

SZILIKÁTTECHNIKA

A Mátyás-templom kőzetanyagának állapota

Török Ákos – Hajnal Géza – Emszt Gyula – Árpás Endre László
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke

The stones in Mathias Church, decay and restoration

The Mathias Church was constructed from two types of limestone, from coarse porous Miocene limestone and from Pleistocene travertine. Three types of coarse limestone and five types of travertine were identified on the facade. The coarse limestone ashlars and ornaments show signs of severe decay while travertine blocks are less weathered. Gypsum-rich dark-coloured weathering crusts are the most common weathering features. The removal of weathering crusts leads to catastrophic stone decay and backstepping of stone surfaces. The stone deficiencies and weathering forms of facades

are shown on drawings. The necessary interventions to restore the stones are divided into four phases. The timing of future conservation and repairs are also described, which has to be preceded by photogrammetric survey and state of stone ornaments and stone spire survey. The cleaning of stone surfaces, the replacement of stones, the pointing and filling of joints, the detailed analyses of the interior parts of the stone walls and testing of salt contents of the stones form the parts of the recommended works. It is also necessary to perform static calculations for analysing the stability of the stone structures. This survey provided sound information for the on going restoration works of the church.

1. Bevezetés

A budavári Nagyboldogasszony-templom, ismertebb nevén a Mátyás-templom állapota az utóbbi évtizedekben folyamatosan romlott. A kőzetek pusztulása odáig vezetett, hogy 2001-ben nagyobb kőzetdarabok hullottak le a templom homlokzatáról, és a fal egyes szakaszai életveszélyessé váltak. A kőzetállapot felmérésére és a szükséges beavatkozások megállapításra készültek el az alábbiakban bemutatott vizsgálatok. Mindezzel párhuzamosan folyt a statikai felmérés, a tetőszerkezet vizsgálata és a templom állagfelmérése, valamint felújítási tervek születtek még 2001-ben. A jelenleg folyó, 2004-ben megindult állagfelmérés és felújítás alatt a templomot felállványozták, amelyre akkoriban még nem kerülhetett sor. 2001-ben a kutatáshoz csak a templom M = 1:100 méretarányú homlokzati rajzai és alaprajza állt a rendelkezésünkre. A homlokzati rajzok a kőkiosztásokat még nem mutatták.

A mérések és vizsgálatok célja a templom kőanyagának felülvizsgálata, a szükséges beavatkozások megállapítása, valamint a kőszerkezeteket érintő kivitelezési munkák behatárolása volt.

2. Vizsgálati módszerek

A kőzetanyag meghatározása és az alapkőzettípusok elkülönítése az MSZ 18281 – 79 sz. alapján történt. A pontos kőzettani leíráshoz és a mállási jelenségek feldolgozásához a nem szabványosított hazai és nemzetközi szakirodalmat

használtuk fel. Roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok készültek digitális Schmidt-kalapáccsal több száz darab durva és forrásvízi mészkő tömbön (műszer: Digi Schmidt 2, ND-1 1288). Minden szilárdsági vizsgálat alá esett tömbnek meghatároztuk a nedvességtartalmát (műszer: GANN Hydromette UNI 1, 12-05136). A jellemző kőzettípusok vízbeszívását helyszíni, pipás vízbeszívásos módszerrel mértük meg.

3. Eredmények

A Mátyás-templomot két fő kőzettípusból, a durva mészkőből és a forrásvízi, más néven édesvízi mészkőből mint természetes kőanyagból építették. Ezen két mészkőtípuson kívül egy-egy tömb tömött mészkövet is találtunk a helyszíni felméréskor. A két fő kőzettípus megjelenésében és fizikai tulajdonságaiban is különbözik, de elkülönítésük problematikus lehet, ha fekete elszíneződés vagy bevonat található rajtuk, és a kőzetfelület nem megközelíthető. A kőzettípuson belül kőzetváltozatokat is el tudtunk különíteni.

3.1. Kőzetek és jellemzőik

Durva mészkő

Világossárga, fehéres sárga színű kőzet. Jellemző, hogy apró méretű, jól kerekített szemcséket (ooidokat) tartal-

maz. Az ooidos szövet mellett megjelennek még olyan közetváltozatok is, amelyekben nagyszámú csigamaradvány, illetve vörösalga-törredékek fordulnak elő. A makroszkópos közettani vizsgálatok alapján finom szemű, középszemű, durva szemű típusokat különítettük el. Az egyes típusok közt átmenet lehetséges, sőt egyes típusok egy közetblokkon belül együtt is előfordulhatnak.

A *finom szemű durva mészkő* igen apró, 1 mm vagy annál kisebb ooidokból áll. Szövege egyenmű. Keresztrétegzettséget nem, vagy csak nagyon ritkán mutat, nagyobb szemcsék, ősmaradványok ritkán fordulnak elő benne. A *középszemű durva mészkőben* a *Cerithium* típusú csigák a leggyakoribbak. Ennél a változatnál a keresztrétegzettség a blokkokon több helyen felismerhető. Kisebb kvarc- és kvarciticavicsok is előfordulnak a középszemű durva mészkőben (a tradicionális kőművesiparban Forzug típusként szokták emlegetni). A *durva szemű* változat nagy mennyiségű, több milliméteres ooidot, néha centiméteres ősmaradványokat tartalmaz. Ezt a változatot az előző két típushoz képest nagyon ritkán alkalmazták a templom építésénél. Van egy vörös algás változata is, amely több centiméteres vörösalga-gumókat tartalmaz, és ősmaradvány-tartalma is eltér a többi durvamészkő-változattól.

