

Utjecaj poroznosti na postojanost kamena

Tomašić, Ivan; Ženko, Tomislav

Source / Izvornik: **Klesarstvo i graditeljstvo, 1995, 6, 34 - 40**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljeni verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:773014>

Rights / Prava: [In copyright](#) / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum
Engineering Repository, University of Zagreb](#)





B.V.

officine meccaniche **BOMBIERI & VENTURI**

costruzione macchine per la lavorazione del marmo e granito

37023 grezzana (vr) italy - via tavigliana, 2
tel. 045/8650303 r.a. - Telex 482488 BIVI I - Fax 045/8650100
COM ADRIA SPLIT, Dinka Šimunovića 20 - tel./fax: 021/355-738, 561-016, 563-601
ZAGREB, Županova 16 - tel./fax: 01/2300-871, 211-734

KLESARSTVO I GRADITELJSTVO

BROJ 3 — 4

GOD. VI.

PROSINAC, 1995.

SADRŽAJ

Izdavač:

Klesarska škola, Pučišća, otok Brač

Urednik:

Tomislav Bužančić, dipl. ing. grad.

Članovi uredništva:

Zdravko Matijašić, meistar radionice
Prof. dr. Branko Crnković
Prod. dr. Vladimir Jelaska
Prof. Davor Dragičević

Tehnički urednik:

Tomislav Bužančić, dipl. ing. grad.

Za izdavača:

Pero Dragičević

Redakcijske usluge:

»Franjo Kluz« d.d. - Omiš

Adresa uredništva:

Časopis »Klesarstvo i graditeljstvo«
Klesarska škola, 21413 Pučišća
Telefon: 021/633-114, fax: 633-076
Telefon urednika: 021/43-517

Informacije o preplati i oglašavanju možete dobiti na telefon 021/633-114 ili na adresu uredništva.

NASLOVNA STRANICA:

DETALJI S IZLOŽBE U PARIZU

Žiro račun: 34491-603-154

Cijena dvobroja 25 kn
Godišnja pretpata 45 kn, plativo u kn po sr. teč. N.B.H.

Radovi učenika klesarske škole iz Pučišća i bračkih klesara obrtnika na izložbi u Parizu

3

Ljubomir Šarić
Smjernice za postavljanje i polaganje prirodnog kamena

6

Ljubomir Šarić
Primjena klesanaca u suvremenoj gradnji kamenih obloga

22

Siniša Dunda
Eksploatacija i obrada arhitektonskog kamena vodenim mlazom

27

Ivan Tomašić - Tomislav Ženko
Utjecaj poroznosti na postojanost kamena

34

Rajko Dobrić
Arhitektonsko-gradevinski kamen, najinteresantnija mineralna sirovina Dalmacije

41

Jelena Balent
Čišćenje i zaštita arhitektonskog kamena

49

Tomislav Bužančić
Bilješke u prolazu

53

Branko Crnković
Rječnik nazivlja Kamen

56

Na osnovu mišljenja Ministarstva prosvjete, kulture i športa RH br. 532-03-1/7-91-02 (KLASA: 612-10/91-01-198) od 3. 12. 1991. god. časopis „KLESARSTVO - GRADITELJSTVO“ smatra se proizvodom iz članka 19. točka 14. Zakona o porezu na promet proizvoda i usluga.



UTJECAJ POROZNOSTI NA POSTOJANOST KAMENA

UVOD

Poroznost je jedno od najvažnijih svojstava kamena. Ima velik utjecaj na trajnost arhitektonskog kamena. Bitno utječe na njegova fizikalna i mehanička svojstva posebice u uvjetima izlaganja atmosferilijama, zagadenom okolišu te zamrzavanju i zagrijavanju. Oblik, veličina, te međusobna prostorna raspodjela i povezanost pora utječu na primanje, zadržavanje i iscjedivanje vode kod ugrađenih kamenih elemenata. Ti su kameni elementi ugrađeni s određenom funkcijom i oblikom u građevinskim i arhitektonskim konstrukcijama.

