a hagyományos feldolgozási módszerek nem alkalmasak. A petrográfiai és a geokémiai feldolgozás a kerámia vizsgálati módszerek közül a legalapvetőbbek, elvégzésük feltétlenül ajánlott.

A kerámiaspecialista munkavégzésének körülményei

- A K.Ö.SZ.-szel szerződő fél meghatározott számú kerámia minta makroszkópos és petrográfiai vizsgálatára szerződik. Amennyiben a szerződő fél igényt tart további kiegészítő vizsgálatokra (lásd a vizsgálati csomagokban feltüntetett vizsgálati módszerek), azokra külön kell szerződni.
- A munka megkezdése előtt a kerámiaspecialista a régésztől Excel táblázatban megkapja a dokumentációs listát (SE szám, objektum szám, zacskó szám, dátum, keltezés).
- A leltározás a KÖSZ által elfogadott dokumentációs eljárások szerint történik: alapja a terepi megfigyelés alapegysége, a stratigráfiai egység (továbbiakban SE), ami lehetőséget ad az objektumok szerinti szétválogatásra is.
- A kerámiaspecialista felelőssége, hogy szükség esetén más specialistákkal (pl. geológus) konzultáljon.

A minták kiválasztása

A kerámia mintákat lehetőség szerint az elemzőnek - aki a petrográfiai vizsgálatot és elemzést végzi - a feldolgozó régésszel együtt kell kiválasztania, de előzetes egyeztetés alapján annak kapcsán, hogy milyen kérdésre keressük a választ, bármely régész kiválaszhatja a mintákat. Minden esetben a régészeti kérdésfelvetés az elsődleges, ennek függvényében kell a legcélravezetőbb vizsgálati módszereket megválasztani. A minták kiválasztását lehetőleg a restaurálás folyamán kell elvégezni, a selejtezés előtt, de természetesen az ásatás közben is kiválaszthatók, ha konkrét kérdés merül fel, amely petrográfiával vagy geokémiai módszerekkel vizsgálható.

A vizsgálathoz optimális esetben legalább 2x2 cm-es kerámia töredék szükséges, de ha ennél nagyobb a kerámia, az csak előnyt jelent a vizsgálat során, különösen, ha ugyanarról a mintáról többféle vizsgálat készül. Nagyon fontos, hogy bármelyik típusú vizsgálat esetén (lásd alább) a legrelevánsabb eredmény úgy érhető el, hogyha a technológiai jeleket olyan kerámiákon vizsgáljuk, amelyeknek ismert a formája, és ha van, akkor a díszítése is. Minél több ismeretünk van a kerámia formájáról, díszítéséről, kronológiai besorolásáról, és a technológiai jeleiről, annál összetettebb kérdésekre kereshetjük a választ a kerámia vizsgálat segítségével. Ezért célszerű a restaurálandó, kiegészítendő edényekből egy kis darabot (min. 2x2 cm) meghagyni a restaurálás folyamán, és vizsgálatok céljára eltenni, még akkor is, ha a vizsgálatokra csak később kerül sor. Ha a feltáró bizonyos kerámia mintákat vagy kerámia tárgyakat a szokásostól eltérőnek vél, pl. a formája, díszítése, tapintása vagy soványítása tekintetében, azokat a mintákat is érdemes megvizsgálni.

A vizsgálatra szánt mintákat a vizsgálat előtt le kell rajzolni (kiszervezve, profillal), vagy fotózni (szintén profillal). A vizsgálatok alapvető célja, hogy a kerámiák összehasonlíthatók legyenek, így olyan mintákat szükséges vizsgáltatni, melyekről tudjuk, hogy milyen edénytípusokhoz tartoznak. Az eredmények elemzésénél vizsgáljuk, hogy van-e összefüggés az összetétel csoportok és az edénytípusok/edényformák, valamint a díszítő eljárások között, hiszen a legtöbb információt akkor kapjuk, ha a technológiai jellegeket olyan kerámiákon vizsgáljuk, amelyeknek ismert a formája, és ha van, akkor a díszítése is. Célunk továbbá, hogy a jelentések nyilvánosak, valamint minden kutató számára hozzáférhetőek legyenek. A jelentésekben az olvasó ismereteket szerezhethet bizonyos edénytípusok és technológiai eljárások közötti lehetséges összefüggésekről, amelyhez szükséges a tárgyak ábrázolása is. A jelentés mellett a vizsgálatok eredményeit Excel táblázatban is közzé tesszük, így lehetővé válik, hogy a kutatók egyéni szempontok alapján elemezzék a vizsgálatok eredményeit. Az adatbázis segítségével minden kutató számára hozzáférhetővé válnának a kerámiák készítőtechnikájára vonatkozó vizsgálati eredmények, így például összehasonlíthatóvá válik, hogy egy kultúrán belül hasonló edénytípusokat hogyan készítettek a különböző településeken, illetve, hogy a technológiai eljárások mennyire kultúrspecifikusak.

A vizsgálat menete

A petrográfiai vizsgálat során a kerámiából készített vékonycsiszolatot vizsgáljuk polarizációs mikroszkóppal. A vékonycsiszolat előállítását egy **roncsolásos vizsgálat**, mely során 5-7 mm vastagságú darabot vágunk le a kerámiából. A minta előkészítése során a levágott kerámiadarabot a keresztmetszete mentén simára csiszoljuk, majd egy mikroszkóp tárgylemezre ragasztjuk. Ha a kerámia erősen porózus vagy rossz megtartású, a ragasztás előtt műgyantába ágyazzuk és fűtött vákuum kamrában szárítjuk. A vákuum hatására a műgyanta beszívódik a kerámia pórusaiba, ami megszilárdítja a kerámiát, így az nem esik szét a csiszolás során, illetve a kerámia darabos összetevői, különösen az ásványok nem peregnek ki. A ragasztó megkötése után a mikroszkóp tárgylemezre felragasztott kerámiát 0,03 mm vékonyságúra lecsiszoljuk, majd vékony fedőlemezrel lefedjük, vagy polírozzuk. Az így elkészült vékonycsiszolatot a közettani vizsgálatok során elterjedt átesőfényes, polarizációs mikroszkóppal vizsgáljuk.