A durva mészkő, vagy más néven puha mészkő, erősen porózus kőzet. Kisméretű, egymással jól kommunikáló pórusai miatt effektív porozitása 20–30 V%-ot is elérhet. Légszárzástest-sűrűsége 1800 kg/m³, víztelítés hatására megváltozik, és vízzel telített állapotban akár 2100–2200 kg/m³-es nagyságrendet is elérhet. Az egyirányú nyomószilárdsága – a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék korábbi mérési adatai alapján – 2–11 MPa között változik.

A durva mészkő szilárdsági tulajdonságairól a roncsolásmentes vizsgálaton kívül *roncsolásos vizsgálattal* is nyertünk információt. Ehhez a Mátyás-torony középszemű durva mészkővéből vettünk mintát. A szabványosan kialakított próbatesteken *egyirányú nyomóvizsgálatot* végeztünk. A nyomószilárdság átlaga 7,38 MPa-ra adódott. A mintául szolgáló közettömb átlagos *Schmidt-értéke*: 21,4.

A miocén kori durva mészkő a XIX. század végének kedvelt építő- és díszítőköve volt, melyet a fővárosban is gyakran használtak. Több ismert durvamészkő-bánya ma már nem üzemel, így pl. Kőbányán, ahol a felszín alatti bányavágatokból termelték ki, vagy Budafokon, ahol hasonló módszerrel művelték a durva mészkövet. A Tétényi-fennsík és térsége szintén kedvelt bányahely volt. Az egyik legismertebb külszíni kőfejtő pedig Sósúton található.

A durva mészkövet Schulek Frigyes a templom átépítésénél a következő felületek építésénél használta fel: a) burkolóként külső falburkolatok, támpillérek burkolatnál; b) tömbökként támpillérekben és egyes falszakaszokban.

Forrásvízi mészkő (travertin)

Barnássárga, krémszínű, kemény kőzet. Az erősen cementált travertin több közetváltozatát is felhasználták a templom építéséhez, melyek elsősorban szövetükben, pórusmé-

retükben és ősmaradvány-tartalmukban különböznek, de fizikai tulajdonságaikban igen hasonlóak lehetnek. A templom kőzetanyagából megismert öt forrásvízi mészkőtípus a következő: a) finom szemű (mikrites), kevés apró pórusossal; b) rétegzett, szabálytalan, de rétegzés szerinti megnyúlt pórusokkal; c) növényi szármaradványokat foltokban tartalmazó, rétegzetlen; d) onkoidos, többnyire rétegzett; e) kissé agyagos, finom szemű. Hasonló közettípusokat ismerünk a Várhegy területéről, természetes előfordulásokból (Török 2003a). A durva mészkőhöz hasonlóan a fenti közetváltozatokból átmeneti típusok is előfordulnak, így egy tömbön belül is akár rétegzett pórusos és finom szemű, mikrites változat is megfigyelhető.

A *finom szemű, mikrites forrásvízi mészkő* igen kemény, szívós közetváltozat. Kisméretű és kevés pórust tartalmaz, melyek eloszlása nem szabályszerű, egyenetlen. A rétegzett forrásvízi mészkő legtöbbször nagy mennyiségű és változó réteg szerinti elrendezésű pórusokat tartalmaz. A rétegzett forrásvízi mészkő tömböket leginkább a rétegzésre merőlegesen ható terhelés érheti, így a beépítéskor ezt az esetet többségében figyelembe is vették. Ennek ellenére találtunk olyan tömböket, amelyeket nem megfelelően alakítottak ki, és rosszul építettek be. Ezek többsége nem a Schulek-féle átépítés alkalmával, hanem utólagos kőpótlásként vagy kőcserével került az épületbe. A *növényi szármaradványokat tartalmazó, rétegzetlen forrásvízi mészkövet* („fitohermás” travertin) ritkán építették be a templom kőzetanyagába. Erre a közetváltozatra a magasabb rendű növények mészkéreggel bevont és így fosszilizálódott csoportjainak megjelenése utal. Az *onkoidos forrásvízi mészkő* 5–6 cm-t is elérő kerekített meszes formákat, onkoidokat tartalmaz. Az onkoidos közetváltozat igen gyakran rétegzettséget mutat. A *kissé agyagos, finom szemű forrásvízi mészkő* általában valamivel sötétebb színű, mint a többi forrásvízi mészkőváltozat. Az időjárásnak kevésbé ellenálló, és ezért mállásra hajlamosabb. A helyszíni vizsgálatok során csak egy-egy ilyen típusú beépített közettömböt találtunk, de ezek a tömbök általában mállottak, élcsoportultak és elég rossz állapotúak.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén hosszú éveken át folytatott közetfizikai mérések alapján a forrásvízi mészkő az alábbi tulajdonságokkal jellemezhető. A testsűrűsége a durva mészkőénél jóval nagyobb, 2100 és 2500 kg/m³ közötti. Pórusrendszere változó, részben összekötött, részben zárt pórusokkal jellemezhető, így látszólagos porozitása 3–11 V% között változhat. Nyomószilárdsága elérheti az 50 MPa értéket is, amely a durva mészkő szilárdsági értékének többszöröse. Ez a szilárdság víztelítés hatására sem csökken jelentősen.