Veličinom i prostornom raspodjelom pore znatno utječu na količinu upijene vode i vodene pare u kamenu. Voda je jedan od redovitih pratićaca gotovo svih procesa dezintegracije i slabljenja mehaničkih i kemijskih svojstava kamena. Najvažniji je čimbenik postojanosti i trajnosti kamenih elemenata. Brojni procesi koji negativno utječu na kamen, ali i oni rjedi koji utječu pozitivno, bit će potpuno isključeni bez prisustva vode. Izostat će kemijske reakcije s mineralnim sastojcima kamena, otapanje, kretanje topivih soli i njihova kristalizacija, rekristalizacijski procesi, kristalizacija leda a s tim i različita mikro i/ili makro tlačna i vlačna naprezanja.

Vrlo je važno ocijeniti i unaprijed predvidjeti mehanizam kretanja vode u kamenu, u njegovoj unutrašnjosti i na površini. Taj mehanizam kretanja vode je značajan jer se najveći broj procesa dezintegracije događa u vrijeme zadržavanja vode i sušenja, a ne u razdoblju upijanja.

Najveća količina vode koju porozna kamera konstrukcija-element upija potječe iz atmosfere. Kiše, nošene vjetrom, mogu svojim intenzitetom i trajanjem najviše utjecati na količinu upijene vode. Udari vjetra i tlak zraka mogu posprestiti brzinu i dubinu prodiranja vode u kamen.

Osim kiše na količinu upijene vode u kamenu najviše utječu relativna vlažnost zraka i temperatura okoliša. Ovi čimbenici utječu na higroskopnost i kondenzaciju vode u kamenu, a koja ovisi o parcijalnim pritiscima i relativnoj vlažnosti vodene pare u zraku, te temperaturi zraka i kamena.

Veličina kapilarnog prostora i intenzitet stvaranja kapilarne napetosti između vode i stijenki kamena također utječu na dubinu prodiranja vode u kamen.

Pored atmosferske vode na kamen znatno utječe voda koja se kapilarnim silama diže iz tla u kamene zidove i konstrukcije.

Prema tome na objektima kamen dolazi u dodir s vodom na razne načine ovisno o arhitektonskom rješenju i funkciji u konstrukciji.

Poroznost

Poroznost je svojstvo kamena kojim se definira sadržaj pornog prostora. Razlikuje se apsolutna ili ukupna poroznost koja se ubičajeno označava kao poroznost, nepotpuno otvorena tj. dostupna vodi, te relativna ili otvorena poroznost koju voda može ispuniti u uvjetima normalnog tlaka. Vrijednost upijene vode u uskoj je vezi s relativnom poroznošću. To je voda koja ispunjava povezani porni prostor odnosno relativnu poroznost.

Poroznost je stoga posebno značajna za vijek trajanja prirodnog arhitektonskog kamena. Oblik, veličina i raspodjela pora kod karbonatnih varijeteta znatno ovise o dijagenetskim i postdijagenetskim procesima u kamenu. Distribucija pora u kamenu znatno utječe na njegovu homogenost i heterogenost odnosno na izotropiju i anizotropiju. Spomenuti elementi najbolje se mogu analizirati i prikazati na pojedinim varijetetima prirodnog arhitektonskog kamena.

