



*Pogled na Vestibul Dioklecijanove palače*



Ivan Tomašić  
Zagreb

## PREDNOST PRIMJENE TRADICIONALNIH VAPNENIH MORTOVA U GRADNJI KAMENOM

UDK: 691.51:624.012

Rukopis primljen za tisak 30. 4. 2019.

Klesarstvo i graditeljstvo, Pučišća

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

Svijest o kulturnim i ekonomskim vrijednostima baštine raste zadnjih nekoliko desetljeća. Proces obnove ubrzan je velikim razvojem turizma i njegovim utjecajem na ekonomiju pojedinih zemalja. Danas raspoložemo velikim brojem materijala i veziva koje koristimo pri gradnji. Zbog toga je potrebno sve veću pažnju posvetiti izboru pravih materijala i veziva u tijeku restauracije i obnove starih građevina. Treba poštovati načelo izvornosti u pogledu kamena i veziva. Ako to nije moguće potrebno je dobro ocijeniti kakvoću zamjenskih materijala. Fizičko-mehanička i kemijska svojstva morta i kamena moraju biti usklađena. Ukoliko to nije slučaj dolazi do oštećenja ili morta ili kamena ili oba materijala. Njihovim pravilnim izborom povećava se njihova postojanost i trajnost te smanjuju troškovi obnove i održavanja. U ovom radu posebna je pažnja posvećena važnosti pripreme i korištenja tradicionalnih vapnenih mortova. U Europi je njihova korisna primjena ponovno prepoznata i potvrđena. Vapneni su se mortovi često pokazali boljim i trajnijim u složenijim fizičko-mehaničkim i kemijskim uvjetima kakvi vladaju u pojedinim područjima. Vijek vapnenih mortova može se mjeriti stotinama godina. Mortovi u kojima je cement jedno od glavnih veziva u upotrebi su tek nešto više od stotinu godina. Praksa je pokazala da je upotreba cementa kao veziva u mnogim situacijama dvojbena. Odnosi se to na mjesta ugradnje u složenim uvjetima. Cement se i dalje, u manjem ili većem obimu, preporuča upotrebljavati samo na onim mjestima gdje je njegova štetna reaktivnost svedena na minimum.

Ključne riječi: vapno; vapneni mort; dodaci vapnu; kamen

### Prednosti i glavne značajke korištenja vapnenih mortova

Vapneni mortovi (vapno+pijesak) tradicionalno su naši najstariji materijali za zidanje kamenom i žbukanje fasada. Korišteni su stoljećima pa i mnogo duže prije početka primjene cementa početkom dvadesetog stoljeća. Svojstva im se po potrebi mogu nadopuniti sa raznim prirodnim materijalima. Traju duže i izgledaju bolje nego li cementni mortovi koji su tvrdi, grubi, kruti i nepropusni. Cementni



*Slika 1 Vapneno tijesto*

mortovi, zbog svoje higroskopnosti, dugo drže vodu te je njihovo sušenje procjeđivanjem i isparavanjem usporeno. Sprečavaju protok vode kroz konstrukciju.

Tradicionalno se vapno, dobiveno pečenjem karbonatnih stijena i gašeno na stari način, opisuje kao „masno“ i „mršavo“ vapneno tijesto vrlo često u obliku vrlo finog koloidnog materijala. Kao osnovni izvor sirovina za proizvodnju tradicionalnih vapna najčešće se koriste čisti vapnenci koji sadrže >95 %  $\text{CaCO}_3$ . U obzir dolaze i vapnenci s manjim sadržajem  $\text{CaCO}_3$  i povećanim udjelom glina zbog čega nakon pečenja dobivaju hidraulička svojstva. Također pogodni za proizvodnju vapna (kreča) mogu biti vapnenci koji sadrže inkluzije silici-

ja zbog čega također dobivaju hidraulička svojstva. Pečenjem  $\text{CaCO}_3$  dobiva se  $\text{CaO}$ , odnosno živo vapno koje pak, nakon spajanja s vodom, u vapnenci, prelazi u kalcijski hidroksid  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Mnoge građevine koje su danas neprocjenjivi dio baštine građene su ponajviše kamenom i vezivima koja su spravljena od vapnenih mortova kod kojih je vapno dobiveno na tradicionalni način. Masna vapnena tijesta obradiva su i ljepljiva bez nekih značajnih količina vode. Nakon izvrtanja zadržavaju oblik posude u kojoj se vapno nalazilo. To je znak idealnog udjela vode u vapnu (Sl. 1).

