

SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
2. ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI KAMEN.....	7
2.1. Uvod.....	7
2.2. Genetska klasifikacija stijena	10
2.3. Petrografske značajke prirodnog kamena.....	12
2.4. Fizička i mehanička svojstva kamena.....	16
2.5. Trajnost ugrađenog kamena	21
2.6. Vrste arhitektonsko-građevnog kamena.....	23
2.7. Dekorativnost kamena.....	32
3. EKSPLOATACIJA KAMENA	34
3.1. Istražni radovi.....	34
3.2. Vađenje kamenih blokova.....	37
3.3. Utjecaj na okoliš.....	39
3.4. Rudarska djelatnost u Hrvatskoj.....	40
3.5. Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj.....	47
4. OBRADA KAMENA.....	54
4.1. Udarna obrada.....	55
4.2. Termička obrada.....	56
4.3. Abrazivna obrada.....	57
4.4. Klesarstvo	58
4.5. Suvremena tehnologija obrade kamena	60
4.6. Završna obrada kamena	62
5. GRAĐENJE PRIRODNIM KAMENOM	66
5.1. Uvod.....	66
5.2. Kamene fasade.....	68
5.3. Kameni zidovi.....	74
5.4. Kameni krovovi	77
5.5. Ostale mogućnosti primjene prirodnog kamena	79
5.6. Zaštita graditeljske baštine.....	81
5.7. Ekonomski aspekti korištenja kamena u graditeljstvu	84
5.8. Tehnička regulativa.....	85
6. ZAKLJUČAK	88
7. PRILOZI.....	90
7.1. Klasifikacija arhitektonsko-građevnog kamena.....	90
7.2. Ispitivanje svojstava kamena	93
7.3. Propisi iz područja rudarstva	95
7.4. Propisi iz područja prostornog uređenja	97
7.5. Masivni kameni elementi	98
7.6. Hrvatski arhitektonsko-građevni kamen (izbor)	101
8. LITERATURA	104

1. UVOD

U ovom je radu prikazan dio informacija prikupljenih o kamenu, svojstvima kamena, njegovoj trajnosti i dekorativnosti, eksploataciji i njenom utjecaju na okoliš, rudarskoj djelatnosti u Hrvatskoj, europskim i našim ležištima arhitektonsko-građevnog kamena, metodama obrade i mogućnostima površinske obrade kamena, ambijentalnoj vrijednosti kamena, restauratorskoj i konzervatorskoj djelatnosti, tehničkoj regulativi koja se odnosi na eksploataciju prirodnog kamena, zaštitu okoliša, prostorno planiranje i građenje prirodnim kamenom, te o projektiranju kamenih fasada i općenito-primjeni kamena u graditeljstvu.

Cilj je ponajprije bio prikupiti što više informacija, pokušati sažeti one najbitnije, uputiti na dodatne izvore podataka, odnosno što cjelovitije sagledati područje koje arhitektonsko-građevni kamen obuhvaća.

Tematski je rad podijeljen u četiri poglavlja, koja obuhvaćaju karakteristike arhitektonsko-građevnog kamena kao prirodnog materijala, njegovu eksploataciju i obradu, te mogućnosti primjene.

Nazivi prirodni, arhitektonsko-građevni i arhitektonski kamen podjednako se koriste, te označavaju kamen koji se vadi u blokovima čijim se piljenjem i daljnjom obradom proizvode kameni elementi koji se koriste pri gradnji. Zbog dvosmislenosti nazivlja koju uvode različite komercijalne i praktične podjele kamena, kao jedina mjerodavna i egzaktna podjela navodi se genetska klasifikacija. Komercijalne podjele dane su u prilogu.

Trendovi u primjeni kamena dani su prema podacima o svjetskoj proizvodnji kamenih proizvoda, a ovisno o planiranoj namjeni kamenih elemenata definirana su bitna fizička i mehanička svojstva, dan je usporedan pregled svojstava granita, mramora i vapnenaca, prikazane su točne lokacije kamenoloma u Hrvatskoj, različite vrste kamena i efekti površinske obrade, karakteristike pojedinih načina primjene kamena i brojne bitne smjernice pri građenju prirodnim kamenom.