Kvantitativno se poroznost izražava kao odnos izražen u postocima (%) volumena svih šupljina sadržanih u kamenu prema volumenu te stijene u prirodnom stanju, ili pak prema odnosu gustoće i prostorne mase kako slijedi:

$$P = \frac{V - V_o}{V} = \frac{\rho_g - \rho_m}{\rho_m} = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_g} * 100(%)$$

V - volumen s porama

V_o - volumen bez pora

P_g - gustoća

P_m - prostorna masa

Tako izražena poroznost predstavlja apsolutnu poroznost koja se ubičajeno označava kao poroznost. Ta poroznost nije u potpunosti otvorena tj. dostupna vodi. Zbog strukturno-petrografske i dijagenetske značajke te povezanosti samo jedan njen dio može biti ispunjen vodom. Taj ispunjen prostor nazivamo još relativna poroznost. Izračunava se prema formuli:

$$P_r = \frac{M_v - M_s}{V} * 100(%)$$

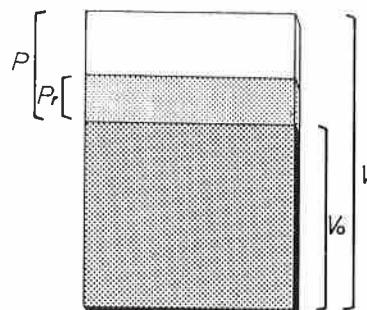
P_r - relativna poroznost (dostupna za vodu)

M_v - masa vodom zasićenog uzorka

M_s - masa suhog uzorka kamena

V - volumen uzorka kamena

Odnos relativne i apsolutne poroznosti i čvrste faze može se još prikazati i grafički (sl. 1):



Sl. 1. - Grafički prikaz odnosa relativne i apsolutne poroznosti i čvrste faze (volumen kamenja bez pora).

Za prirodn arhitektonski kamen je najpovoljnije da je razlika između apsolutne i relativne poroznosti što veća. To znači da kamen ima vrlo malu relativnu poroznost odnosno da u normalnim uvjetima atmosferskog tlaka upija malu količinu vode. Strukturna grada i raspodjela pornog prostora takvog kamena je povoljna. Dio pornog prostora nije međusobno povezan, zbog čega je mogućnost upijanja vode manja. Na taj se način svi mogući i prethodno spomenuti negativni procesi u kamenu mogu svesti na najmanju moguću mjeru.

Pore su međusobno jako povezane kod karbonatnih varijeteta kod kojih je mala razlika između apsolutne i relativne poroznosti. Takav kamen treba pomno analizirati prije ugradnje. Treba voditi računa o raspodjeli pornog sustava u kamenu. Kamen treba tako orijentirati na objektu da se upijena voda što kraće zadržava i brzo iscijadi. Stoga voditi računa o intenzitetu i raspodjeli pornog sustava u kamenu znači povećati njegov vijek trajanja.

Tipovi pora

Danas se u svijetu u primjeni različite klasifikacije pora. Jedna od pogodnih za primjenu u analizi pornog prostora kod arhitektonskog kamena jest ona prema klasifikaciji Choquette&Pray-a (1970). Prema njima pore su grupirane u 15 tipova, odijeljene u dvije kategorije, svaka s 4 podgrupe (sl. 2). Namjena klasifikacije je kategorizacija i spajanje tipova pora sličnih geometrijskih oblika i načina postanka.

Prema ovoj klasifikaciji kod vapnenaca i dolomita razlikuju se primarna i sekundarna poroznost.

Primarna poroznost dijeli se na meduzrnske, unutarzrnske, zatvorene i međukristalne pore. **Meduzrnske** pore su sinsedimentacijskog podrijetla, a odnose se na prostor između zrna sa zrnskom potporom. Takve se pore nalaze kod breča, pješčenjaka i zrnastih vapnenaca greinstone tipa (A₁ na sl. 2). **Unutarzrnske** pore mogu biti "komore" ili neki drugi otvor u unutar skeleta ili bioklasta (A_{2a} na sl. 2); formirati porni ptostor unutar skeletne rešetke, nastao rastom skeletnih elemenata rastuće strukture kod kolonija koralja i nepravilnih skeleta algi (A_{2b} na sl. 2); te kalupne šupljine raznih oblika nastale dijagenetskim otapanjima ranijih sedimentnih čimbenika kao što su ljušturice, ooidi ili kristali anhidrita (A_{2c} na sl. 2). **Zatvorene** pore su pore sinsedimentacijskog podrijetla. Pojavljuju se kao fenestre (A_{3a} na sl. 2) ili pak kao "pore efekta