Svojstva mnogih postojećih kamenih varijeteta, posebice njihova struktura, ne dozvoljavaju da se obnova obavlja sa cementnim mortovima bez rizika, zbog mogućeg zadržavanja vode povrh morta i kamena čime se ubrzava njihovo propadanje.

Poroznost i propusnost fizičke su značajke mortova kojima se pridaje sve veća pažnja. Pore omogućuju da se vlaga iz vapnenih mortova i žbuka smanjuje isparavanjem ili gravitacijskim tokom. Isparavanje i propuštanje vode usporeno je ako su kameni fragmenti u zidu dobiveni od gustog kamena. U tom se slučaju proces sušenja mora događati kroz fuge. Ako se koriste na odgovarajući način vezivni materijali bazirani na vapnu vrlo su učinkoviti za obnovu i održavanje povijesnih građevina.

Cementni mortovi vrlo često omogućuju hidrataciju cementnih oksida uslijed čega mogu nastati kalcijski silikati i kalcijski aluminati zbog čega su mnogo tvrdi, veće gustoće i vodonepropusniji od kamena s kojim su u kontaktu. Porozni i mekši kameni materijali zbog toga u kontaktu s cementnim mortom stradavaju od štetnih topivih soli čija kristalizacija i kristalizacijski tlakovi proizvode oštećenja u kamenu duž fuga (Sl. 2 i 3). Cementi mortovi sprječavaju cijedenje vode i često ju sporadično zadržavaju ovisno o strukturi kamena i vrsti konstrukcije.



*Slika 2. i 3. Oštećenja uslijed cementa*

U uvjetima kiselih kiša prožimanje kalcijskog sulfata, iz visoko kalcijskih vapnenih mortova može prouzročiti oštećenja na kamenu u kontaktu sa fugama. U tom pogledu preporučuju se hidraulički vapneni mortovi kod kojih nema pojačanog ispiranja slobodnog vapna. Posebo su pogodni kod rada s granitima.

Vapneni mortovi omogućuju termičke sezonske promjene bez nastanka značajnijih oštećenja. Smanjuju rizik od površinske kondenzacije vodene pare. Tradicionalni vapneni mortovi su znatno propusniji i elastičniji od cementnih mortova. Mnogo su manje uzrok raznih i brojnih oštećenja u graditeljskim konstrukcijama (Sl. 4). U skladu su s okolišem. Tradicionalno proizveden vapneni mort iz okoline Nove Kapele može se smatrati slabo hidrauličkim s obzirom da je dobiven iz slabo zaglinjenih vapnenaca. Ne-hidrauličko vapno ili slabo hidraulično vapno gasi se do razine vapnene paste (kita ili tijesta), a ako je potrebno prosije se kako bi se otklonile krupne čestice radi upotrebe kod žbukanja i zidanja i ostalih finih završnih radova.

Kod primjene vapna oduvijek se spominje važnost sazrijevanja vapna. Iskustvo je pokazalo da je vapno kvalitetnije nakon što neko razdoblje odstoji u vapnenici. Spominje se razdoblje sazrijevanja koje može trajati od dvije do pet godina. Nitko do sada nije objasnio što se zapravo događa u spomenutom razdoblju. Ponegdje se u literaturi spominje da je vapno kvalitetnije ukoliko su mu čestice sitnije. Stoga bi se moglo zaključiti da se čestice gašenog vapna s vremenom smanjuju. Ovaj bi se proces mogao ubrzati usitnjavanjem čestica u odgovarajućoj miješalici ili miješanjem pomoću bušilice s odgovarajućim nastavkom. Osobno sam proveo takvo ispitivanje na vapnu iz okolice Nove Kapele dobivši na brzi način sitne čestice koje su nakon toga stvarale željeni koloidni talog. Prije toga sam, gurnuvši ruku u vapno, ustanovio da u njemu ima poprilično krupnih čestica koje još nisu prešle u koloidno stanje. Miješanjem se broj krupnih čestica smanjio na minimum. Na taj se način vrlo vjerojatno postiže skraćivanje vremena njegovog sazrijevanja. Vapno je zbog toga postalo masnije (fet lime). Mršava vapnena tijesta sadrže povećani udio ne-karbonatnih i ne-reaktivnih čestica (nečistoća).