A petrográfiai mikroszkópos vizsgálatok során 10-400-szoros nagyításban vizsgáljuk a kerámiákat, így láthatóvá és – optikai tulajdonságaik alapján – meghatározhatóvá válnak a kerámiák soványítóanyagát alkotó elegyrészek, így a kerámiák nyersanyagáról információt kapunk. A mikroszkóp alatt elkülöníthetők a törmelékes elegyrészeket alkotó ásványok, közettörmelékek, csigák, kagylók, ha vannak ősmaradványok, agyagos közettörmelékek, a tört kerámia, ami szándékosan hozzáadott soványítóanyag, valamint az egyéb alkotók, mint például a növénymaradványok, illetve ezek szilikátos maradványai a fitolitok. Képet kaphatunk a pórusok alakjáról, méretéről, mennyiségéről és eloszlásáról, amelyek fontos támpontot nyújthatnak arra vonatkozóan, hogy a kerámia készítője hogyan dolgozta fel a nyersanyagot, illetve hasznosak lehetnek a lassú, illetve gyors korongon készült kerámiák elkülönítésében is. A vizsgálat során a nem plasztikus elegyrészek mennyiségét is vizsgáljuk. Az elegyrészek, pórusok leírásán kívül szöveti vizsgálatokat is végzünk, mert ezekkel a kerámiák készítésének technológiájára kapunk értékes információkat. Ennek során vizsgáljuk a kerámiák színét és színváltozását, a soványítóanyag szemcséinek mennyiségi, méretbeli eloszlását, a szemcsék koptatottságát és az átalakulási viszonyokat. A nagy hőmérsékleten kiégetett kerámiákban bekövetkező változások (részleges vagy teljes üvegesedés a szövetben) adhatnak fontos információt a gyártástechnológiára vonatkozóan. Megfigyelhetjük a kerámia alapanyagának homogenitását, illetve inhomogenitását, a szövet irányítottságát, ami szintén a felhasznált nyersanyagokra, illetve a kerámiák készítésének technikájára utalhat és a nagyon kisméretű nem plasztikus szemcsék mennyiségi eloszlását, amely az agyag „tisztaságát”, lehetséges előkészítését, pl. iszapolását mutatja. A petrográfiai vizsgálatok során azonosítható a felhasznált nyersanyagok közül a soványítóanyag, aminek ez által többé-kevésbé lehatárolható lehet a származási helye. Ezen túlmenően a gyártástechnológiai viszonyokra is értékes információk nyerhetők.

A leggyakrabban megválaszolandó kérdések, illetve régészeti problémák ismeretében különböző „vizsgálati csomagokat” dolgoztunk ki. Vannak olyan vizsgálati csomagok, amelyek alapvetően petrográfiai vizsgálatból állnak. Ezekben a csomagokban (1., 2., 3., 5., 7.) csak ajánlott a műszeres vizsgálat, de a régészeti kérdés megválaszolásához nem feltétlenül kötelező őket alkalmazni. Néhány minta röntgenpordiffrakciós vizsgálata feltétlenül javasolt. Erre azért van szükség, mert ez a vizsgálati módszer a petrográfián kívül a legalapvetőbb műszeres elemzés, amelyet kerámiákon alkalmazni szoktak. A vizsgálat jelentősége, hogy információt szolgáltat a kiégetési hőmérséklet viszonylagos tartományáról, valamint azokról az összetevőkről is, amelyek a kiégetés során más fázisokká alakultak. Így az átalakult fázisokból vissza lehet következtetni az eredeti fázisokra, vagyis a nyersanyag eredeti összetételére. Ezzel szemben vannak olyan csomagok (4., 6., 8., 9., 10.), amelyekben a petrográfiai vizsgálatokat ki kell egészíteni egyéb elemzési módszerekkel is a régészeti kérdés megválaszolására érdekében. A kerámia petrográfiai vizsgálat az itt felsoroltakon kívül bármilyen más jellegű régészeti probléma felmerülése esetén is jól kiegészíti a hagyományos régészeti elemzési módszereket. A megválaszolandó kérdés ismeretében a vizsgálandó minták számát illetően előzetes egyeztetés szükséges.

Az Excel táblázat kitöltése

A feldolgozott leletek adatait a kerámiaspecialista Excel-táblázatban rögzíti. A makroszkópos és petrográfiai adatok felvételére kialakított szempontokat a 1. melléklet tartalmazza¹.

A régésznek a következő adatokat kell biztosítania minden vizsgált mintához:

1. oszlop: A lelőhely hivatalos neve

2. oszlop: Az ásatásvezető/feldolgozó neve

3. oszlop: Objektum szám – OBNR

4. oszlop: Stratigráfiai egység – SE

A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat által kidolgozott dokumentációs eljárásokban a terepi megfigyelés alapegysége a stratigráfiai egység (továbbiakban SE).

Ennek megfelelően a kerámia leletek feldolgozását is ezen rendszer alapján kell elvégezni. Mivel a feltárást végző régészek az összetartozó SE-eket közös objektumszámhoz rendelik, a kerámiákat tartalmazó SE-ek vizsgálatánál figyelembe kell venni az objektumon belüli régészeti, stratigráfiai összefüggéseket.

5. oszlop: Leltári szám

A leltározó intézmény által kiadott leltári szám.

Minden leltári szám 4 részből áll.