A pleisztocén korban keletkezett forrásvízi mészkövek jelentős része a Budai-hegységben és a térségében feltörő langyos és meleg forrásokból vált ki. Hasonló forrástevékenység, illetve mészkőképződés ismert még a Gerecse területéről, Süttő környékéről. A budai előfordulásokat már a római kortól kezdve bányászták, így a valamikor aktív bányák nagy része a viszonylag kis vastagságú forrásvízi

mészke lefejtésével már megsemmisült. A római kort követően a középkorban és az újkorban is kedvelt építő- és díszítő maradt a travertin. A forrásvízi mészke a XIX. században is igen népszerű kőzet volt, ezért is választhatta Schulek Frigyes a templom újjáépítéséhez. A kiválasztás másik szempontja a kedvező fizikai tulajdonságokon túl az volt, hogy a templom középkori falai nagyrészt ilyen kőzetből készültek, és a templom környékén húzódó pincerendszer is forrásvízi mészkeben húzódik (részleteket lásd Krolopp et al. 1976 és Hajnal 2003). Maga a budavári Nagyboldogasszony-templom is forrásvízi mészke mint szilárd kőzetalapra épült, így a forrásvízi mészke egy része akár a Várhegy területéről is származhatott. Forrásvízi mészke-előfordulásokat és régebbi bányákat ismerünk még a Gellért-hegy területéről, vagy az óbudai Kiscelli-fennsík térségéből, a távolabbi környékről pedig a budakalászi és a süttöi előfordulás a legismertebb.

A templom teherviselő kőszerkezeteinek jó része forrásvízi mészkeből készült. Emellett még a nagy igénybevételnek és erős időjárás hatásnak kitett formákat is ebből a kőzetből készítették el. Burkolóként a külső falburkolatnál a lábazati rész, a támpillérek lábazata áll forrásvízi mészkeből. A tömb- és teherviselő kőszerkezetek többsége, az ablakpárkányok, az oromzat, a zárókövek, a tornyok és fiatornyok, az oszlop- és pillérfők, a kapuzat, a vízelvezető kőszerkezetek, a vízkövek anyaga is forrásvízi mészke. A díszítőelemeknél, a korlátoknál is alkalmazták.

3.2. Kőzeteket ért elváltozások, mállási jelenségek

A budavári Nagyboldogasszony-templom kőzetanyagát a külső hatások közül klimatikus változások és antropogén hatások érik. A klimatikus hatások közül az időjárás tényezőkkel (csapadék, szél) és azokon belül is a téli időszakra jellemző fagyás-olvadási ciklusokkal kell számolni. A természetes mállási folyamatokat felgyorsítja az emberi tevékenység következtében kialakuló légszennyeződés. Ennek mértéke Budapest területén igen jelentős, és még a viszonylag kiemelt helyzetű Várhegyen is érzékelhető (Török 2002). A főbb tényezők a kén-dioxid ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nitrogén-dioxid ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és üledék por ($72 \text{g}/\text{m}^3$), amelyek miatt Budapest a szennyezett levegőjű városok közé tartozik. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a budavári Nagyboldogasszony-templom kőzeteit építésük óta a természetes málláson kívül az utóbbi évtizedekben a légszennyeződés hatására felgyorsult „antropogén mállás” is károsítja.

A templom kőzetanyagán észlelt elváltozásokat mállási kategóriákra osztottuk (Fitzner et al. 1995 alapján). A jelen vizsgálatokhoz egy olyan rendszert dolgoztunk ki, amely első lépésben figyelembe veszi a kőzetanyag állapotát, második lépésben pedig a kőzetanyag állapota alapján beavatkozásokat javasol minden egyes kőfelületre. Így a beavatkozások fajlagos költségének ismeretében a

beavatkozások teljes, a templomra vonatkozó költsége is kiszámolható. Az így kialakított rendszerek az is az előnye, hogy a beavatkozásokat vagy a szükséges felülvizsgálatokat sürgősségük szerint, azaz elvégzésük üteme szerint is csoportosítja. Ennek alapján négy kategóriát állapítottunk meg: 1) *beavatkozást nem igényel*; 2) *jövőbeni beavatkozást igényel*; 3) *tisztítás utáni felülvizsgálatot igényel*; 4) *sürgős beavatkozást vagy azonnali felülvizsgálatot igényel*.

A jelenségek leírása előtt mindenképpen meg kell említeni, hogy ezek az elváltozások egymással kombinálódhatnak, és egy adott kőzetfelületen együttesen is jelentkezhetnek. A jelenségek bemutatása és ábrázolása itt terjedelmi okokból csak rövidítve szerepel (jelenségtípusok osztályozását lásd részletesen Török 2004, 2005).