Strana iskustva naglašavaju da se industrijsko vapno, brzo gašeno vapno (quick lime), ne može po kakvoći mjeriti s vapnom dobivenim tradicionalnim po-





*Slika 4. Crkva Sv. Marije s tornjem sv. Luke-Jajce  
(vap. mort) 12/13 st.*

stupkom (Gibson, 2003). To se očituje u njegovim unutarnjim strukturnim i vanjskim vizualnim značajkama. Prema nekim istraživanjima reaktivna svojstva tradicionalno dobivenog vapna gotovo su 14 % bolja od novih suvremenih vapnenih proizvoda.

Već je prethodno rečeno da se tijekom uskladištenja čestice tradicionalnog vapna uslijed sazrijevanja smanjuju a vapno postaje kvalitetnije. A rečeno je i da može stajati prije primjene

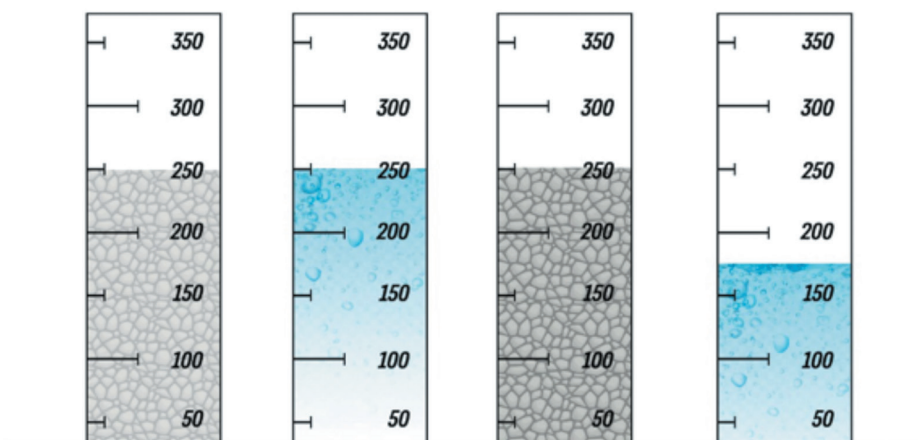
nekoliko godina. Većina hidrauličkih vapna dostiže od 30 % do 40 % čvrstoće portland cementa. Agregat smanjuje količinu vapna ali smanjuje i skupljanje morta prilikom njegovog sušenja. Poroznost omogućuje bolju karbonizaciju u kontaktu sa zrakom i povećanje čvrstoće. Ne-hidrauličko vapno i slabo hidrauličko vapno obrađeni su Europskom normom ENV 459.

Klasično industrijsko (hidratizirano) vapno (quick lime) zbog brzine proizvodnje često sadrži krupnije čestice zbog kojih mu se smanjuje reaktivnost. Brzo gašeno vapno odnosno industrijsko vapno može se također mješati kako bi se dobio kremasti materijal sličan tradicionalnom vapnu. Brzo proizvedena vapna su slabije reaktivna. Ako se kod gašenja sporije dodaje voda, odnosno dodaje se manja količina, temperatura gašenja raste pri čemu topla voda čini da bolje „sagorjevaju“ ostaci još neugašenih dijelova vapna. Moderna ne-hidraulička vapna gašena vodom brzim postupkom, kad postignu oblik paste, siju se, a sazrijevanje im traje do 3 mjeseca kako bi se osiguralo da je sav materijal potpuno ugašen.