- 1) Múzeumi azonosító kód.
- 2) A lelőhely kódszáma (KÖH azonosító).
- 3) A stratigráfiai egység száma.
- 4) A lelet SE-n belüli sorszáma. A számok 1-től kerülnek kiosztásra, ismétlődés és hiátus nélkül növekvő sorrendben.

6. oszlop: Keltezés

A feltárást végző régész által megadott régészeti korszak vagy periódus pontos megnevezése. Több korszak objektumait tartalmazó lelőhelyek értékelésénél elengedhetetlenül szükséges.

7. oszlop: A kerámia típusa

Fel kell tüntetni, hogy a vizsgálatra szánt minta milyen edénytípushoz tartozik (bögre, korsó, fazék, amfóra stb.), mert a legtöbb információt akkor kapjuk, és a kiértékelés is eredményesebb, ha a technológiai jellegeket olyan kerámiákon vizsgáljuk, amelyeknek ismert a formája.

8. oszlop: A töredék típusa

Pl. perem, oldal, alj.

A következő oszlopokat az elemző tölti ki:

9. oszlop: Falvastagság

A kerámiára általában jellemző átlag falvastagságot adjuk meg tól-ig (cm).

10. oszlop: Belső felületkezelés

Azt jelöli, hogy a vizsgált minta belsején milyen felületkezelési eljárások figyelhetők meg (simított, fényezett, durvított, seprűzött, slippel bevont, nem felületkezelt). Amennyiben többféle felületkezelés figyelhető meg, a kerámiát beállítva először a felső rész felületkezelését jelöljük, majd az alsót (pl. fényezett/simított).

¹ A makroszkópos leírásnál a kerámiák rögzítendő tulajdonságait, valamint a petrográfiai elemzés során az összetevők térfogatszázalékos arányát, a méretkategóriáikat, az osztályozottságukat, valamint a kerekítettségüket a Nyugat Európában általánosan alkalmazott *Prehistoric Ceramic Research Group* kissé módosított iránymutatásai alapján határozzuk meg. Térfogatszázalékos arány: szórványos (1–2 %), kevés (3–10 %), közepes (10–20 %), sok (20–30 %), nagyon sok (30–40 %), bőséges (40–50 %). Méretkategória: nagyon finom (< 0,1 mm), finom (0,1–0,25 mm), közepes (0,25–1 mm), durva (1–3 mm), nagyon durva (> 3 mm). Összetevők méretének osztályozottsága: rosszul osztályozott, közepesen osztályozott, jól osztályozott, nagyon jól osztályozott. Összetevők kerekítettsége: szögletes, kissé szögletes, kissé kerekített, kerekített, jól kerekített. (PCRG 1997: The study of later prehistoric pottery: general policies and guidelines for analysis and publication. Prehistoric Ceramic Research Group: Occasional Papers Nos 1 and 2.)

11. oszlop: Külső felületkezelés

Azt jelöli, hogy a vizsgált minta belsején milyen felületkezelési eljárások figyelhetők meg (simított, fényezett, durvított, seprűzött, slippel bevont, nem felületkezelt). Amennyiben többféle felületkezelés figyelhető meg, a kerámiát beállítva először a felső rész felületkezelését jelöljük, majd az alsót (pl. fényezett/seprűzött).

12. oszlop: Felületkezelési megjegyzés

Olyan megjegyzések kerülnek ebbe az oszlopba, amelyek jelentősek lehetnek az elemzés során. Például, vannak olyan kerámiák, amelyek fényezettek, de egyenetlen felületűek, tehát a kerámiakészítésbe fektetett munkát illetően jelentősen különböznek az alaposan fényezett, egyenetlen felületű kerámiáktól.

13. oszlop: Belső felület színe

Ebbe az oszlopba a hagyományos szín megnevezés kerül (pl. szürke, szürkésbarna).

14. oszlop: Belső felület színe a Munsell Color Chart alapján

A 13. oszlopban megjelölt szín kódja. Ennek az oszlopnak a kitöltése nem kötelező, mert számos esetben gyakran több kód szükséges egy kerámia színének a jellemzésére, amely tovább bonyolítja a kerámiák színének a meghatározását. Továbbá a technológiai jellegek statisztikai összefüggéseinek vizsgálata során célszerűbb a hagyományos szín elnevezést használni. Ennek ellenére a Munsell kód használata nemzetközileg ismert és elismert, alkalmazása publikációkban ajánlott.

15. oszlop: Külső felület színe

Ebbe az oszlopba a hagyományos szín megnevezés kerül (pl. szürke, szürkésbarna).

16. oszlop: Külső felület színe a Munsell Color Chart alapján

A 15. oszlopban megjelölt szín kódja, kitöltése nem kötelező.

17. oszlop: A kerámia belsejének kiégetési körülményei

Redukált, oxidált, egyenetlen.

18. oszlop: A kerámia külsejének kiégetési körülményei

Redukált, oxidált, egyenetlen.

19. oszlop: A kerámia törésfelületének kiégetési körülményei

Redukált, oxidált, egyenetlen, szendvics.

20. oszlop: Tűzfolt a kerámián

A kerámia, ha például egyenetlen redukált kiégetésű, akkor is lehet tűzfoltos, amely a kiégetés körülményeire ad információt.

21. oszlop: Díszítés

Ebben az oszlopban a díszítés módja kerül rögzítésre.

22. oszlop: Használati nyom

A kerámia használatával összefüggő nyomok kerülnek rögzítésre, mint kopott felületű belső rész vagy odakozmált étel a belső felületen.

23. oszlop: Építéstechnika

Laptechnika, hurkatechnika, felhúzásos technika, ütögetéses technika, lassú korong, gyors korong vagy valamely technikák kombinációja.

24. oszlop: Makroszkópos petrográfiai leírás

Ebben az oszlopban a látható törmelék szemcsék színe, formája, pórusok mérete és irányítottága kerül rögzítésre. Ez az oszlop általános információt szolgáltat a kerámia összetételéről.