Informacije su prikupljene ljubaznošću brojnih ljudi čija je djelatnost vezana uz građenje prirodnim kamenom. Mnoštvo zanimljivih detalja saznao sam: u pogonu poduzeća za obradu kamena T&B u Hrvacama, kamenolomu poduzeća Adriakamen u Planom, upravi i pogonima poduzeća za proizvodnju, obradu i montažu arhitektonsko-građevnog kamena Kamen Pazin; od voditelja kamenarskih radova poduzeća Biokovo Kamen, voditelja Odjela za rudarstvo pri Ministarstvu gospodarstva, voditeljice Laboratorija za prirodni kamen pri Institutu građevinarstva Hrvatske, te od djelatnica Hrvatskog zavoda za norme. Ovaj rad je nastao pretragom i pregledom stručne literature vezane uz ovu temu, prikupljanjem zanimljivih podataka iz drugih izvora (internet, novine, katalozi), pregledom usklađenih europskih normi u Normoteci HZN-a, detaljnom studijom kompletne bibliografije časopisa Klesarstvo i graditeljstvo (1990-2006.), obilaskom raznih krajeva Hrvatske s fotoaparatom u ruci, te analizom (jednog dijela) svega prikupljenog.

Motiv za pisanje rada bio mi je ambijent, vrijeme koje je ostalo zapisano u kamenu, i vrijeme u kojem živimo. Razlika? Mjera i odnos.



2. ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI KAMEN

2.1. UVOD

Kamen je od početka ljudskog života na zemlji bio čovjeku oružje i alat, nakit, stan i grobnica. Bio je jedno od trajnih sredstava njegova stvaralaštva. U prošlosti je graditeljstvo bilo vezano uz prirodne materijale te je za svoje oblike, forme i kulturnu ostavštinu u velikoj mjeri dužno kamenu koji je duboko utkan u sve tradicijske i prirodne vrijednosti graditeljstva i umjetnosti.

Arhitektonsko-građevni kamen pripada u geomaterijale, u skupinu nemetalnih mineralnih sirovina. Vadi se u blokovima čijim se piljenjem i daljnjom obradom proizvode kameni elementi koji se polažu pri gradnji. Osim kakvoće u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava i mineralnog sastava, arhitektonsko-građevni kamen treba imati i dekorativnu vrijednost. Odlikuje se svojom teksturom i strukturom.

PRIMJENA. Arhitektonsko-građevni kamen koristi se u graditeljstvu kao zidani element, u vidu ploča i elemenata različitih profila, za unutarnja i vanjska oblaganja, za izradu raznih nekonstruktivnih elemenata građevina, uređenje interijera, odnosno kao dekorativno-zaštitni i funkcijski element građevnih objekata svih namjena, te u kiparstvu, arhitekturi spomen obilježja i groblja, za izradu fontana, uređenje terasa, trgova i parkova, te za različit proizvode zanatske djelatnosti.

Prema asortimanu proizvodnje na svjetskom tržištu (1994.godine), približna zastupljenost pojedinih načina primjene arhitektonsko-građevnog kamena prikazana je u Tablici 2.1.1.

Tablica 2.1.1¹

NAMJENA	ZASTUPLJENOST KAMENIH PROIZVODA NA SVJETSKOM TRŽIŠTU								
	Kamen silikatnog sastava i pješčenjaci			Kamen karbonatnog sastava			UKUPNO		
	000 t	000 ekv.m ²	%	000 t	000 ekv.m ²	%	000 t	000 ekv.m ²	%
Vanjska horizontalna oblaganja	2.320	42.700	29.0	700	12.700	7.5	3.020	55.400	17.5
Unutarnja horizontalna oblaganja	600	11.000	7.5	2.650	49.400	29.0	3.250	60.400	19.1
Vanjska vertikalna oblaganja	1.560	28.600	19.5	880	16.100	9.5	2.440	44.700	14.1
Unutarnja vertikalna oblaganja	400	7.300	5.0	1.380	25.500	15.0	1.780	32.800	10.4
Stepeništa i slični radovi	440	8.100	5.5	500	9.400	5.5	940	17.500	5.5
Strukturni masivni radovi	640	11.800	8.0	750	13.600	8.0	1.390	25.400	8.0
Grobna arhitektura	1.200	22.000	15.0	1.000	18.700	11.0	2.200	40.700	12.8
Specijalni klesarski radovi	540	10.000	6.8	620	11.600	6.8	1.160	21.600	6.8
Ostala uporaba	300	5.500	3.7	700	13.000	7.7	1.000	18.500	5.8
UKUPNO	8.000	147.000	100.0	9.180	170.000	100.0	17.180	317.000	100.0

Napomena: Kratica u tablici ekv. m², znači ekvivalentnih metara četvornih, a odnosi se na količine kamena različitih debljina svedene na ekvivalentnu mjeru, tj. na ploče debljine 2 cm.