Felülethátrálás a durva mészke blokkok gyakori mállási formája, amely a legnagyobb kőzetpusztulást eredményezi. Legfontosabb a *kéregleválás*, amelynek következtében a kőzetből akár 0,5–1 cm-es felület is leeshet, és így a kemény, gipszes kéreg megszűnésével a kéreg alatti gyengébb, gyakran szemcsésen kipergő, durvamészke-felület feltáródik, és gyors ütemű pusztulásnak indul (1. ábra). A felülethátrálásnak a másik, itt megfigyelt változata a *pikkelyeződés*. Ekkor vékony, mm-es lapocskák válnak le a kőzet felületéről.



1. ábra. Leváló fekete mállási kéreg alatt feltáródó, gyorsan pusztuló durva mészke

Reliefkialakulásakor a kőzet felületén szelektív mállást figyelhetünk meg, ilyenkor a felület nem egyenletesen pusztul le. Formái a *felhólyagosodás* és a *kéreg felpúposodása*, amely a durva mészkekre jellemző. A forrásvízi mészkeon ezzel szemben a relief kialakulása viszonylag ritka jelenség, de *mikrokarsztos oldódási formákat* a lábazat több kőelemén is megfigyeltünk.

Kéregkialakulás a legsűrűbben előforduló mállási jelenség, amely mindkét mészke típusra (durva és forrásvízi mészke) jellemző. A durva mészkeon kialakuló kéreg a kőzet károsodását okozza, míg a forrásvízi mészkeon csak felületi bevonatként jelentkezik, és a kéreg leesé-

sével vagy eltávolításával a kőzetanyag nem károsodik. *Világos kéreg* csak a durva mészkő blokkokon alakul ki, hasonlóan Budapest többi durva mészkőből épült műemlékéhez (Török 2003b). *Fekete, vékony kéreg*, vagy *fekete, gömbös kéreg* mindkét mészkőtípusnál előfordul. Utóbbi a párkányok alatt, védett falszakaszokon gyakori.

Só kiválást, a kőzet külső felületen jelentkezőt és a felület alattit (kéreg alatt) a durva mészkő tömbök némelyikén találtunk. Nedvesség hatására megindul a só kiválás (elsősorban a cementfugában található sók), és ez fehér porszerű kiválás formájában, koncentráltan jelentkezik a kőzeten. A só kiválás nemcsak a külső falfelületeken, hanem a templombelsőben is több helyen jelentkezik (pl. oldalkápolna falán, Lorettói kápolna falán).

Az *elszíneződés* legfeltűnőbb formája a zöldes színű, *rezes elszíneződés*, amely a szivárgó ereszcatornákból, bronz- és rézelemekből származik. Továbbá a *mészkőfelület kifakulását*, kifehéredését is észre lehet venni, elsősorban a csapadék áztatta falszakaszokon, falfelületeken (pl. párkányokról falra rácsapódó esővíz mosta falfelület).

Már messziről feltűnő jelenség a templom homlokzatán a sötét színű, szürke, fekete kőzetblokkok vagy díszítőelemek megjelenése. A feketedés a légszennyezésből származó por *felületi lerakódásának* a következménye. A száraz, ún. porkéreg nagyon ritka a templomon (pl. sekrestye külső bejáratánál). Ehelyett inkább jellemző, hogy a fekete por beépül a mállási kéregbe, és így megkötődik, nem söpörhető le. Ezáltal alakulnak ki a *fekete kéreg*ek, amelyek fő másodlagos ásványa a gipsz (Török 2003c). A kéreg fekete színét a beágyazott por- és koromszemcsék okozzák, így az elszíneződés nem felületi, és általában nehezen távolítható el. A másik fontos felületi lerakódást a *madárürülék* okozza, amely esztétikai hatása mellett a kőzetfelületet is károsítja. Nagyon kevés *festéknyomot* (graffiti) is találtunk a templom külső falán (pl. É-i homlokzat, vörös festéknyomok).

Törések, repedések kialakulhatnak az épület szerkezeti mozgása miatt vagy a fagy hatására is. Mindkét esetre sok példa található a templomon. A korlátok jelentős százalékban áttörtek, átrepedtek, de törés látható több pilléren vagy akár a torony több köelemén is. A szakszerűtlen javítás, a mállás vagy a hő és szerkezeti mozgások következtében a *fugák szétnyíltak vagy elmozdultak* (2. ábra). A rossz fugázóanyagválasztás miatt, ami az utólagos „javításoknál” feltűnő, a fuga több helyen kiesett vagy megrepedezett. Ez hozzájárul a kőzettömbök elmozdulásához, szétnyílásához.

A templom több háborút és fegyveres harcot is átél, amelyek komoly nyomokat hagytak a kőanyagon. A korábbi restaurálások ellenére sok *belövésnyom, golyónyom, kőzetsorbulás* látható, amelyeknek egy részét megpróbálták kijavítani. A javítások többsége szakszerűtlen, és inkább ártott a kőzetanyagnak mint használt.

A nyitott fugákban, a párkányokon, ahol szerves anyag, por halmozódik fel, és időszakos nedvesség is van, növények telepedtek meg. Az alsóbb rendű növények (mohák) mellett lágy- és fásszárúakat is találtunk. Ezek esztétikailag



2. ábra. Szétnyíló fugák a toronyban

sem megfelelőek, másrészt a fugák tágításával, a gyökérsavak maró hatásával rongálják a kőzetanyagot.