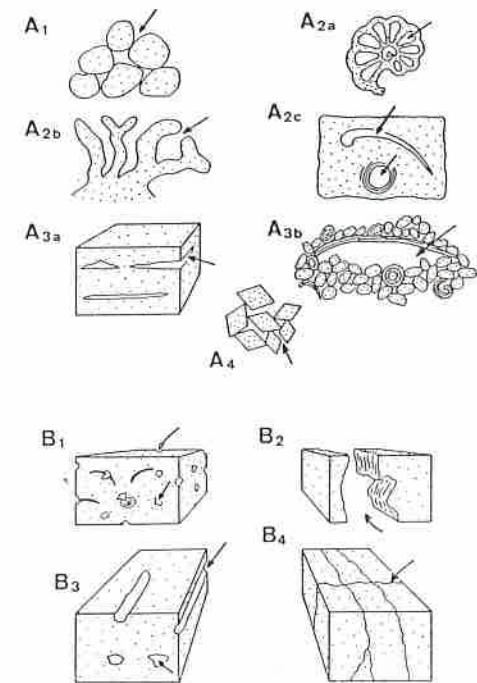
kišobrana" koje nastaju zatvaranjem relativno velikim sedimentnim česticama npr. fragmentima školjaka koji mogu sprječiti ispunjavanje finijim česticama susjednih otvora pora (A_{3b} na sl. 2). Fenestre su primarni otvor u gradi stijene, veći od međuzrnskih pora. Mogu se formirati raspadanjem sedimenata koji je pokriven "algalnim livadama", stezanjem uslijed sušenja ili akumulacijom plina u "džepovima". Fenestre mogu biti spljoštene ili平行ne sa slojevitosti (tada se zovu "ptičje oko"). **Međukristalne** pore, zavisno od vrste minerala, su sinsedimentacijskog ili postsedimentacijskog podrijetla (A₄ na sl. 2).

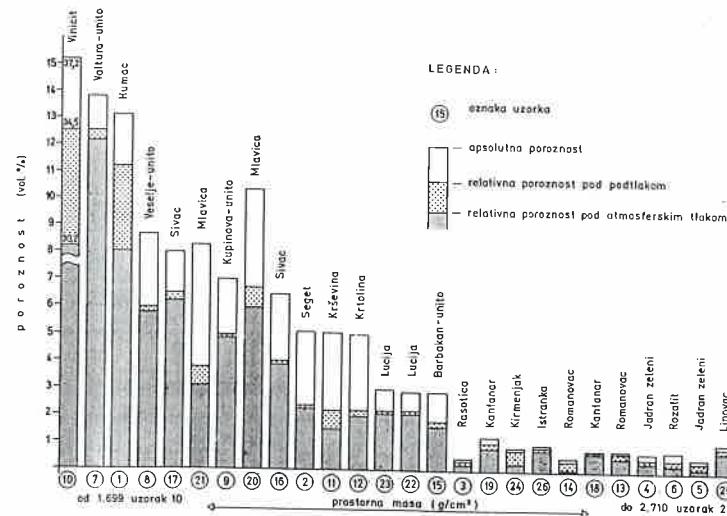
Sekundarna poroznost jest postsedimentacijskog podrijetla, a sastoji se od šupljinske ili "vug"-poroznosti, kaverne, kanala i rasjeda. "Vug" poroznost tvori šupljine, pore koje se formiraju pri donosu nekih komponenti u stijene često duž sjedišta mikropukotina (B₁ na sl. 2). **Kaverne** su otvori velikih dimenzija (B₂ na sl. 2). **Kanali** su značajno produljene pore u dvije ili tri dimenzije. Formiraju se na različite načine: anorganskim putem za vrijeme dijageneze; bušćim ili rovačim organizmima te prijelazom ka fenestralnim porama, stezanjem (B₃ na sl. 2). **Frakture** nastaju na različite načine: urušavanjem zbog otapanja, te propadanjem ili raznim vrstama tektonskih deformacija uključujući pukotine (B₄ na sl. 2).

