

A Mátyás-templom kőzetanyagának állapota

The stones in Mathias Church, decay and restoration

Dr. Török Ákos, Dr. Hajnal Géza, Emszt Gyula, Árpás Endre László

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 1111 Budapest Stoczek u. 2

torokakos@mail.bme.hu

Abstract

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 ashlar 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 idők során folyamatosan romlott. A kőzetek tönkremenetele odáig vezetett, hogy 2001-ben nagyobb kőzetdarabok hullottak le a templom homlokzatáról és a fal egyes szakaszai életveszélyessé váltak. A kőzet állapot felmérésére és a szükséges beavatkozások megállapításra készültek el az alábbiakban bemutatott vizsgálatok. A vizsgálatokkal

párhuzamosan statikai felmérés, a tetőszerkezet vizsgálata és a templom állagfelmérése, valamint felújítási tervek születtek meg még 2001-ben. A jelenleg folyó, 2004-es évben megindult állagfelmérés és felújítás során a templomot felállványozták, amelyre akkoriban még nem kerülhetett sor. Mint ahogy 2001-ben a kutatás során még csak a templom $M = 1:100$ méretarányú homlokzati rajzai és alaprajza állt csak 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 alap kőzettípusok 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 mészkőtömbön. (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 kőzettípusoknak 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 a két mészkő típuson 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

Világos-sárga, fehéres-sárga színű kőzet. Jellemző, hogy apró méretű, jól kerekített szemcséket (ooidokat) tartalmaz. Az ooidos szövet mellett megjelennek még olyan kőzetváltozatok is, amelyekben nagy számú csiga maradvány, illetve vörösalga töredékek fordulnak elő. A makroszkópos kőzettani vizsgálatok alapján *finomszemű*, *középszemű*, *durvaszemű* típusokat különítettük el. Az egyes típusok közt átmenet lehetséges, sőt egyes típusok egy kőzetblokkon belül együtt is előfordulhatnak.

A *finomszemű durva mészkő* igen apró, 1 mm vagy annál kisebb ooidokból áll. Szövege egynemű. Keresztrétegzettséget nem, vagy csak nagyon ritkán mutat, nagyobb szemcsék, ősmaradványok ritkán fordulnak elő benne. A *középszemű durva mészkő* változatban a *Cerithium* típusú csigák a leggyakoribbak. Ennél a változatnál a keresztrétegzettség a blokkokon több helyen felismerhető. Kisebb kvarc és kvarcit kavicsok is előfordulnak a középszemű durva mészkőben (a tradicionális kőművesiparban Forzug típusként szokták emlegetni). A *durvaszemű* 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 vörösalgás változata is, amely több centiméteres vörösalga gumókat tartalmaz, és ősmaradvány tartalma is eltér a többi durva mészkő változattól.

A durva mészkő vagy más néven puha mészkő erősen porózus kőzet. Kis méretű egymással jól kommunikáló pórusai miatt effektív porozitása 20-30 V%-ot is elérhet. Légszáraz testsűrűsége 1.800 kg/m^3 , víztelítés hatására megváltozik és vízzel telített állapotban akár $2.100\text{-}2.200 \text{ kg/m}^3$ -es nagyságrendet is elérheti. 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 nyerjünk 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 kőzettömb átlagos *Schmidt-értéke*: 21,4.

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

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

Forrásvízi mészkő (travertin)

Barnás-sárga, krémszínű kemény kőzet. Az erősen cementált travertin több kőzetváltozatát is felhasználták a templom építéséhez, melyek elsősorban szövetükben, pórusméretükben és ősmaradvány tartalmukban különböznek, de fizikai tulajdonságaikban igen hasonlóak lehetnek. A templom kőzetanyagából megismert öt forrásvízi mészkő típus a következő: a) finomszemű (mikrites), kevés apró pórusal, b) rétegzett, szabálytalan, de rétegzés szerinti megnyúlt pórusokkal c) növényi szármaradványokat foltokban tartalmazó, rétegzetlen, d) onkoidos, többnyire rétegzett, e) kissé agyagos, finomszemű. Hasonló kőzettípusokat ismerünk a Várhegy területéről, természetes előfordulásokból (Török 2003a). A durva mészkőhöz hasonlóan a fenti kőzetváltozatokból átmeneti típusok is előfordulnak, így egy tömbön belül is akár rétegzett pórusos és finomszemű, mikrites változat is megfigyelhető.