Iz priloženih podataka vidljivo je da je kamen silikatnog sastava pogodniji i više korišten za vanjska, a kamen karbonatnog sastava za unutarnja oblaganja, dok se za ostale namjene koriste podjednako.

U suvremenom je graditeljstvu klasičan način primjene kamena kao konstruktivnog elementa gotovo potpuno istisnut. Dok je kod klasičnog načina građenja kamen upotrebljavan kao nosivi element, ili se primjenjivao u vrlo debelim pločama za oblaganje, u suvremenom graditeljstvu on služi uglavnom kao ukrasno-zaštitna obloga nosive konstrukcije izvedene od drugih materijala.

Tehnološki razvoj, i instaliranje modernih pogona u kojima se obrada kamenih blokova odvija potpuno automatiziranim i kompjutorski upravljanim strojevima, otvara mogućnosti dizajna i oblikovanja najsloženijih ploha iz kamenih blokova, ploča željenih oblika, dimenzija i načina površinske obrade.

Promjene strukture svjetske potrošnje kamenih proizvoda tijekom desetogodišnjeg razdoblja prikazana je u Tablici 2.1.2. U prikazanom periodu zamjetno je znatno smanjenje udjela primjene kamena za vanjska vertikalna oblaganja, uz povećanje udjela primjene kamena za unutarnja vertikalna oblaganja i gradnju stepeništa (i slične radove), te porast potražnje za specijalnim klesarskim radovima.

Tablica 2.1.2

NAMJENA	GODIŠNJA POTROŠNJA U %			
	1991.	1994.	1997.	2000.
Vanjska horizontalna oblaganja	-	17,5	15,0	-
Unutarnja horizontalna oblaganja	-	19,1	20,1	-
Ukupno horizontalna oblaganja	36,4	36,6	35,1	35,0
Vanjska vertikalna oblaganja	18,8	14,1	11,7	8,0
Unutarnja vertikalna oblaganja	5,4	10,4	11,3	10,0
Ukupno vertikalna oblaganja	24,2	24,5	23,0	18,0
Stepeništa i slični radovi	5,4	5,5	5,7	8,6
Strukturni masivni radovi	8,1	8,0	8,3	5,0
Grobna arhitektura	14,8	12,8	14,7	12,0
Specijalni klesarski radovi	6,7	6,8	7,0	11,2
Ostala uporaba	4,4	5,8	6,2	10,2
UKUPNO	100,0	100,0	100,0	100,0

NAZIVLJE. Umjesto naziva arhitektonsko-građevni kamen ili skraćeno arhitektonski kamen, koji se koristi u tehničkoj regulativi iz područja rudarstva, u usvojenim normama koje se odnose na ovaj građevni materijal, kao i u donesenom Tehničkom propisu za zidane konstrukcije, preuzet je naziv koji se rabi u europskim normama - prirodni kamen (*eng.* Natural stone, *njem.* Naturstein). Istovremeno je u nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti uveden pojam koji se nekada koristio - ukrasni kamen.

Premda kamen u današnjem graditeljstvu u obliku obloga uglavnom preuzima samo dekorativno-zaštitnu ulogu, naziv ukrasni kamen nije primjeren materijalu koji je, korišten kao konstruktivni element, na području naše zemlje stvorio jedinstvene arhitektonsko-urbanističke cjeline, stopio se s okolišem i oplemenio ambijent.

Naziv prirodni kamen (*eng.* natural stone, *tal.* pietre naturale, *fr.* pierre naturelle, *rus.* prirodnyy kamn), koji je normirala Europska unija, te i u nas poprima sve širu uporabu, primjeren je za zemlje u kojima se kamen i proizvodi od kamena dijele s jedne strane na prirodni kamen (*eng.* natural stone product), tj. kamen izvađen iz ležišta, a s druge strane na umjetno napravljeni kamen, koji se u nas naziva polimramor (*eng.* aggregate stone materials, *tal.* materiali lapidei aggregati).