25. oszlop: Összetétel csoport kódja

Az összetételcsoport kódja a kerámia összetevőinek a kódjából áll össze. Az elemző a kerámia összetételcsoportba való tartozását a makroszkópos petrográfiai vizsgálat és a mikroszkópos petrográfiai vizsgálat alapján határozza meg. Például egy nagyon finom szemcsés szövetű (NF) kerámia, amely tört kerámiával (TK) van soványítva az NF/TK kódot kapja, de ha a szövet finom (F) és középszemcsés (K), valamint szintén tört kerámiával (TK) van soványítva, akkor az F-K/TK kódot kapja. Az összetételcsoportok kódolására az elemzőnek van szüksége, hiszen az adatbázisban elősegíti a statisztikai összefüggések

vizsgálatát a technológiai jellemzők, összetételcsoportok, valamint edénytípusok, formák és díszítések között. A kódok feloldását az adatbázis minden esetben tartalmazza.

Az ezt követő oszlopok a minták mikroszkópos petrográfiai leírását tartalmazzák. Ez eddigiekhez hasonlóan minden vizsgált szempont külön oszlopban kerül rögzítésre, így a technológiai összefüggések hatékonyan vizsgálhatók statisztikailag.

A mikroszkópos petrográfiai leírás tartalmazza:

26. oszlop - Az alapanyag színe egy nikollal.

27. oszlop - Az alapanyag színe keresztezett nikollal.

28. oszlop - A minta porozitása (szórványos, kevés, közepes, sok, nagyon sok, bőséges).

29. oszlop - A pórusok elsődleges vagy másodlagos volta, vagyis hogy a készítés során keletkeztek, vagy pedig a betemetődés alatt.

30. oszlop - Pórusok alakja.

31. oszlop - Pórusok mérete (mm).

32. oszlop - Pórus kitöltése.

33. oszlop - Megjegyzés.

34. oszlop - Alapanyag izotropitása.

35. oszlop - Szövet jellemzője.

36. oszlop - Szövet irányítottsága.

37. oszlop - Elegyrészek mennyisége (%).

38. oszlop - Törmelék szemcsék osztályozottsága.

39. oszlop - Uralkodó szemcseméret (mm).

40. oszlop - Maximális szemcseméret (mm).

A további oszlopok a különböző ásvány és közettörmelékek és egyéb soványítóanyagok mennyiségét, kerekítettségét, uralkodó és maximális méretét, akcesszóriák típusát, valamint a petrográfiai elemzéshez kapcsolódó megjegyzéseket tartalmazzák. A 40. oszlop után következő további oszlopok száma attól függ, hogy a vizsgált minták milyen típusú ásvány és közettörmelékeket tartalmaznak.

A szöveges jelentés tartalmi elemei

A vizsgálatokról a megrendelő egy jelentést kap nyomtatott- és digitális formában is. A digitális forma tartalmazza a jelentést Word dokumentum formátumban, az eredményeket Excel táblázatban, valamint a vizsgálatok során készített fotókat, azokat is, amelyek nem szerepelnek a jelentésben.

A kerámiaspecialista az Excel táblázatba rögzített adatokat szöveges formában is értékeli. A szöveges jelentésben alapértékelést kell készítenie, ami a következőket tartalmazza sorrendben:

- A lelőhely és a feltárás körülményeinek rövid ismertetése (pl. ki, mikor, hol, mit tárt fel; lényeges a feltárt vagy vizsgált terület és a teljes lelőhely becsült aránya, elhelyezkedése).
- A vizsgált minták száma, keletkezése, edénytípushoz való tartozása.
- A minták makroszkópos leírása korszakonként az adatbázisban rögzítettek alapján.
- A minták petrográfiai leírása és fényképes dokumentációja korszakonként az adatbázisban rögzítettek alapján. Továbbá korszakonként a makroszkópos és petrográfiai vizsgálat segítségével kialakított összetételcsoportok elemzése és összehasonlítása, valamint lehetséges összefüggések elemzése edénytípusok, díszítések, és a technológiai jellegek között.
- Amennyiben kiegészítő vizsgálatok is készültek, a jelentés tartalmazza a vizsgálatok eredményeit és interpretációját.
- A lelőhely földtani viszonyainak rövid jellemzése.

A jelentés elkészítésénél szempont az áttekinthetőség, táblázatok, diagramok alkalmazása.

Kerámiavizsgáló csomagok a leggyakoribb régészeti problémák vizsgálatára

1. A petrográfiai vizsgálat abban az esetben hozza a legjobb eredményt, ha a minták kiválasztása előtt tudjuk, hogy milyen kérdésekre keressük a választ. Természetesen gyakran van olyan helyzet, hogy a régészeti feldolgozás előtt szeretnénk információt szerezni a kerámiaanyagról, amely befolyásolhatja a későbbi feldolgozást, és a kutatás irányát. A kerámia petrográfiai vizsgálat kitűnő lehetőséget nyújt a kutatás irányának a kialakításában. Ebben az esetben minden, az ásatáson előfordult régészeti korszakból célszerű kerámiavizsgálót végezni. Egy-egy korszakon belül, lehetőleg az összes edénytípusból kell mintát választani, valamint figyelembe kell venni azt is, ha egy-egy edénytípuson belül jelentős, szabad szemmel látható, különbségek vannak a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében. Ha ez az eset áll fenn, akkor egy adott edénytípuson belül a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni. A vizsgált minták száma függ a régészeti korszakok számától, a kerámiatípusoktól és azok nyersanyagának, illetve soványítóanyagának változatosságától. Minimum **30-50 minta petrográfiai**,

és min. 5-10 minta röntgenpordiffrakciós vizsgálata feltétlen javasolt. Ennyi minta már megmutatja, hogy a lelőhelyen a kerámiák összetétele mennyire homogén, illetve, hogy az adott lelőhelyen a különböző időszakokban a kerámia technológia milyen változatosságot mutat. A hazai kutatásban a régészeti korszakok kerámia petrográfiai kutatásának „lefedettsége” nagyon hiányos, ezért arra kell törekedni, hogy minden korszakból történjenek petrográfiai vizsgálatok.