#### Priprema vapna i agregata

Potrebno je stalno koristiti stalnu količinu (volumena) vapna u obliku tijesta popraćenu stalnom kontrolom volumena pijeska. Dakle određenu količinu (volumen) vapna prije svega određuje određena količina (volumen) pijeska (agregata) kako bi zapunjavanje međuprostora bilo adekvatno. U mensuru se prvo stavi pijesak a onda voda kako bi se odredio volumen potrebnog vapna, temeljem određenog volumena vode (Sl. 5).

Na slici 5. vidimo četiri mesure. Prva je ispunjena suhim agregatom, druga istim volumenom vode, treća agregatom i vodom i četvrta prikazuje umanjeni dio vode koji je korišten i potreban za ispunjavanje agregata. Upravo taj volumen vode koji nedostaje u četvrtoj mensuri odgovara volumenu vapnenog tijesta potrebnog za ispunjenje volumena agregata koji on zauzima u prvoj mensuri. Prve



Slika 5. Priprema udjela agregata, vode i vapna

tri mense su popunjene do 250 ml. Četvrta pokazuje da nedostaje 75 ml vode kojom je popunjen volumen u trećoj mensuri. Ako podijelimo 75:175 dobijemo 30 %. To je vrijednost volumena pora (void ratio) između suhog agregata u prvoj mensuri. Ako podijelimo 175:250 dobijemo 70 % a to je volumen suhog agregata. Ta dva volumena odnos su vapna i agregata u kojem se obavlja miješanje.

Praksa je pokazala (Gibson, 2003) da volumen agregata može sadržavati i do 75 % volumena morta (vapna i agregata zajedno) s obzirom da s vremena na vrijeme može doći do manjih promjena u granulometrijskom sastavu. Također se smatra da bi najbolji agregat trebao imati 33 – 35% šupljina u ukupnom volumenu. Mort bi trebalo pripremati tako da se vodi računa o omjeru između vapna i pijeska (agregata). Ako postoji nedostatak vapna između zrna agregata mort će biti neupotrebljiv iako je možda dodatak vode dostatan. Mort će biti slab i sklon stezanju. Za dostatnu karbonizaciju nehidrauličkog morta potrebno je do 12 tjedana. Nakon toga ovaj će mort biti dovoljno otporan na mraz. No to ne znači da se karbonizacija neće nastaviti. Dakle to je minimalno razdoblje nakon kojega će mort postati otporan na mraz. Kod vapnenih mortova trajnost morta ne treba korelirati s tlačnom čvrstoćom, možda prije s gustoćom, s obzirom da je kod takvih mortova trajnost ponajviše određena njegovom elastičnošću i propusnošću.

#### Vrste vapnenih mortova

Vrlo se rijetko mogu pronaći oštećenja u obliku lomova u prirodnom vapnu vrlo male kakvoće. Smatra se da 12 tjedana treba održavati mortove na bazi cementa na sušenju prije nego li nastupi smrzavanje. Vapno dobiveno u procesima visoke i moderne kemijske obrade-hidratizirano vapno, nije se pokazalo potpuno uspješno kod obnove baštine. Pri obnovi baštine u zapadnoj Europi ponajviše se ističu dvije vrste mortova na bazi vapna. Oba morta spravljaju se od živog (i potom gašenog) vapna dobivenog na starinski način u poljskim pećima:



1. Obični prirodni ne-hidraulički vapneni mort (spravljen od vapna i agregata-pijeska ili drobljenog kamena,
2. Hidraulički vapneni mort (spravljen od vapna, drobljenog kamena ili pijeska te dodataka kao što su pucolani, prašina od cigle < 50 mikrona, vulkanski pepeo ili pepeli koji ostaju nakon sagorjevanja vjerojatno drva...). Na tržište dolazi pod nazivom NHL (natural hydraulic lime).