Za razliku od europskog tehničkog zakonodavstva koje kamene materijale dijeli prema nastanku, naše tehničko zakonodavstvo pri klasifikaciji mineralnih sirovina

uvažava bitne razlike u načinu istraživanja, eksploataciji, preradi i namjeni razdvajanjem arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena. Stoga primjena naziva prirodni kamen samo za arhitektonski kamen u nas nije adekvatna, jer taj pojam u svakom pogledu obuhvaća i tehnički kamen. Dapače, dok je tehnički kamen u potpunosti prirodan, u arhitektonski kamen se ponegdje ubrajaju i umjetno napravljeni materijali na bazi kamena-polimramori.

Polimramori¹ su umjetno napravljeni materijali na bazi kamena koji se izrađuju u blokovima. Blokovi polimramora se prerađuju kao i blokovi arhitektonsko-građevnog kamena, a imaju i identičnu namjenu, što je i razlog njegova zajedničkog svrstavanja, unatoč činjenici da se radi o potpuno drugačijim proizvodima.

Tehničko-građevni kamen je kamen koji se minira, mehanički drobi i usitnjava. Koristi se kao: drobljeni kamen za održavanja cesta, drobljeni kamen za izradu donjeg ustroja cesta (nosivih slojeva), kamena sitnež za izradu bitumeniziranog materijala na cestama, kameni agregat za izradu betona, tucanik za izradu zastora željezničkih pruga, lomljeni kamen za zidanje te izradu obaloutvrda i vodopropusta, te kao sirovina za proizvodnju drugih raznih građevnih materijala, poput veziva i termoizolacijskih materijala. Osim u građevinarstvu upotrebljava se u metalurgiji, proizvodnji abrazivnih sredstava, poput punila u proizvodnji boja, lakova, polimera i papira, za mineralna gnojiva, keramiku, lijekove itd. Za svaki slučaj namjene taj je kamen zdrobljen, mljeven, usitnjen ili lomljen u nepravilne komade većih dimenzija. Mora imati određena fizičko-mehanička svojstva, granulometrijski sastav i čistoću.

Šljunak i pijesak koriste se, kao i tehničko građevni kamen, u cestogradnji za izradu nosivih slojeva, te za izradu betona, žbuka i za zidanje.

NORMIZACIJA NAZIVLJA I OPISA PRIRODNOG KAMENA. Europska norma: Prirodni kamen - Nazivlje (EN 12670:2003), koja je u nas prihvaćena u izvorniku (na engleskom jeziku) definira preporučenu terminologiju koja obuhvaća znanstvene i tehničke pojmove, metode ispitivanja, proizvode i klasifikaciju prirodnog kamena.

Sadržajno obuhvaća:

1. Definiciju opsega primjene
2. Terminologiju prirodnog kamena
 - 2.1. Geološke pojmove
 - 2.2. Rudarske pojmove
 - 2.3. Pojmove koji se odnose na obradu kamena
 - 2.4. Pojmove koji se odnose na kamene proizvode i montažu
3. Znanstvenu klasifikaciju
 - 3.1 Geološku vremensku skalu (informativno)
 - 3.2 Znanstvenu klasifikacijsku tablicu
 - 3.2.1 Klasifikacijsku tablicu eruptivnih stijena
 - 3.2.2 Klasifikacijsku tablicu sedimentnih stijena
 - 3.2.3 Klasifikacijsku tablicu metamorfnih stijena

Prema normi Prirodni kamen - Kriteriji za utvrđivanje naziva (HRN EN 12440:2000) opis prirodnog kamena mora sadržavati sljedeće dijelove:

- ✦ naziv prirodnog kamena pod kojim je poznat na tržištu, u skladu s određenom vrstom stijene i točnom lokacijom ležišta.
- ✦ petrološku pripadnost kamena sa znanstvenim nazivom temeljenim na petrografskom ispitivanju