A *finomszemű, mikrites forrásvízi mészkő* igen kemény, szívós kőzetváltozat. Kis méretű 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 esetek 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 mészkővet* („fitohermás” travertin) ritkán építették be a templom kőzetanyagába. Erre a kőzetváltozatra, 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 kőzetváltozat igen gyakran rétegzettséget mutat. A *kissé agyagos finomszemű forrásvízi mészkő* általában valamivel sötétebb színű, mint a többi forrásvízi mészkő kőzetváltozat. Az időjárásnak kevésbé ellenálló és ezért mállásra hajlamosabb. A helyszíni vizsgálatok során csak egy-egy ilyen típusú beépített kőzettömböt találtunk, de ezek a tömbök általában mállottak, él-csorbultak és elég rossz állapotúak.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén hosszú éveken át folytatott kőzetfizikai mérések alapján a forrásvízi mészkő az alábbi tulajdonságokkal jellemezhető. A testsűrűsége a durva mészkőénél jóval nagyobb, 2.100 és 2.500 kg/m³ közötti. Pórus rendszere 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 forrás tevékenység, illetve mészkő képződés 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 mészkő lefejtésével már megsemmisült. A római kort követően a Középkorban és az Újkorban is kedvelt építő- és díszítőkö maradt a travertin. A forrásvízi mészkő 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 mészkőben húzódik (részleteket lásd Krolopp et al. 1976 és Hajnal 2003). Maga a Budavári Nagyboldogasszony Templom is forrásvízi mészkőre, mint szilárd kőzetalapra épült, így a forrásvízi mészkő egy része akár a Várhegy területéről is származhatott. Forrásvízi mészkő 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 mészkőből 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 mészkőből. A tömb- és teherviselő kőszerkezetek többsége az ablakpárkányok, az oromzat, a zárókövek, a tornyok és fia tornyok, az oszlop- és pillérfők, a kapuzat, a vízvezető kőszerkezetek, a vízköpők anyaga is forrásvízi mészkő. A díszítő elemeknél, 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 kiemeltebb helyzetű Várhegyen is érzékelhető (Török 2002). A főbb tényezők a kéndioxid ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), nitrogén-dioxid ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és ülepedő 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 vonatkozóan. Így a beavatkozások fajlagos költségének ismeretében a beavatkozások teljes, a templomra vonatkozó költsége is kiszámolható. Az így kialakított rendszernek 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 (jelenség típusok osztályozását lásd részletesen Török 2004, 2005).

Felület hátrálás a durva mészkő blokkok gyakori mállási formája, amely a legnagyobb kőzet pusztulást eredményezi. Legfontosabb a *kéreg leválás*, 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, durva mészkő felszín feltáródik és gyors ütemű pusztulásnak indul (1. ábra). A felület hátrálásnak a másik, itt megfigyelt változata, a *pikkelyeződés*. Ekkor vékony mm-es lapocskák válnak le a kőzet felületéről.

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

Kéreg kialakulás a legsűrűbben előforduló mállási jelenség, amely mindkét mészkő típusra (durva-, és forrásvízi mészkő) jellemző. A durva mészkövön kialakuló kéreg a kőzet károsodását okozza, míg a forrásvízi mészkövön csak felületi bevonatként jelentkezik és a kéreg leesésével vagy eltávolításával a kőzetanyag nem károsodik. *Világos kéreg* csak a durva mészkő blokkokon alakulnak ki, hasonlóan Budapest többi durva mészkőből épült műemlékéhez (Török 2003b). *Fekete vékony kéreg*, vagy *fekete gömbös kéreg* mindkét mészkő típusnál előfordul. Utóbbi a párkányok alatt, védett falszakaszokon gyakori.

Só kiválást, a kőzet külső *felületen jelentkező* és a *felület alattit* (kéreg alatt) a durva mészkő tömbök némelyikén találtunk. Nedvesség hatására megindul a só kiválás (elsősorban a cement fugában található sókat) és ezek fehér porszerű kiválás formájában, koncentráltan jelentkeznek a kőzeten. A só kiválás nem csak 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 réz elemekből származik. Ezen kívül a mészkő *felület 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* következménye. A száraz ún. *por kéreg* 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 korom szemcsék okozzák, így az elszíneződés nem felületi és általában nehezen távolítható el. A másik fontos felületi lerakódást a *madár ürülék* okozza, amely esztétikai hatása mellett a kőzetfelületet is károsítja. Nagyon kevés *festék nyomot* (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 áttörttek, 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 fugázó-anyag választás miatt, ami az utólagos „javításoknál” feltűnő, a fuga több helyen kiesett vagy megrepedezett. Ez hozzájárul a kőzettömbök elmozdulásához, szétnyílásához.