Utjecaj tlaka na poroznost

Da bi se samo djelomično shvatilo kakav je utjecaj pornog prostora kod različitih varijeteta domaćeg karbonatnog kamena, na sl. 3 prikazani su rezultati ispitivanja apsolutne i relativne poroznosti u uvjetima normalnog atmosferskog tlaka te relativne poroznosti u uvjetima podtlaka od 320 mbar-a.

Dobivene vrijednosti prikazane grafički, posljedica su strukturno-teksturnih i petrograskih značajki, geneze i različitih postgenetskih procesa (tektonika i dijageneza). Posebno je analiziran utjecaj povećanja relativne poroznosti u uvjetima podtlaka. Rezultati pokazuju da se ne mogu utvrditi oštре granice u kvaliteti pojedinih varijeteta kamena s obzirom na poroznost. Kameni materijali mogu sadržavati tazne tipove pora, a imati gotovo slične vrijednosti apsolutne i relativne poroznosti. Međutim, poznavanje značajki vezanih uz poroznost, obim, povezanost, raspodjelu, orijentaciju i veličinu pora u odnosu na ostala strukturno-teksturna svojstva u konstruktivnim kamenim elementima-oblogama i slično,





Sl. 3. - Grafički prikaz vrijednosti poroznosti (apsolutne i relativne odredene pod atmosferskim tlakom i podtlakom) za domaće varijetete karbonatnog kamenja prema Tomašiću i Ženk (1993.).

može bitno utjecati na primanje, zadržavanje i cijedenje vode, te na otpornost u uvjetima zamrzavanja, zagrijavanja i savijanja.

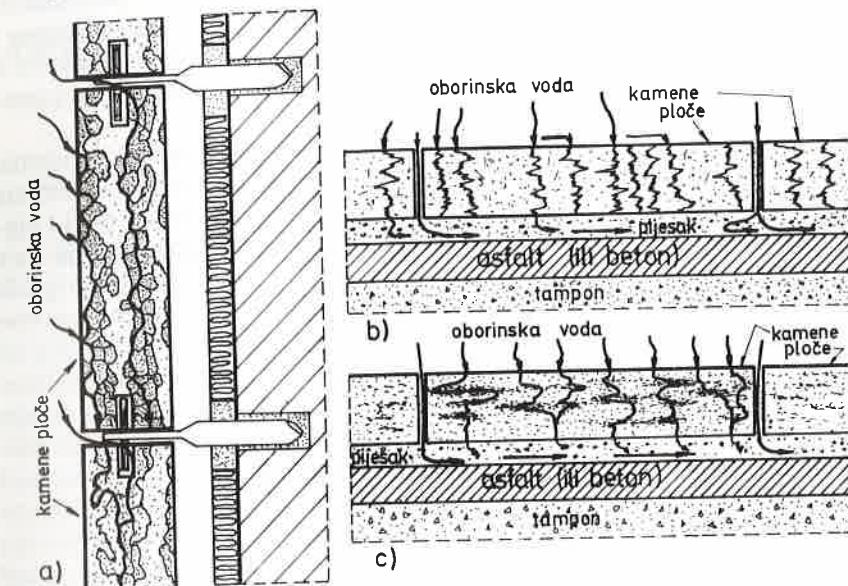
Na grafikonu su prikazani analizirani uzorci karbonatnog kamenja iz ležišta: Krmenjak, Lucija, Kanfanar, Valtura, Istranka, Romanovac, Sivac, Barbakan (unito), Kupinova (unito), Punta (Veselje unito), Humac, Mlavica, Seget, Jadran zeleni, Rozalit, Krševina, Krtolina, Žaganj Dolac (Rasotica), Jadran zeleni, Rozalit, Lipovac i Vinicit.