A nagyszámú látogató is jelentős hatást gyakorolhat a kőzetre. A forgalmasabb turistaútvonalakon, főleg a meredek, lépcsős szakaszokon az emberek megérintik a kőzetet, amely annak kifényesedéséhez, polírozódásához vezet. Továbbá a kezeikről még vékony zsíros bevonat is ráakadott a kőzetre. Ilyen részt találunk például a múzeum lejárati lépcsőjének korlátjánál, illetve a sekrestye külső bejáratának oszlopain is.

A belső falazatoknál általában nem látható közvetlenül a kőzet. A meghibásodások, beázások környezetében a festéseken átrajzolódik a kőkiosztás kontúrja, illetve só kiválások és elszíneződések jelennek meg a falazaton. A beázásokat a csapódó esővíz és a rossz vízvezetés, ereszcatorna-hibák (pl. Lorettói kápolnánál) okozzák. A talajszintről a falazatba felszívódó víz nyomai nem voltak láthatóak, ami a templom földtani környezetéből adódóan természetesnek is vehető, mivel a forrásvízi mészkőben nem tárolódik talajvíz.

3.3. Javítások

Többgenerációs és különböző anyagokat alkalmazó javítási fázisok nyomait találtuk meg a templom külső

homlokzatán, a tetőn és a toronyban. Ezek közül a legjelentősebbeket, hacsak felsorolászerűen, de itt bemutatjuk. Fontos megjegyezni, hogy az utóbbi évek javításai a kőzetanyagok inkább ártottak mint használtak. A cement alkalmazásával olyan anyagok és sók kerültek a kőzetkörnyezetbe, amelyek korábban nem voltak ott jelen. Ezek a sók és a cement egyéb tulajdonságai az amúgy természetes mértékű mállási folyamatokat begyorsították, és a kőzetanyag gyors tönkremeneteléhez vezetnek. A szakszerűtlen javítási módokat, a rossz anyagválasztásra és a hibás kivitelezésre rengeteg példát találtunk. A legfontosabb javítások és a felhasznált anyagok alábbi felsorolásában a javítások nem kronológiai sorrendben, hanem a felhasznált módszerek szerint következnek.

A javításoknál több esetben fémeket alkalmaztak. *Pántolást* találtunk a korlátoknál, kisebb díszítőelemeknél. Az acélpántok többsége rozsdás, korrodált (3. ábra). A kisebb



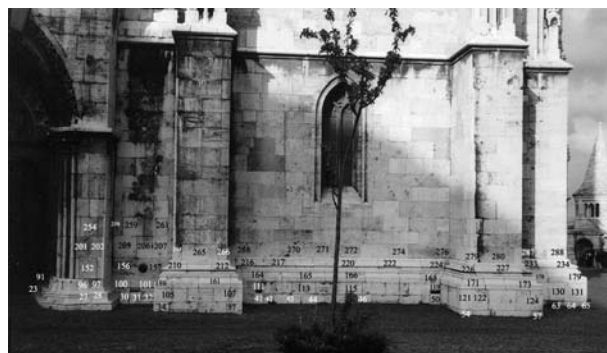
3. ábra. Átrepedt forrásvízi mészkő korlát pántolás rögzítése. Az esőtől védett részekben fekete mállási kéreg van a mészkövön

díszítőelemek és fiatornyok rögzítése belső fémtüskével (anyaguk: nem rozsdamentes acél!) és cementtel történt, aminek korróziója vezetett oda, hogy nagyobb kőelemek is leestek, így a templom környéke balesetveszélyessé vált. Fontosabb *cementkikenéses és fugázásos* javítások generációit lehetett megkülönböztetni. Szürkecement fugázás és kikenés az 1990-es évek közepén (pl. tetőfedők „munkája” az É-i oldal, karzatszint és támpillérek felső része). Fakószürke cementet (pl. K-i oldalon a robbantás körüli rész „rekonstrukciójánál”) és középszürke cementhabarcsot alkalmaztak a golyónyomok kikenésére (pl. főhomlokzaton). Fehércementet (pl. K-i oldal egyes kőpótlások fugázásánál) és jóval korábban világosszürke cementet használtak főleg ott, ahol a durva mészkő kőzetblokkon a mállási kéreg képződése megindult. A blokkperemeken a kéreg felkunkorodását próbálták ilyen kikenéssel „javítani”. A kőfelület levésére utaló barázdákat is megfigyelhetünk. Nagyon valószínű, hogy a fekete elszíneződést akarták ilyen módszerrel eltávolítani a kőfelületről, amely a kőzet külső felületének eltűnését, azaz károsodását okozta. Ennek nyomát őrzi a főkapu melletti homlokzat (Ny-i homlokzat É-i része), illetve a

D-i homlokzat több kőeleme is. Ezt a munkafolyamatot követte még legalább egy cementezési fázis. Korszerűbbnek mondható, kissé rózsaszínes tercites és még maig időtálló javításokat is találtunk. Ily módon nagyobb, több cm-es felületi hibákat, letöréseket, pórusokat javítottak, és helyenként a fugahiányokat is pótolták ezzel. A fenti módszerekkel nem javítható felületeknél és nagyobb tönkrement kőzetblokkok esetén alkalmazták a kőpótlást. A golyónyomokat vagy a hibás kőzetblokkokat is kőpótlással javították. A kőpótlások egy része szakszerűtlen (pl. nem veszi figyelembe az eredeti kőzet rétegzettségét). A kőfelületek lekenése és lefestése is előfordul. A főbejárat kapuzatán, illetve a sekrestye bejáratánál találtunk hasonlóan felvitt vékony bevonatokat.