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

A nyitott fűgákban, a párkányokon, ahol szerves anyag, por felhalmozódik és időszakos nedvesség is van növények telepedtek meg. Az alsóbb rendű növények (mohák) mellett lágyszárú és fás-szárú növényeket is találtunk. Ezek esztétikailag sem megfelelőek, másrészt a fűgák tágításával, a gyökérsavak maró hatásával rongálják a kőzetanyagot.

A nagyszámú látogató is jelentős hatást gyakorolhat a kőzetre. A forgalmasabb turista útvonalakon, főleg a meredek lépcsős szakaszokon az emberek megérintik a kőzetet, amely annak kifényesedéséhez, polírozódásához vezet. Ezen felül a kezekről még vékony zsíros bevonat is ráakadott a kőzetre. Ilyen részt találunk például a múzeum lejárati lépcsőjének korlátjánál is, vagy 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 sókiválások és elszíneződések jelennek meg a falazaton. A beázásokat a csapódó esővíz, és a rossz vízelvezetés (ereszcsatorna hibák), (pl. Lorettói kápolnánál) okozza. A talajszintről a falazatba felszívódó vizek nyomai nem voltak láthatóak, ami a templom földtani környezetéből adódóan természetesnek is vehető, mivel a forrásvízi mészkőben nem tározódik talajvíz.

3.3. Javítások

Több generációs és különböző anyagokat alkalmazó javítási fázisok nyomait találtuk meg a templom külső homlokzatán, a tetőn és a toronyban. Ezek közül a legjelentősebbeket, hacsak felsorolás szerűen, de itt bemutatjuk. Fontos megjegyezni, hogy az utóbbi évek javításai a kőzetanyagnak 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 módokra, a rossz anyagválasztásra és a hibás kivitelezésre rengeteg példát találtunk.

A legfontosabb javítások és felhasznált anyagok alábbi felsorolásában a javítások nem kronológiai sorrendben, hanem a felhasznált módszerek szerint következnek. Fémek alkalmazása A javításoknál több esetben fémekeket alkalmaztak. *Pántolást* találunk a korlátoknál, kisebb díszítőelemeknél. Az acél pántok többsége rozsdás, korrodált (3. kép). A

kisebb díszítőelemek és fiatornyok rögzítése belső fémtüskével (anyaguk: nem rozsdamentes acél!) és cementtel történt, aminek korróziója vezetett oda, hogy nagyobb köelemek is leestek, így a templom környéke balesetveszélyessé vált. Fontosabb *cement kikenéses és fugázásos* javítások generációit lehetett megkülönböztetni. Szürke cement fugázás és kikenés az 1990-es évek közepén (pl. tetőfedők „munkája” az É-i oldal karzat szint és támpillérek felső része) (9. és 10. kép). Fakószürke cement (pl. K-i oldalon a robbantás körüli rész „rekonstrukciójánál”) és közép szürke cementhabarcsot alkalmaztak a golyónyomok kikenésére (pl. főhomlokzaton). Fehér cementet (pl. K-i oldal egyes kőpótlások fugázásánál) és jóval korábban világosszürke cement használták főleg ott, ahol a durva mészkő kőzetblokkon a mállási kéreg képződése megindult. A blokk peremeken a kéreg felkunkorodását próbálták ilyen kikenéssel „javítani”. A kőfelület levésésére 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 köeleme is. Ezt a munkafolyamatot követte még legalább egy cementezési fázis. Korszerűbbnek mondható kissé rózsaszínes tercites és még máig időtálló javításokat is találtunk. Ily módon nagyobb, több cm-es felületi hibákat, letöréseket, pórusokat javítottak és helyenként fuga hiányokat is pótoltak 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 kalapács visszapattanás értékei jelentősen eltérnek egymástól, még azonos falszakaszokon belül is. A mállott forrásvízi mészkő Schmidt kalapács visszapattanás értékei jelentősen meghaladják a durva mészkő értékeit (5. ábra). Mállás hatásra azonban a forrásvízi mészkő Schmidt kalapács visszapattanási értékei minden esetben redukálódnak az üde kőzetéhez viszonyítva. A durva

mészke esetében ez a tendencia nem minden esetben mutatható ki. A mállási kéreg kialakulása több esetben a kőzet felületi szilárdságának növekedést eredményezi, azaz a Schmidt kalapács visszapattanási érték megnövekszik. Amennyiben a mállási kéreg fellazul, vagy leválik, akkor a felületen mért szilárdság rohamosan lecsökken. Ilyenkor a kéreg alatti fellazult és mállott durva mészke zóna feltárul és igen alacsony vagy már mérhetetlen Schmidt kalapács visszapattanási értékeket kapunk (6. ábra). Ezek a mérési eredmények összhangban vannak Török (2002, 2003) vizsgálataival.