Primanje, zadržavanje i cijedenje vode

Poroznost je dakle vrlo važno fizičko svojstvo prirodnog arhitektonskog kamenja. Jako utječe na kretanje, odnosno zadržavanje i procjedivanje fluida u kamenu, posebno vode, ali i otopljenih soli. Kristalizacijom vode odnosno zaledivanjem, te kristalizacijom otopljenih soli u porama dolazi do značajnih tlačnih i vlačnih naprezanja u kamenu koja, ovisno o obliku i dimenzijama pora, mogu dovesti do destrukcije kamenja. Distribucija prethodno prikazanog pornog prostora jako utječe na anizotropnost kamenih varijeteta. Na sl. 4 prikazani su neki primjeri karbonatnih kamenih varijeteta u konstrukcijama s obzirom na njihov funkcionalni i estetski značaj u objektima, te s obzirom na primanje, zadržavanje i cijedenje vode u ovisnosti od pornog prostora i strukturno-teksturnih značajki.

Iz slike 4 je vidljivo da strukturne i teksturne značajke pojedinih litotipova značajno utječu na usmjeravanje toka vode, ali i na, ukoliko dođe do zaledivanja, mogući oblik oštećenja i destrukciju kamenja. Litotipovi (na sl. 4a i 4b) pokazuju jaku anizotropiju a litotip (na sl. 4c) slabiju.

Onkolitni vapnenci (sl. 4a) imaju jako izraženu anizotropiju. Ona se očituje u relativno pravilnom nizanju onkoida u karbonatnom mikritnom matriksu. Oni su i međusobno i od veziva oštros odvojeni pretežito slabije izraženim stitolitima malih amplituda. Ovisno o njihovom mogućem dodirivanju i nizanju jača intenzitet anizotropije te mogućnost procjedivanja upijene vode. Voda se kroz njih kreće s lakoćom. Potpuno je različita postojanost onkolitnih vapnenaca postojani na vertikalnim u odnosu na horizontalne površine. Na horizontalnim površinama su zahtjeviji u pogledu načina ugradnje i održavanja.



Sl. 4. - Shematski prikaz nekih strukturalnih litotipova kamenja i raspodjele pornog prostora obzirom na procjedivanje vode i njegovo funkcionalno značenje u konstrukciji, a) kod onkolitnog vapnenca u ventilirajućoj fasadnoj oblozi, b) kod vapnenca sa stitolitima u horizontalnoj oblozi i c) kod vapnenih biokalkarenita tipa "unito" u horizontalnoj oblozi.

Mikritni vapnenci s jako izraženim stitolitima velikih amplituda (sl. 4b) odlikuje se izuzetno jakom anizotropijom. Stitoliti uvjetuju njihova fizikalna i mehanička svojstva te procjedivanje vode ovisno o njihovoj otvorenosti. Njihova otvorenost i ili ispunjenost glinom, bitumenskom i limonitnom tvari ovisi o vrsti i obimu dijagenetskih procesa kojima je vapnenac bio podvrgnut u stijenskoj masi ležišta. S vremenom se ispuna izlužuje, te se povećava mogućnost procjedivanja. Ukoliko su otvoreni, tada izuzetno dobro procjeđuju vodu.

Biokalkareniti tipa "unito" procjeđuju vodu sporo, ovisno o udjelu i raspodjeli mikritnog veziva, sparikalcita, bioklasta i intraklasta. Često imaju izrazito slabo vidljivu laminaciju ili paralelno nizanje spomenutih sastojaka. Procjedivanje vode takođe ovisi o dijagenetskim procesima ali i o defektima nastalim uslijed tektonskih naprezanja. Mozaični drugni cement, kao npr. sparikalcit, rekristalizirane, dolomitizirane nakupine sklone su drobljenju pri tektonizaciji. Duž takvih zona voda se lakše procjeđuje.