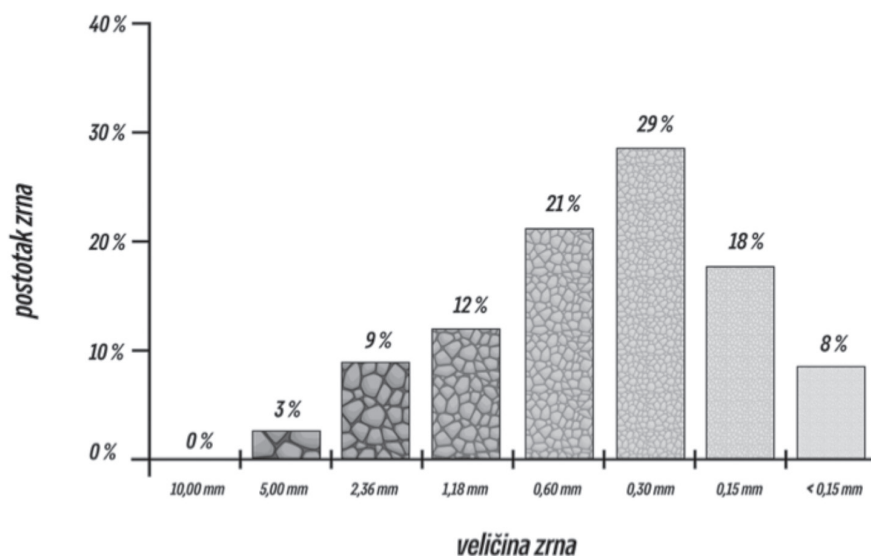
Hermann Bolle, poznati zagrebački graditelj za obnovu zagrebačke katedrale u razdoblju 1880-1902 koristio je vapneni mort. Postoje indikacije da je tada u mort dodavana mljevena cigla (Crnković, 1993). Petrografskom analizom morta utvrđene su čestice cigle i kamena litavca. Nažalost koliko mi je poznato ne postoje zapisi iz tog vremena o granulometrijskom sastavu i udjelu agregata, vapna i mljevene cigle u mortu.

Kada imamo odnos vapna i cementa u mortu 50:50 svojstva se morta u širem smislu smanjuju, posebno u pogledu otpornosti na mraz. Kod nas je uvriježena upotreba bijelog cementa kod spravljanja morta pri gradnji ali i pri obnovi objekata. Strana iskustva ukazuju na veće tvrdoće takvog morta u odnosu na onaj dobiven pomoću sivog cementa. Takav mort nema sve pozitivne značajke koje imaju ne-hidraulički i hidraulički vapneni mort. Originalni mortovi koji sadrže magnezijско (dolomitno) vapno moraju se ukloniti ako su prethodnim intervencijama bili obnovljeni sa mortovima na bazi cementa zbog čega je došlo do ubrzanja oštećenja. Nakon prve godine ugradnje morta mogu se ispitati neka važnija svojstva kao što su u kapilarno upijanje vode, čvrstoća, modul elastičnosti, poroznost te raspodjela pora.

#### Konačni izbor vapna i agregata

Kod poroznih vapnenaca koji su manje izloženi oštećenjima preporuča se ne-hidraulički vapneni mort. Posebno u slučaju kada su dijelovi povijesnih građevina jako oštećeni, sporadično do lomova uslijed tvrdih cementih mortova ili mortova sa hidrauličkim svojstvima. U takvim prilikama treba se osloniti na ne-hidraulička vapna i mortove ili pak na slabo hidrauličke mortove s pucolanskim dodacima. U građevinama od posebnog povijesnog značenja gdje oštećenja nastaju zbog kristalizacije soli potrebno je zamijeniti stari mort sa vapnenim mortom. A ako je poznat put soli vapneni mort može biti tako lociran da ih prihvati i neutralizira. Kod tvrdih i gustih stijena „saund rock varijeteta“ preporuča se slabi ili srednje tvrdi hidraulički mort. U svakom slučaju mora biti osigurana propusnost kako bi se omogućilo isušivanje strukturnih dijelova kamene konstrukcije (fuga i kameana). Kod takvih stijena, granita i metamorfnihi stijena, te tvrdih karbonatnih stijena preporučaju se hidraulički mortovi koji moraju osigurati dreniranje vode i osigurati karbonizaciju u unutrašnjosti zida. Pri izboru veličine agregata maksimalni presjeci zrna preporučuju se do 35 % debljine fuge, presjeka zrna 2,36 mm do 150 μm i obujma 5 mm do 75 μm.