- ✦ tipičnu boju s rasponom nijansi pojedinih varijeteta, vizualnim dojmom izgleda obrađene površine u vlažnom stanju
- ✦ lokaciju kamenoloma s njegovim nazivom, po mogućnosti što određeniju (najbliži grad ili selo).
- ✦ ostale dostupne ili tražene informacije: izgled površine gotovih proizvoda; prirodnu građu koja utječe na izgled kamena (žile, inkluzije, uklopici, ksenoliti, tekstura, struktura, pukotine itd.); genetičku pripadnost, odnosno znanstvene klasifikaciju stijene temeljenu na petrografskom ispitivanju (eruptivna, sedimentna, metamorfna); geološku starost

2.2. GENETSKA KLASIFIKACIJA STIJENA

Stijene su aglomerati minerala čija je koherencija ostvarena matriksom ili cementom. One su produkti završenih geoloških procesa. Oko 4500 do 5000 vrsta stijena je dostupno danas u svijetu, a taj nevjerovatan broj različitih stijena koje izgrađuju litosferu se geološki ili genetski dijeli u tri skupine:

- eruptivne ili magmatske stijene (primarne stijene)
- sedimentne ili taložne stijene
- metamorfne ili preobražene stijene.

Diferencijacija unutar daljnjih podjela ovih stijena uzrokovana je ponekad samo manjim varijacijama u kemijskom sastavu ili uvjetima tlaka ili temperature.

Skupini prirodnih stijena i područjima njihovog postanka mogu se pridodati tehnogene stijene koje nastaju u tehnogenom području čovjekovom djelatnošću, poput debelih naslage troske ili zgure nastale pri metalurškim procesima. Tehnogenim kamenom možemo smatrati opeku, beton, žbuku, kamenu vunu i slične materijala.

ERUPTIVNE STIJENE. Eruptivne stijene nastaju ohlađivanjem i kristalizacijom prirodne silikatne taljevine, magme (lave). Ovisno o dubini i mjestu u litosferi gdje se magma hladi razlikujemo intruzive (dubinske ili plutonske) stijene koje kristaliziraju iz magme na dubinama većim od 10 km, hipoabisalne stijene koje kristaliziraju na dubinama od 10 km do površine, te efuzivne (površinske ili vulkanske stijene) koje kristaliziraju ili čvrstu na površini litosfere. Osim prema načinu postanka, eruptivne stijene klasificiraju se i na temelju kemijskog i mineralnog sastava. Kao arhitektonsko-građevni kamen najviše se koriste intruzivne stijene.

Značajnije vrste eruptivnih stijena koje se koriste kao arhitektonsko-građevni kamen: granit, sijenit, diorit, gablo (intruzivne), dijabaz, riolit, trahit, bazalt i vulkanski tuf (efuzivne).

Eruptivne stijene u Hrvatskoj nisu bitnije rasprostranjene, a varijeteti koji prevladavaju nisu posebno dekorativni.

SEDIMENTNE STIJENE. Sedimentne stijene nastaju trošenjem postojećih stijena, transportom rastrošenog materijala kao detritusa ili kemijskih otopina, te njegovim postupnim taloženjem i litifikacijom ili okamenjivanjem.

Trošenje postojećih stijena može biti mehaničko, kemijsko i biološko. Tako dezintegriran i rastopljen materijal transportira se s mjesta trošenja ponajprije vodama tekućicama, te vjetrom i ledenjacima. Mehanički rastrošen materijal pri transportu vodom ili vjetrom prirodno se frakcionira.

Nužni su složeni fizikalno-kemijski i dijagenetski procesi da bi se od nekonsolidirane mase stvorila stijena, jer bi u suprotnom nastajali sedimenti poput šljunka, krupnozrnatog i sitnozrnatog pijeska, gline i glinasto pjeskovitog tla. U fizičkom procesu okamenjivanja tlak mase naslaga i stijena osigurava kompresiju

praznina i pojedinačnih čestica. U kemijskom procesu cementacije voda koja cirkulira u preostalim prazninama povezuje pojedine čestice vezivima karakterističnim za pojedinu vrstu stijena. Ovi procesi transformiraju šljunke u konglomerate, krhotine stijena u breče, pijesak u pješčenjak, glinu u glineni kamen, kalcij karbonat u vapnenac.