2. A kerámiák petrográfiai elemzése során egy leletegyüttes kerámiái összetételük alapján csoportosíthatók, illetve más, hasonló korú leletegyüttesekkel összevethetők. Vizsgálható, hogy egy időszakon, illetve kultúrán belül a különböző településeken milyen mértékű technológiai és nyersanyagbeli változatosság van. Ennek a vizsgálatsorozatnak az adja a jelentőségét, hogy egy telepen, illetve kultúrán belül történő kerámia technológiai vizsgálat fényt deríthet a kerámiakészítés lehetséges specializációjára, illetve standardizációjára bizonyos kerámia típusok készítésén belül. Ennek tudatában közvetett módon az adott kultúra gazdasági és társadalmi szerveződéséről is képet kaphatunk, így a vizsgálatok eredményei jól kiegészítik a hagyományos vizsgálati módszereket. Egy időszakon vagy korszakon belül, amennyiben lehetőség van rá, az összes edénytípusból kell mintát választani. A minták kiválasztásánál figyelembe kell venni azt is, ha egy-egy edénytípuson belül jelentős, szabad szemmel látható, különbségek vannak a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében. Ha ez az eset áll fenn, akkor egy adott edénytípuson belül a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni. **Ez egy összetett vizsgálat, amelyhez nagyszámú, kb. 50 minta petrográfiai, és min. 5-10 minta röntgenpordiffrakciós vizsgálata javasolt. A vizsgált minták száma a válogatás során derül ki, és függ attól, hogy konkrétan milyen kérdésre keressük a választ, valamint, hogy a kerámiák mekkora technológiai változatosságot mutatnak. Ezt a vizsgálati csomagot ajánlott további műszeres analitikai vizsgálatokkal kiegészíteni.**

3. Egy több korszakú lelőhely leletanyaga összehasonlítható, vizsgálható, hogy milyen hasonlóságok, illetve különbségek vannak a különböző korban történt kerámiák készítése és nyersanyaga között. Ez a vizsgálati csomag némiképp hasonlít az első csomagra, azonban ez a csomag célirányosan vizsgál kulturális váltást, illetve kultúrák kapcsolatrendszerét. Ez kiemelkedően fontos lehet olyan esetekben, amikor egy időszakon belül egymást követő kultúrák kapcsolatrendszerét, illetve a közöttük lévő lehetséges folyamatosságot akarjuk vizsgálni. A technológiai jellegek lehetnek település specifikusak, azonban kultúrspecifikusak is, így a vizsgálatok segítségével összetettebb képet kaphatunk a kultúrákról, illetve a kultúrák közötti kapcsolatrendszeréről. A kapott eredmények a Kárpát-medence régészeti kutatásában is nagy jelentőséggel bírhatnak, hiszen lehetőség válik arra, hogy a kapott eredményeket a környező országok, illetve területek kerámia vizsgálati eredményeivel összehasonlítsuk, és így komplex vizsgálatokat végezzünk. Az egymást követő korszakokon belül lehetőleg az összes edénytípusból kell mintát választani. Ha ez nem lehetséges, akkor célszerű több edénytípust kiválasztani, lehetőleg azokat, amelyek formai kontinuitást mutatnak a korszakok között. Az újonnan megjelenő edénytípusokból is érdemes mintát választani, hiszen fény derülhet arra, hogy az új típusú kerámia hasonló technológiai eljárással készült-e, mint a többi kerámia, vagy pedig az új típus megjelenésével nemcsak formai, hanem technológiai innováció is történt. A minták kiválasztásánál, ha egy-egy edénytípuson belül jelentős, szabad szemmel látható, különbségek vannak a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében egy adott edénytípuson belül a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni. **Ez szintén egy összetett vizsgálat, amelyhez nagyszámú, kb. 50 minta petrográfiai, és min. 5-10 minta röntgenpordiffrakciós vizsgálata javasolt. A vizsgált minták száma a válogatás során derül ki, és függ attól, hogy konkrétan milyen kérdésre keressük a választ, valamint, hogy a kerámiák mekkora technológiai változatosságot mutatnak, illetve hogy mennyi szint és/vagy kultúra van az adott településen. Ezt a vizsgálati csomagot feltétlenül ajánlott további műszeres analitikai vizsgálatokkal kiegészíteni.**

4. Egy településen belül feltárt edényégető kemencék kerámia anyagát összehasonlíthatjuk, a településen belül talált hasonló kerámiatípusokkal. A kerámiák összetétele alapján valószínűsíthető, hogy a település mely kemencéjében, illetve fazekas körzetében készültek. Az összehasonlító vizsgálatra azon kerámiatípusokat - a formát és a díszítést is figyelembe véve - érdemes kiválasztani a településről, amelyek a kemencében, a munkagödörben, illetve a kemence közvetlen környezetében is előfordultak. Lehetőleg minél nagyobb formai, díszítésbeli és soványításbeli (már amennyire ez megfigyelhető szabad szemmel) hasonlóságra törekedjünk. Először a kemencéből, illetve a közvetlen környezetéből származó kerámiák szövetét sztereo mikroszkóp segítségével összehasonlíttjuk az egyéb helyekről származó hasonló típusú kerámiák szövetével. A mikroszkópos vizsgálat segítségével eldönthető, hogy mely kerámiák szöveve hasonlít legjobban a kemencében előforduló kerámiák szövetére, így a további petrográfiai és műszeres analitikai vizsgálatokra szánt minták hatékonyabban kiválaszthatók. **Ezen vizsgálat feltétlenül javasolt, habár ez egy összetett vizsgálat, amely nagyban függ attól, hogy mennyi edényégető kemence anyagát akarjuk összehasonlítani a településobjektumokban feltárt kerámiával, de már viszonylag**

kis számú, kb. 20-30 minta petrográfiai vizsgálata is jelentős eredményt hozhat. Ezt a vizsgálati csomagot műszeres analitikai vizsgálatokkal szükséges kiegészíteni.