Za mortove spravljene od karbonatnih stijena ili od drobljenih vapnenaca i mramora smatra se da su uz dodatak ne-hidrauličkog vapna pomiješanog s mlje-



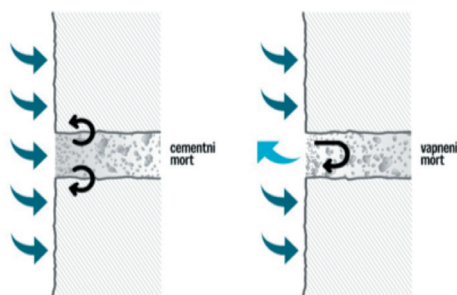
Slika 6. Udio veličine zrna u agregatu

venom pečenom ciglom vrlo pogodni za primjenu. Pritom se znatno poboljšava trajnost konstrukcije, bez nužno potrebnog povećanja tvrdoće uz zadržavanje određene propusnosti. Takvom kombinacijom pogoduje se mogućnost karbonizacije u unutrašnjosti morta, povećanje čvrstoće i cjelokupna otpornost na mraz. Doziranje pucolanskih dodataka poboljšati će svojstva nehidrauličkog i još više hidrauličkog vapnenog morta. Dodaci moraju biti finog zrna koliko je to maksimalno moguće. Dodaju se u količini više od oko 25 % od sadržaja vapna, a u nekim slučajevima pritom se proporcionalno smanjuje količina agregata. Trebaju biti friško samljeveni. Svježa lagano pečena ciglena prašina ima izražena pucolanska svojstva zbog čega se vrlo često koristi kod radova s pješčenjacima. Također se može koristiti u obliku prašine obrađen sagorjeli pepeo.

Najviše se koriste agregati od prirodnog pijesaka i šljunka, drobljene školjke, različite drobljene stijene, pješčenjaci i vapnenci, drobljena cigla i drobljeni stari mort. Svi agregati moraju biti očišćeni od sitnih čestica. Agregati sudjeluju sa do 75 % u volumenu morta i vrlo važni su za svojstva morta. Presjek zrna agregata ne smije biti veći od 1/3 debljine fuge odnosno reške. Granulometrijski sastav agregata je također vrlo važan (Sl. 6). Veličina zrna može se ispitivati pomoću mikroskopa kod povećanja 5x ili 10x. Granulometrijski sastav agregata dobije se prosijavanjem na odgovarajućim sitima te mora odgovarati sastavu prikazanom na slici 3:

Uglata zrna su mnogo bolja od zaobljenih. Najbolji agregati za vapnene mortove moraju u svom pornom prostoru, u odnosu na ukupni volumen morta, sadržavati 33 do 35 % volumena vapna. To je zapravo volumen šupljina (void ratio-prostor šupljina) agregata bez morta, što znači da je to otprilike 1/3 volumena unutar suho stješnjenog agregata, a koji treba ispuniti vapneno vezivo odnosno vezivna pa-





Slika 7. Kretanje vlage prema i od mortova

sta (vapneno tijesto). Radi ujednačenja svojstva mort s nepoznatim sastojcima agregata treba biti dobro izmješšan.

Volumen vapna-vapnenog tijesta koji se miješa s agregatom mora biti jednak volumenu vode koji u menzuri može ispuniti suhi pijesak. Ako se upotrijebi manje vapna nego li je propisano trebat će dodati vodu prije početka radova da se može dobiti radna mješavina

a rezultat će bi slabiji mort sklon stezanju.