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

3.5. Kőzet felújítási munkák főbb fázisai

A kőzet felújítási munkák alapját az egyes homlokzatok állapot térképe és beavatkozási térképe alapján lehetett összegezni. A mállási jelenségek és a múltbéli javítások közül azonban nem mindegyik olyan mértékű, hogy a templom állapotfelveletti rajzán bemutathassuk 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 kőzet felújítási munkák közül az alábbi munkafolyamatokat kell elvégezni. A fekete, kérges bevonatos kőfelületek egy része felület tisztítást igényel. Az elfeketedett felületek tisztítását nem elsősorban esztétikai okok teszik szükségessé (egyes vélemények szerint a fekete foltok patinássá teszik a templomot), hanem, hogy megállapítható legyen a fekete kéreg alatti kőanyag állapota. Felmérésünk alapján a tisztítandó kőfelület nagysága 1.110 m²-t tesz ki, amiből 630 m² az északi, az esőtől védett oldalra esik. A jövőbeni beavatkozások első csoportjába a cement fugázások és kikenések eltávolítása és az új fugázat készítése is 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 mészke blokkok esetében kell számolni. A kőcserére 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 kőzetelemek (fiatornyok) eltávolítása, a

balesetveszélyt okozó törések, repedések, élc sorbulások javítása. Ezek közül a legveszélyesebb kőzetelemek (faragott díszek, fiatorony elemek, vízköpők) eltávolításra 2001-től kezdve több fázisban is sor került, valamint a bejárat fölé védőtető 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 kőzettípusból, 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 blokkok kevésbé mállottak, jobb állapotúak, míg a durva mészkő jelentősebb a kőzet szerkezetét is károsan befolyásoló mállást mutat. A mállás legjellemzőbb formái a mállási kérgék (fekete gipsz tartalmú 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 felület tisztítás, a kőcsere, a fuga javítás vagy csere, a falazat kőanyagának kísérleti megbontása, és a falazat belső részének feltárása, a burkolókövek só tartalmának megállapítása szerepel. Ezekon felül szükség van 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 Balázsnak és Bánóczky Elődnek, akik a munkánkat sok szempontból segítették és lehetővé tették bejutásunkat a templom területére.

Irodalom

- 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
- Hajnal G. 2003. A budai várhegy hidrogeológiai vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- Krolopp E, Schweitzer F., Scheuer Gy., Dénes Gy., Kordos L., Skoflek I., Jánossy D. 1976. A budai Várhegy negyedkori képződményei. *Földtani Közlöny* 106, 193-228.
- 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.
- Török Á. 2003a. Facies analysis and genetic interpretation of travertine. Buda Vár-hegy, Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, 46.2., 177-193.
- Török Á. 2003b. Durva mészkőből épült műemlékek károsodása légszennyezés hatására. In: Török, Á. (szerk.), *Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 287-301.
- Török Á. 2003c. Surface strength and mineralogy of weathering crusts on limestone buildings in Budapest. *Building and Environment*, 38, 9-10., 1185-1192.
- Török Á. 2004. Műemléki kőzetek állapotromlásának külső jegyei – 1. rész. *Kő*, VI, 4, 27-29.
- Török Á. 2005. Műemléki kőzetek állapotromlásának külső jegyei – 2. rész. *Kő*, VII, 1, 30-32.

Ábra aláírások

1. ábra. Leváló fekete mállási kéreg alatt feltáródó gyorsan pusztuló durva mészkő.
2. ábra. Szétnyíló fűgák a toronyban.
3. ábra. Átrepedt forrászvízi mészkő korlát pántolós rögzítése. Az esőtől védett részeken fekete mállási kéreg van a mészkövön.
4. ábra. A főbejárat körüli homlokzat a kőzetblokk számozással.
5. ábra. Ny-i homlokzat vegyes rakású kősorának szilárdsági vizsgálata.
6. ábra. Málló, fekete kérges durva mészkő és fekete bevonatos forrászvízi mészkő összehasonlítása
7. ábra. Alapkőzet gyors és a fekete mállási kéreg lassú vízbeszívása durva mészkő esetén.
8. ábra. A nyugati homlokzat (főbejárat) kőzetállapot felvétele.
9. ábra. A kőzetállapot felvétel alapján javasolt munkafázisok folyamatábrája.