5. A kerámiák soványítóanyagának a vizsgálata alkalmas lehet a kerámiák különböző funkciójának a megállapítására. A legtöbb esetben a kerámiák formája alapján nehéz, vagy nem lehet elvégezni a funkcionális besorolásukat. A kerámiák nyersanyaga és soványítóanyaga nagyban hozzájárul az edények keménységéhez, fizikai ellenálló képességéhez és hőállóságához. Ennek ismeretében a főzőedények elvileg különböző nyersanyagúak és soványításúak lehetnek a tárolóedények nyersanyagától és soványításától. Vizsgáljuk, hogy azonos edénytípusokon belül mekkora technológiai változatosság van. A vizsgálathoz különböző edénytípusokból kell mintát választani, amelyekről a formájuk, vagy méretük alapján feltételezhető a funkciójuk, illetve a leletkörülményeik utalnak a funkcióra. A minták kiválasztásánál figyelembe kell venni, ha egy-egy edénytípuson belül jelentős, szabad szemmel látható, különbségek vannak a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében. Ebben az esetben egy adott edénytípuson belül a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni. Ha vannak olyan kerámiák, amelyek a funkciójukra utaló nyomok láthatók, pl. főzőedény esetében odaégett étel az edény belsején vagy folyadékot tartalmazó edény esetében vízkő az edény belsejében, ezekből a kerámiákból is érdemes vizsgálni, hiszen jó összehasonlító anyagot biztosítanak a többi kerámia vizsgálatához ugyanazon településről, de más hasonló korú települések vizsgálati eredményeivel is összehasonlíthatók. **Már kis számú, kb. 10-30 minta petrográfiai és min. 5-10 minta röntgenpor-diffrakciós vizsgálata is előremutató eredményt hozhat. Ezt a vizsgálati csomagot ajánlott további műszeres analitikai vizsgálatokkal kiegészíteni.**

6. Az eltérő tapintású és anyagú kerámiák, amelyek esetleg anyaguk, formájuk vagy díszítésük alapján importnak tűnnek, összehasonlíthatók a településen belül helyinek tűnő kerámiákkal. Így kiderülhet, hogy az importnak tűnő kerámiák valóban importok-e, esetleg import soványítóanyagok felhasználásával készültek (pl. grafit a kelta kerámiában), vagy pedig teljes egészében helyi termékek. Az import vagy import nyersanyagú termékek jó eséllyel felismerhetők, amennyiben azok soványítóanyagában olyan elegyrész, vagy nyomelem található, amely nem fordul elő a többi kerámia anyagában, illetve a környéken. Ha megfelelő számú import kerámia áll rendelkezésre, akkor célszerű egyenlő számú import és helyi kerámiát vizsgálni. A mintákat úgy kell kiválasztani, hogy az import és helyi kerámiák lehetőleg ugyanabba az edénytípusba (pl. korsó) tartozzanak. Továbbá előnyt jelent, ha az import és a helyi kerámiák, amelyek vizsgálatra kerülnek, ugyanabból az objektumból származnak. A vizsgálat első részében az importnak tűnő kerámiák szövétét sztereo mikroszkóp segítségével összehasonlítjuk a helyinek tűnő kerámiák szövétével. A mikroszkópos vizsgálat segítségével eldönthető, hogy mely kerámiák szövete hasonlóan az importnak tűnő kerámiák szövétére, így a további petrográfiai és műszeres analitikai vizsgálatokra szánt minták hatékonyabban kiválaszthatók. A petrográfiai vizsgálatok lényegesek abból a szempontból, hogy ezek alapján válogathatók ki a későbbi műszeres vizsgálatok számára (pl. röntgenpor-diffrakciós, röntgenfluoreszcenciás, neutronaktivációs és lézer ablációs vizsgálatok) a legmegfelelőbb minták, illetve a későbbi vizsgálatok eredményeinek értelmezése is sokkal megbízhatóbb, ha azokat összevetjük a petrográfiai vizsgálatok eredményeivel. **Az import kerámiák petrográfiai vizsgálattal történő összehasonlítása helyinek tűnő kerámiákkal feltétlen javasolt. Már kis számú, kb. 10-30 minta petrográfiai vizsgálata is előremutató eredményt hozhat. Ezt a vizsgálati csomagot műszeres analitikai vizsgálatokkal szükséges kiegészíteni.**

7. Ha a feltárt településhez temető is tartozik, vizsgálható, hogy a településen, illetve a temetőben előkerült formailag hasonló kerámiák között milyen technológiai különbségek vannak. A vizsgálatok segítségével képet kaphatunk a mindennapi életben használt kerámia és a halottak számára készült kerámia közötti lehetséges hasonlóságról és különbségről a készítéstechnika és nyersanyag tekintetében, amely a közösségek hitvilágáról adhat képet. Ebben az esetben a vizsgálathoz lehetőség szerint ugyanolyan edénytípusokat szükséges választani a temetőből és településről. Ugyanazon edénytípuson belül lehetőleg hasonló legyen a forma, illetve díszítés is. A minták kiválasztásánál figyelembe kell venni, ha egy-egy edénytípuson belül jelentős, szabad szemmel látható, különbségek vannak a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében, illetve ezek a különbségek megfigyelhetők a településen és a temetőben is. Ha ez az eset áll fenn, akkor az adott edénytípuson belül a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni a településről is, és a temetőből is. **A temető és telekkerámia összehasonlítása petrográfiai vizsgálattal feltétlen javasolt. Már kis számú, kb. 10-30 minta petrográfiai és min. 5-10 minta röntgenpor-diffrakciós vizsgálata is eredményt hozhat. Ezt a vizsgálati csomagot javasolt további műszeres analitikai vizsgálatokkal kiegészíteni.**