Kao najbolji agregati preporučuju se drobljeni vapnenci i vapneni pješčenjaci drobljene školjke i stari drobljeni mortovi koji omogućuju najbolju karbonizaciju i najbolje povezivanje zrna u mortu, stvarajući strukturu koja je otporna na mraz. Porozni agregati (u našem primjeru to mogu biti porozni i šupljikavi litotamnjski vapnenac ili pak biokalkarenit poznat pod imenom veselje unito i fiorito), te porozne slabo pečene cigle ili pak drobljene školjke koje mogu pružiti najbolja svojstva za izradu mortova. Takvi će mortovi, zbog poroznosti, dobiti najbolja svojstva zbog olakšane karbonizacije, olakšano procjeđivanje i otpuštanje vode a s time i povećanje otpornosti na mraz. Litotamnjski vapnenac sastoji se od ljuštura puževa, školjkaša, ježinaca i ostale morske faune, te od algi lithothamnium, odnosno od njihove kalcitne zaštitne ovojnice.

Na slici 7 je prikazano kako vapneni mortovi i žbuke primaju vlagu ali i potom omogućuju da se ona smanjuje isparavanjem ili gravitacijskim tokom te spušta u niže dijelove. Isparavanje i propuštanje vode usporeno je ako su kameni fragmenti u zidu izrađeni od gustog kamena i cementnih mortova. U tom bi se se slučaju proces sušenja morao događati kroz fuge. Ako se za fugiranje koriste odgovarajućí propusni vezivni materijali bazirani na tradicionalnom vapnu i odgovarajućim agregatima omogućiti će jeftinije održavanje povijesnih građevina. Znatno doprinose bržem isušivanju i prolazu vode te smanjuju mogućnost štetnog djelovanja mraza.

Uloga je agregata u mortu da djeluje kao punilo (filer) smanjujući količinu vapna. Smanjuje skupljanje morta prilikom sušenja. Previše vapna i previše sitnih čestica utječe na povećanje stezanja morta u što sam se i sam uvjerio prilikom ispitivanja. Skeletna struktura agregata u mortu pridonosi boljoj otpornosti na mraz zbog veće poroznosti i propusnosti. Također zbog boljeg prisustva zraka povoljno utječe na bolju i bržu karbonizaciju (prelazak u kalcit) i povećanje čvrstoće. Pucolani u mortu povećavaju njegovu čvrstoću a povećano prisustvo finih čestica utjecat će na boju morta.

Kod restauratorskih radova, zidanja i žbukanja na povijesnim građevinama, restauratori preporučuju gašeno vapno staro oko dvije godine. Praksa je pokazala, a i teorija potvrđuje, da tradicionalno gašeno vapno ima veliku specifičnu površi-

nu čestica (BET) od 34,9 m<sup>2</sup>/g, dok hidratizirano vapno ima 15,3 m<sup>2</sup>/g, a cement 2,2 m<sup>2</sup>/g (preuzeto iz: Kumerički, 2009). Sitnije čestice utječu na postanak vrlo elastične i postojane strukture očvrsllog vapnenog morta ili premaza

#### Zaključak:

S obzirom na veliku ponudu različitih materijala i veziva danas nije jednostavno pravilno obaviti njihov izbor prije početka ugradnje. Izvedbena cijena radova i njihova kakvoća danas su dvije najvažnije značajke koje je pri gradnji potrebno spojiti. Stare i tek obnovljene građevine najbolje ukazuju na kvalitetu i postojanost ugrađenih materijala. Nedvojbeno je da se sve na koncu najbolje vidi na starim ali i nažalost na tek obnovljenim građevinama. Praksa pokazuje da već nakon prve godine mogu nastati vrlo značajna oštećenja. U daljnjih 25 do 30 godina, ovisno o vrsti kamena i morta, oštećenja su sve više izražena kod mnogih objekata. Građevne konstrukcije u kojima su svojstva kamena i svojstva morta najbolje usklađena pokazuju najveću vremensku postojanost. Takvi radovi mogu se smatrati da su i po cijeni najpovoljniji. Mortovi spravljeni od tradicionalnog vapna s raznim dodacima nedvojbeno pokazuju svoje dobre značajke te imaju veliki utjecaj na postojanost građevina.