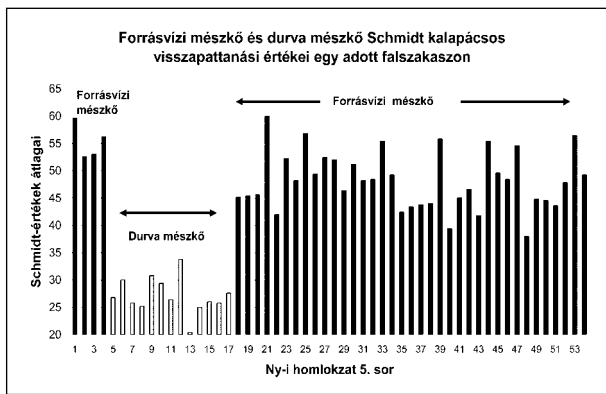
3.4. Helyszíni roncsolásmentes vizsgálatok eredményei

A helyszíni Schmidt-kalapácsos vizsgálatokat kiválasztott falszakaszokon végeztük el. A falszakaszokon az egyes kőzetblokkokat megszámoztuk (4. ábra), és minden egyes blokkon tíz mérést végeztünk, amit kiátlagoltunk, majd kiszámoltuk az eredmények szórását. A mérésekből kitűnt, hogy a forrásvízi mészkő és a durva mészkő Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékei jelentősen eltérnek egymástól, még azonos falszakaszokon belül is. A mállott

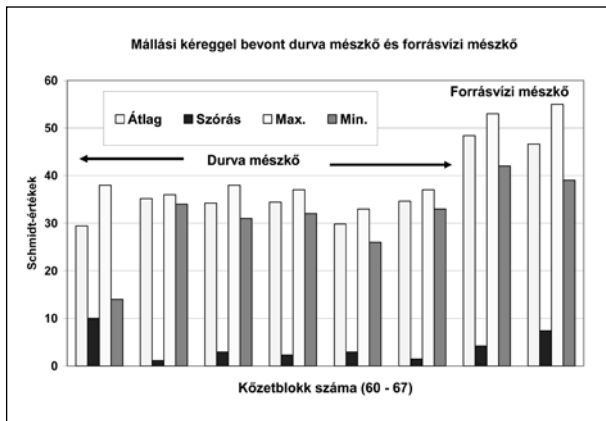


4. ábra. A főbejárat körüli homlokzat a kőzetblokk számozásával

forrásvízi mészkő Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékei jelentősen meghaladják a durva mészkő értékeit (5. ábra). Mállás hatására azonban a forrásvízi mészkő visszapattanási értékei minden esetben redukálódnak az üde kőzetéhez viszonyítva. A durva mészkő esetében ez a tendencia nem minden esetben mutatható ki. A mállási kéreg kialakulása több esetben a kőzet felületi szilárdságának növekedését eredményezi, azaz a Schmidt-kalapács visszapattanási értéke megnövekszik. Amennyiben a mállási kéreg fellazul vagy leválik, akkor a felületen mért szilárdság rohamosan lecsökken. Ilyenkor a kéreg alatti fellazult és mállott durvamészkő-zóna feltárul, és igen alacsony vagy már mérhetetlen Schmidt-kalapácsos visszapattanási értékeket kapunk (6. ábra). Ezek a mérési eredmények összhangban vannak Török (2002, 2003) vizsgálataival.

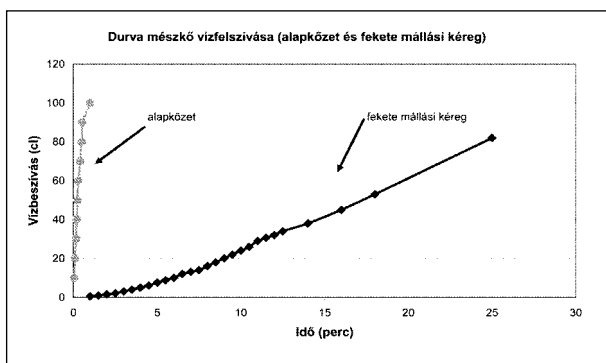


5. ábra. Ny-i homlokzat vegyes rakású kősorának szilárdsági vizsgálata



6. ábra. Málló, fekete kérges durva mészkő és fekete bevonatos forrásvízi mészkő összehasonlítása

A pipás vízbeszívásos mérések alapján megállapítható, hogy a durva mészkőn kialakult mállási kéreg közül a fehér mállási kéreg jóval vízzáróbb, mint a durva mészkő alapkőzet. A fekete mállási kéreg vízáteresztő képessége is kisebb mind a forrásvízi mészkő, mind a durva mészkő alapkőzetnél. Feltűnő, hogy a durva mészkőn kialakuló kéreg az alapkőzethez viszonyítva sokkal inkább vízzárónak tekinthető (7. ábra).