8. Technikai kerámiák vizsgálata. Ha a régészeti lelőhelyen olyan kerámiatárgyak kerülnek elő, amelyek feltehetőleg technikai kerámiáknak tekinthetők, vagyis bármilyen fémművességhez vagy üvegművességhez kapcsolhatók, ezen kerámiatárgyak vizsgálata feltétlen javasolt, ugyanis a különleges igénybevétel miatt

ezek nyersanyaga, illetve soványítóanyaga jelentősen különbözhet a többi kerámiától. Ezzel a vizsgálati csomaggal képet kaphatunk arról, hogy a kézművesek hogyan küszöböltek ki bizonyos technológiai problémákat. A vizsgálat hatékonyságának érdekében a technikai kerámiák és a lelőhely egyéb kerámiái közötti összehasonlításhoz úgy kell kiválasztani a mintákat, hogy az egyéb kerámiák között a minták kiválasztásánál figyelembe kell venni a jelentős, szabad szemmel is látható különbségeket a nyersanyag, illetve soványítóanyag tekintetében. Az összehasonlításhoz lehetőség szerint a különböző nyersanyagú, illetve soványítóanyagú kerámiákból is szükséges vizsgálni. **A technikai kerámiák összehasonlítása egyéb kerámiákkal petrográfiai vizsgálattal feltétlen javasolt. Már kis számú, kb. 10-20 minta petrográfiai vizsgálata is eredményt hozhat. Ezt a vizsgálati csomagot műszeres analitikai vizsgálatokkal szükséges kiegészíteni.**

9. Kerámiákon előforduló **festékek és mázak vizsgálata esetén a kerámiákból, amelyeken festék illetve máz van, ajánlott petrográfiai vizsgálatot készíteni (megegyezés szerint), de a festékek és mázak elemzését elsősorban műszeres analitikai vizsgálatokkal lehet elvégezni.** A vizsgálatra a festett, illetve mázzal ellátott kerámiákat kell kiválasztani. A vizsgálati csomag jelentőségét az adja, hogy nemcsak a festék, illetve máz összetétele, készítéstechnikája ismerhető meg, hanem a petrográfiai vizsgálat segítségével a kerámiák készítéstechnikájáról is információt kapunk. Így lehetséges összefüggések vizsgálhatók a kerámia típusa, készítéstechnikája, illetve a festett motívum, a festék összetétele, valamint készítéstechnikája között.

10. Bármely kerámiavizsgálati csomag kiegészíthető a lelőhelyről, illetve annak közeléből vett potenciális nyersanyagként szóba jöhető agyagos üledékek közettani, illetve geokémiai és ásványtani módszerekkel történő részletes, összehasonlító vizsgálatával. A vizsgálatok információt nyújtanak a tárgy és a környezet kölcsönhatásáról (a tárgy összetételében módosulás következhet be a betemetődés során, amit az elemzés során figyelembe kell venni), valamint az ember és táj kapcsolatáról, hiszen a felhasznált lehetséges nyersanyagok és a kerámiakészítés technológiájának részletes elemzése segítségével képet kaphatunk arról, hogy a fazekasok honnan, milyen messziről szerezheték be a nyersanyagaikat, illetve hogyan módosíthatták azokat, hogy alkalmasak legyenek a kerámiakészítéshez. Az agyagos üledékek mintavételezése a geo-pedológiai protokoll alapján történik. **Az agyagos üledékekből, a kerámiákhöz hasonlóan vékonycsiszolatot készítünk, illetve az elemzéseket műszeres analitikai vizsgálatokkal egészítjük ki.** Az üledékek mintavételezésének a helyéről, valamint az alkalmazandó vizsgálat típusokról egyeztetni szükséges.

Kiegészítő műszeres analitikai vizsgálatok

Röntgenpordiffrakciós vizsgálat (XRD)

Ez a vizsgálat a mintákban található ásványfázisokat határozza meg. Információt szolgáltat az ásványok átalakulásáról és a kerámiákat alkotó ásványos összetételéről, valamint a kiégetés viszonylagos hőmérsékletéről. A vizsgálat jelentősége, hogy a petrográfiai elemzést jól kiegészítve azokról a szubmikroszkópius összetevőkről - nevezetesen a plasztikus elegyrészekről - is információt kapunk, amelyek a kiégetés során képződtek, illetve részbeni, vagy teljes átalakulást szenvedtek. Így az átalakult fázisokból vissza lehet következtetni az eredeti fázisokra, vagyis a nyersanyag eredeti összetételére.

Az XRD vizsgálat nagyon jól kiegészíti bármely kerámia petrográfiai vizsgálati csomagot. Az XRD vizsgálat javasolt, ha például meg akarjuk tudni a kerámiák kiégetési hőmérsékletének tartományát. Az XRD adatot nyújt a polarizációs mikroszkóppal kevésbé vagy nem vizsgálható finomszemcsés ásványos összetételről, valamint az általában szintén nagyon finomszemcsés másodlagos fázisokról. Elősegíti a kerámiák összetételének jobb megismerését és hatékonyabb összehasonlítását, így például használható arra, hogy ha a településen vannak kemencék, beazonosítsuk, hogy mely kerámiák mely kemencében készültek.