Zbog toga je potrebno sve veću pažnju posvetiti izboru pravih materijala i veziva u tijeku restauracije i obnove starih građevina. Treba poštovati načelo izvor-



*Slika 8. Oštećenja na dijelovima zidina Medvedgrada*



nosti u pogledu kamena i veziva. Ako to nije moguće potrebno je dobro ocijeniti kakvoću zamjenskih materijala. Fizičko-mehanička i kemijska svojstva morta i kamena moraju biti usklađena. Ukoliko to nije slučaj dolazi do oštećenja ili morta ili kamena ili oba materijala. Njihovim pravilnim izborom povećava se postojanost i trajnost građevina te znatno smanjuju troškovi obnove i održavanja. I u slučaju požara ali i potresa vapneni su mortovi bolji izbor, posebice kod debelih zidova.

Postojanost kamenih konstrukcija s vapnenim mortovima može se mjeriti desecima i stotinama godina. Moglo bi se postaviti pitanje kada i gdje upotrebljavati vapnene mortove. U prvom redu to su prema atmosferilijama i složenijim vremenskim prilikama izloženi stari bedemi i zidine. Kao primjer mogu se uzeti zidine grada Medvedgrada (Sl. 8). One danas, nakon obnove pokazuju da je cementni mort trebalo zamijeniti slabo hidrauličkim vapnenim mortom. To isto vrijedi i za obrambene zidine grada Dubrovnika koje bi se trebale sanirati vapnenim mortom s dodatkom pucolana zbog veće otpornosti prema štetnom djelovanju soli iz morske vode. Zapravo nema tog grada u kojemu nema potrebe da se poneki objekt baštine sanira na pravilan način. U sjevernom dijelu Hrvatske, od zapada prema istoku, od Zagreba i Hrvatskog Zagorja pa sve do Osijeka, Vukovara i Iloka, stare su građevine, dvorci i sakralni objekti građeni sa poroznim i nešto mekšim lokalnim tortonskim vapnencima. Takvim bi vapnencima pri obnovi mnogo više pogodovao odgovarajući vapneni mort. Da li bi se to isplatilo? Pa svakako bi održavanje starih građevina s obzirom na njihovu dužu postojanost bilo jeftinije. Danas raspolažemo s mnogo većim mogućnostima za brzo spravljanje dobrog i kvalitetnog tradicionalnog morta kakav su koristili naši prethodnici. Od spomenutih mogućnosti danas se vrlo lagano odustaje, ponajviše zbog komoditeta. Tome u negativnom smislu doprinosi potreba nabave kvalitetnih sirovina i njihova priprema za spravljanje morta.

#### LITERATURA:

Gibson, B. (2003): Preparation and use of lime mortars (revised edition 2003). Technical advice note. Scottisch lime center, Edinburg.

Newsom, S. (1995): Preparation and use of lime mortars (first edition). Technical advice note. Scottisch lime center, Edinburg.

Crnković, B. (1993): Tehnika ugrađivanja kamenih elemenata galerije na zagrebačkoj katedrali (neobjavljeno).

Kumerički, J. (2009): Bizek mort za obnovu zagrebačke katedrale. Naša katedrala 13, Zagreb.

## THE ADVANTAGE OF USING TRADITIONAL LIME MORTARS IN STONE CONSTRUCTIONS

### *Summary*

Lime mortars as a most traditional materials have been used for centuries and much before use of cements. Their properties can be enhanced with various ingredients such as brecks, pozzolan and volcanic ash. In the past, lime mortars proved to be very high quality and durable. Lime mortars have been shown to be very stable in very complex physical-mechanical and chemical conditions. Their proper choice increases their aging and durability and reduces construction and maintenance expenses. It is very important that limestone mortar and stone properties must also be harmonized. If this is not the case, damage of mortar or stone or both materials can be expected. Before the start of the work it is necessary to determine the proportion of lime, aggregate and, if necessary, the type of ingredients. Cement continues to be used, at a smaller or greater extent, only in those places where its harmful reactivity could be reduced to a minimum. Traditional lime mortar is very suitable for reconstruction of heritage especially old buildings, forts, walls and sacral monuments.

*Key words:* lime; lime mortars; aggregates; natural stone