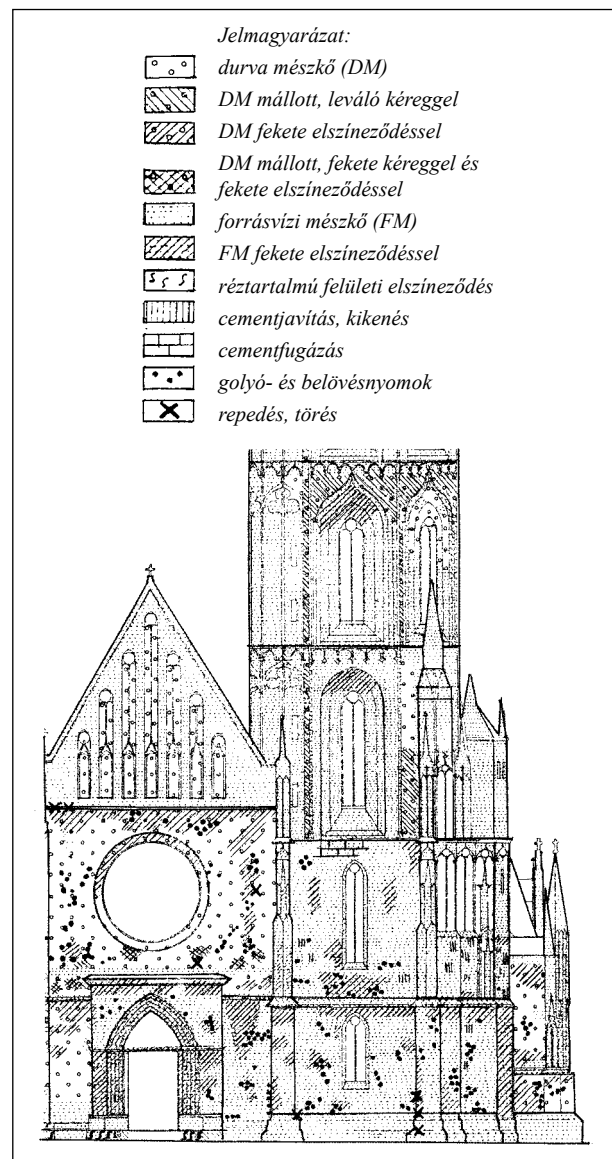


7. ábra. Az alapkőzet gyors és a fekete mállási kéreg lassú vízfelszívása durva mészkő esetén

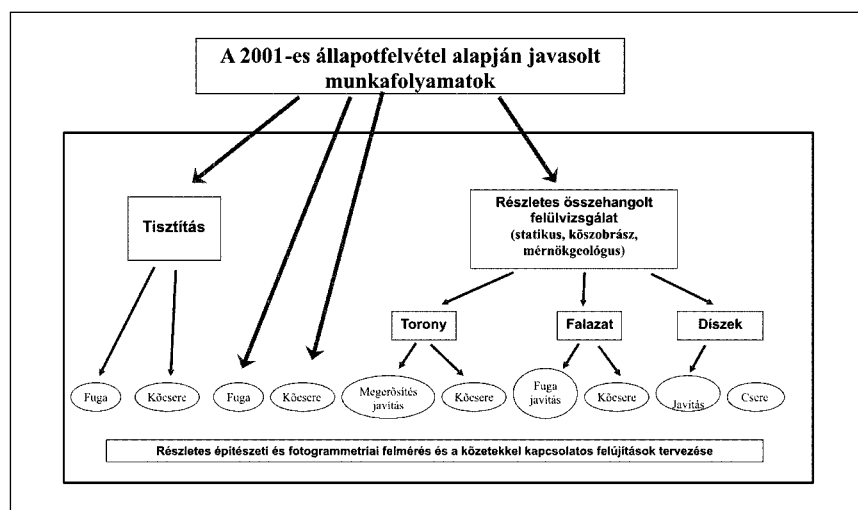
3.5. Kőzetfelújítási munkák főbb fázisai

A kőzetfelújítási munkák alapját az egyes homlokzatok állapotterképe és beavatkozási térképe alapján lehetett összegezni. A mállási jelenségek és a múltbéli javítások közül azonban nem mindegyik olyan mértékű, hogy a templom állapotfelméleti rajzán bemutatnánk, illetve olyan kis felületre korlátozódik, hogy a rajz méretaránya miatt nem ábrázolható. A kőzetet ért elváltozásokat bemutató rajzok közül itt példaként a főbejárat felőli nyugati homlokzat szerepel (8. ábra).