Kémiai összetétel vizsgálatok:

Röntgenfluoreszcens (XRF), neutronaktivációs (NAA) lézer ablációs vagy plazma optikai spektrometria (ICP-OES-ICP-MS) és prompt-gamma aktivációs (PGAA) analízis. A különböző vizsgálatok különböző hatékonysággal mutatják ki a fő- és nyomelemeket, így egymást kiegészítik. A legjobb eredmények akkor érhetők el, ha a különböző vizsgálatokat kombináljuk. Az XRF-t az NAA-val érdemes kombinálni, a PGAA-at pedig az XRF-el vagy NAA-val. A PGAA vizsgálat nagy előnye, hogy önmagában használva roncsolásmentes, így egész vagy kiegészített műtárgyak vizsgálatára is alkalmas. Az ICP-OES és ICP-MS vizsgálatok a legtöbb fő és nyomelemet ki tudják mutatni, ezért önmagukban is használhatók, továbbá a vizsgálatok nagyon kis mintamennyiséget igényelnek. A kémiai összetétel vizsgálat nagyon jól kiegészíti bármely kerámia petrográfiai vizsgálati szempontot. Az eljárások jól használhatók a kerámiatechnológiai eljárások részletesebb megismerésére, illetve a kerámiák nyersanyagainak és soványítóanyagainak az

összehasonlítására, így a különböző nyersanyagok beazonosítására. A kémiai összetétel vizsgálat különösen hasznos, ha hasonló vagy különböző kerámiatípusok nyersanyagait/soványítóanyagait akarjuk összehasonlítani. A vizsgálat feltétlen javasolt, ha import, vagy importnak tűnő kerámiákat hasonlítunk össze helyi kerámiákkal, továbbá a különböző fazekasműhelyekben, vagy kemencékben készült termékek azonosítását is lehetővé teheti. Ezen vizsgálatok az adott lelőhely agyagos üledékeinek vizsgálatával együtt (lásd geo-pedológiai protokoll) különösen hasznosak az említett régészeti problémák vizsgálatára.

Egyéb kiegészítő vizsgálatok

Katódlumineszcens mikroszkópos vizsgálat

Ez a vizsgálat jól kiegészíti a petrográfiai vizsgálatot, hiszen a kerámiák szöveti és fázisösszetételét vizsgálja, így a soványítóanyagok pontosabban meghatározhatók, továbbá alkalmas a kerámiát ért utólagos folyamatok azonosítására. A vizsgálatával összetettebb képet kapunk a kerámiakészítéshez használt nyersanyagokról.

A transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálat (TEM)

Az eljárás jól kiegészíti a polarizációs mikroszkópos vizsgálatot, mivel a minták nagyobb mikroszkópos felbontásban vizsgálhatók. Ennek a vizsgálatnak nagy jelentősége van a kiégetési folyamatok során lezajló ásványátalakulási folyamatoknak, az anyag plasztikussá válásának hatására létrejött átrendeződés és az üvegesedés kialakulásának részletes nyomkövetésében, ezáltal a kiégetési-hőntartási hőmérséklet becslésében. A vizsgálat továbbá alkalmas a kerámiákon megfigyelhető festékek és mázak összetételének, lehetséges eredetének, készítési technológiájának, kiégetési körülményeinek, valamint a színezőanyagok típusának a vizsgálatára. Az eljárással jól vizsgálhatók és összehasonlíthatók a különböző mintákban az ásványok alakja, megjelenése, mérete és kémiai összetétele. Így összetettebb képet kapunk a kerámiák nyersanyagáról és soványítóanyagáról.

Elektronmikroszondás ásványkémiai vizsgálat

Az eljárással nyomon követhetjük a kerámiában az ásványfázisok kémiai összetételének változását. Az eljárás jól kiegészíti a hagyományos fénymikroszkópos vizsgálatot. Alkalmas a kerámiákat alkotó fázisok kémiai összetételének, valamint mikroszövetének a vizsgálatára, illetve egyedi ásványszemcsék azonosítására. A minták mikroszvöveti alkotóelemeinek kémiai összetétele vizsgálható akár mikrométeres tartományban is. A nyert adatok a kerámia készítéséről adnak további információt. Ez a vizsgálat szintén alkalmas a kerámiákon megfigyelhető festékek és mázak összetételének, lehetséges eredetének, készítési technológiájának, kiégetési körülményeinek, valamint a színezőanyagok típusának a vizsgálatára. A nyert adatok a kerámia készítéséről adnak további információt. Ez a vizsgálat szintén alkalmas a kerámiákon megfigyelhető festékek és mázak összetételének, lehetséges eredetének, készítési technológiájának, kiégetési körülményeinek, valamint a színezőanyagok típusának a vizsgálatára.

FT-Raman és FTIR spektroszkópiai és mikroszkópiai vizsgálatok

A karakterisztikus rezgési frekvenciák mérésén alapuló infravörös és Raman-spektroszkópiai technikák egyszerre alkalmasak szerves és szervetlen eredetű – műtárgyakban általában heterogén keverékként jelen lévő anyagok gyors és megbízható azonosítására. A teljesen roncsolásmentes, semmilyen mintaelőkészítést nem igénylő Raman-spektroszkópia és mikroszkópia, illetve az ugyancsak roncsolásmentes vagy mikro-roncsolásos FTIR mikroszkópia nagy szelektívásának, jó érzékenységének, és nagy felbontásának köszönhetően alkalmas festékek és azok kötőanyagának esetleges azonosítására, valamint összehasonlítására.

Mikromineralógia

Ez a vizsgálati eljárás a petrográfiai vizsgálatot nagyon jól kiegészítve a kerámiákban lévő nehézásványok vizsgálatára alkalmas, lehetőséget adva a kerámiák nyersanyagainak részletesebb összehasonlítására, így lehetővé válik a nyersanyagok eredményesebb megkülönböztetése, a lelőhelyről vett üledékmintákkal összehasonlítva pedig a nyersanyaglelőhelyek meghatározása