Zaključak

Iz napisanog je vidljivo da su brojni problemi vezani osobito za primjenu pojedinih varijeteta arhitektonskog kamen karbonatnog sastava, komercijalno nazvanih "mramori". Oni zahtijevaju mnogo više pozornosti i stručnosti pri izboru, održavanju i njezi, ovisno o mjestu i načinu ugradnje te funkciji u konstrukciji. To se ponajviše odnosi na domaći kamen karbonatnog sastava s kojim Hrvatska raspolaže u svojim ležištima i sudjeluje na tržištu.

Utvrdnjem značajki vezanih uz poroznost, tj. obim, povezanost, raspoljaju, orientaciju i veličinu pora u odnosu na brojna druga strukturalna i teksturna svojstva, te fizikalna i mehanička svojstva, a s obzirom na funkciju u konstrukciji, može se bitno utjecati na postojanost i vremensku trajnost kamena.

Svi spomenuti elementi mogu se utvrditi laboratorijskim metodama. Koristeći rezultate takvih istraživanja i stečenih iskustava na starim objektima o postojanosti sličnih ili istih varijeteta kamen, moguće je obaviti bolji i sigurniji izbor kamen. Vremenska postojanost tako izabranog kamenita bit će veća i do nekoliko puta.

Rajko Dobrić

ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI KAMEN - NAJINTERESANTNIJA MINERALNA SIROVINA DALMACIJE

Područje Dalmacije je jedno od najstarijih područja eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamen (u dalnjem tekstu: AG kamen). Ona datira još iz 1. stoljeća p.n.e. Ona se vezuje za izgradnju antičke Salone, a najveći zamah doživljava u III. i IV. vijeku naše ere u doba gradnje Dioklecijanove palače kao i mnogih manjih i većih građevina iz tog vremena diljem istočne jadranske obale. U kasnijem razdoblju eksploatacija AG kamen stagnira sve do XV. stoljeća, do doba rane renesanse. Iz tog doba su i najpoznatiji naši graditelji: Aleši, Radovan, Dalmatinac i drugi. U dalnjem razdoblju eksploatacija oscilira od vremena do vremena. Poslije drugog svjetskog rata nastoji se oživiti ova proizvodnja objedinjavanjem cijelog ovog područja u jednu organizaciju (1947- Jadrankamen-Split). Daljnji tok dogadaja doveo je do cijepanja ove organizacije na više manjih: Kamen Trogir, Obrovac, Sinj, Kamen Split, koji kasnije objedinjava pogone u Trogiru, Kaštel Sućurcu te kamenolome u dalmatinskoj zagori i okolicu Drniša. Korčula postupno zamire kako u eksploataciji tako i u preradi AG kamen. Dubrovnik u sklopu GP "Dubrovnik" formira kamenolom "Visočane" i pogon prerade. Obrovac također formira pogon prerade uz pripadajuće kamenolome. Benkovac organizira u sklopu "Komunalca" preradu pločastog kamen, dok na području Sinja ova proizvodnja potpuno zamire. Jedino "Jadrankamen" Brač sa manjim pogonima na otoku i dalje zadržava ključno mjesto kako u eksploataciji i preradi AG kamen, tako i u nastojanju da modernizira proizvodne procese koji dosežu europsku razinu. U zadnje vrijeme se javlja više malih preradivača i grupa za ugradnju kamenita, ali bez čvrste osnove u eksploataciji AG kamenita.

SADAŠNJE STANJE I PROBLEMI

Prema prikupljenim podacima za 1994. god. stanje u eksploataciji AG kamenita na području četiri dalmatinske županije je slijedeće:

- kamenolomi u okolini Drniša ne rade i vjerovatno su devastirani
- kamenolomi u okolini Obrovca ne rade
- "Visočani" kod Dubrovnika ne rade i dobrim dijelom su opljačkani.