A kőzetfelújítási munkák közül az alábbi munkafolyamatokat kell elvégezni. A fekete, kérges bevonatos kőfelületek egy része felülettisztítást igényel. Az elfeketedett felületek tisztítását nem elsősorban esztétikai okok teszik szükségessé (egyes vélemények szerint a fekete foltok patinássá teszik a templomot), hanem az, hogy megállapítható legyen a fekete kéreg alatti kőanyag állapota. Felmérésünk



8. ábra. A nyugati homlokzat (főbejárat) kőzetállapot-felvétele



9. ábra. A kőzetállapot-felmérés alapján javasolt munkafázisok folyamatábrája

alapján a tisztítandó kőfelület nagysága 1110 m²-t tesz ki, amiből 630 m² az északi, az esőtől védett oldalra esik. A jövőbeni beavatkozások első csoportjába a cementfugázások és -kikenések eltávolítása és az új fugázat készítése tartozik. Ehhez a munkához könnyű állványzat építésére van szükség. Ez közel 870 m²-es felületre terjedne ki, amiből mintegy 460 m² a keleti homlokzatra esik. A kőanyag cseréjével elsősorban az erősen mállott durva mészkő blokkok esetében kell számolni. A köcsereire ítélt kőzetblokkok pontos mennyiségét csak a teljes homlokzat felállványozása és az egyes kőzetblokkok vizsgálata alapján lehet megmondani. A sürgős és a balesetveszély elhárításra szolgáló beavatkozások közé tartozik a mozgó kőzetlemez (fiatornyok) eltávolítása, a balesetveszélyt okozó törések, repedések, élc sorbulások javítása. Ezek közül a legveszélyesebb kőzetlemez (faragott díszek, fiatornyo-elemek, vízköpők) eltávolításra 2001-től kezdve több fázisban sor került, valamint a bejárat fölé védőtetőt készült, és a templomot védőkerítéssel körülkerítették még a 2004-es állapotfelmérés előtt. A kőzetfelújítás 2001-ben általunk javasolt legfontosabb munkafázisait a 9. ábra mutatja.

4. Összefoglalás

A budavári Nagyboldogasszony-templom két főbb kőzet-típusból, a durva mészkőből és a forrásvízi mészkőből áll. A durva mészkőnek három főbb változatát, míg a forrásvízi mészkőnek öt kőzetváltozatát különítettük el. A forrásvízi mészkő kevésbé mállott, jobb állapotú, míg a durva mészkő jelentősebb, a kőzet szerkezetét is károsan befolyásoló mállást mutat. A mállás legjellemzőbb formái a mállási kérgék (fekete gipsztartalmú kérgék) és az azok leválásával kialakuló felület-hátrálás. A templom kőzetanyagának felújításához szükséges beavatkozásokat négy csoportra osztottuk, és homlokzati rajzokon ábrázoltuk. A jövőbeni beavatkozások ütemezését megadtuk, és javaslatot tettünk az épület részletes építészeti és fotogrammetriai felmérésére, a torony és a kődíszek

állapotának részletes felmérésére. A beavatkozások közül a felülettisztítás, a köcsere, a fugajavítás vagy csere, a falazat kőanyagának kísérleti megbontása és a falazat belső részének feltárása, a burkolókövek sótartalmának megállapítása szerepel. Szükség van továbbá a kőszerkezetek statikai állapotának feltárására is. Mindezek a munkálatok a Mátyás-templom felújításával kapcsolatban megkezdődtek.

Köszönetnyilvánítás

A cikk megírását Török Á. (BO/233/04) és Hajnal G. (BO/161/04) Bolyai János-ösztöndíja támogatta. Köszönettel tartozunk *Mátéffy Baláznak* és *Bánóczy Elődnek*, akik a munkánkat sok szempontból segítették, és lehetővé tették bejutásunkat a templom területére.

Irodalom

- [1] *Fitzner; B. – Heinrichs, K. – Kownatzki, R.* 1995. Weathering forms-classification and mapping. In: *Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung I.* Berlin, Ernst and Sohn, pp. 41–88.
- [2] *Hajnal G.* 2003. A budai Várhegy hidrogeológiai vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest, 129 p.
- [3] *Krolopp E – Schweitzer F. – Scheuer Gy. – Dénes Gy. – Kordos L. – Skoflek I. – Jánossy D.* 1976. A budai Várhegy negyedkori képződményei. *Földtani Közöny*, 106, 193–228.
- [4] *Török Á.* 2002. Oolitic limestone in polluted atmospheric environment in Budapest: weathering phenomena and alterations in physical properties. In: *Siegesmund, S., Weiss, T., S., Vollbrecht, A (Eds.), Natural Stones, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies.* Geological Society, London, Special Publications 205, 363–379.
- [5] *Török Á.* 2003a. Facies analysis and genetic interpretation of travertine. Buda Vár-hegy, Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, 46. 2., 177–193.
- [6] *Török Á.* 2003b. Durva mészkőből épült műemlékek károsodása légszennyezés hatására. In: *Török, Á. (szerk.), Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 287–301.*
- [7] *Török Á.* 2003c. Surface strength and mineralogy of weathering crusts on limestone buildings in Budapest. *Building and Environment*, 38, 9-10., 1185–1192.
- [8] *Török Á.* 2004. Műemléki kőzetek állapotromlásának külső jegei 1. rész. *Kő*, VI, 4, 27–29.
- [9] *Török Á.* 2005. Műemléki kőzetek állapotromlásának külső jegei 2. rész. *Kő*, VII, 1, 30–32.