Prema prevladavajućem procesu sedimentne stijene dijelimo na egzogene ili klastične sedimentne stijene, i endogene ili kemijske i biokemijske sedimentne stijene. Klastične sedimentne stijene formirane su akumulacijom većih fragmenata i pojedinačnih zrnaca koji su nastali, bili transportirani i konsolidirani isključivo mehaničkim putem. Pritom do taloženja materijala dolazi kada snaga tekućice postane preslaba da dalje prenosi čestice koturanjem ili lebdenjem, te one tonu na dno. Kemijske sedimente stijene ne nastaju okamenjivanjem minerala ili dijelova stijena, već molekula koje se pri zasićenju kemijskih otopina talože u obliku kristala ili gelova, tonu na dno, i bivaju konsolidirane pritiskom. Talozjenja se može odvijati i kao rezultat kemijskih reakcija (nastajanje minerala kalcita i dolomita). Do taloženja kalcijevog karbonata dolazi pretežno u plitkim morima i vodama. U zasićenim otopinama stvaraju se male nakupine kalcijevog karbonata od kojih alge, školjkaši, koralji, puževi i ostali organizmi grade svoje skelete. Ugibanjem ovih organizama, skeleti tonu na dno, gdje nastaje kalcitni mulj koji se sastoji ponajprije od kalcitnog skeletnog detritusa.

Istaloženi sedimenti, prvotno nevezani, procesom litifikacije ili okamenjivanja prelaze u sedimentne stijene, te tako nastaju organogeni karbonatni sedimenti (vapnenci) koji sadrže karbonatne ostatke životinja i biljaka. Sedimentacijski proces nastajanja ovih stijena objašnjava njihovu bitnu odliku - slojevitost.

Značajnije vrste sedimentnih stijena koje se koriste kao arhitektonsko-građevni kamen: vapnenci, dolomiti, breče, pješčenjaci (Jadran zeleni), travertin, vapnenačka sedra i vapnenački tuf.

METAMORFNE STIJENE. Metamorfne stijene nastaju preobrazbom postojećih stijena kao rezultat promjenjivih fizičko-kemijskih uvjeta u periodima koji traju milijunima godina. Uzroci ovih transformacija su kombinacije promjenjivih uvjeta okolnog tlaka i temperature, tektonska kretanja, utjecaji kemijski aktivnih fluida i pretalijivanje. Ovi uvjeti dovode do promjena teksture, strukture i mineralnog sastava stijena. Pri metamorfozi stijena mogu nastati nove mineralne asocijacije s mineralima koji kristaliziraju pri višim (progradna metamorfoza) ili nižim (retrogradna metamorfoza) temperaturama negoli sastojci prvobitne stijene.

Značajnije vrste sedimentnih stijena koje se koriste kao arhitektonsko-građevni kamen: mramori, škriljavci (gnajs, zeleni škriljavac, argilošist) i kvarciti.

MRAMORI. Prirodni pigment u mramorima je grafit, koji je stabilan, a nastao je preobrazbom organogene bituminozne ili ugljenite tvari u vapnencima. Bjeličasti mramori tijekom vremena uslijed utjecaja atmosferilija i insolacije mogu postati žućkasti i putenasto nijansirani. Te promjene u nizu slučajeva mogu biti uzrokovane oksidacijom divalentnog željeza kojega može biti u kristalnoj rešetki kalcita ili dolomita.

U Hrvatskoj nema ležišta arhitektonsko-građevnog kamena metamorfnog postanka.

2.3. PETROGRAFSKE ZNAČAJKE PRIRODNOG KAMENA

Prema usvojenoj europskoj normi: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Petrografsko ispitivanje (HRN EN 12407:2000) petrografske odlike prirodnog kamena opisuju se makroskopski i mikroskopski.

MAKROSKOPSKI OPIS prirodnog kamena obuhvaća:

- boju ili raspon boja kamena (za opis boje preporuča se Rock Color Chart)
- sklop (fabric) kamena
- veličinu zrna (krupno, srednje, sitno)
- otvorene ili mineralnom tvari ispunjene makroskopski vidljive pukotine i šupljine
- alteraciju petrogenih minerala ili izmjenu i trošenje sulfida
- sadržaj ksenolita i obojenih uklopaka
- sadržaj skeleta i skeletnog detritusa fosilne faune i flore.

MIKROSKOPSKI OPIS prirodnog kamena obuhvaća:

- sklop kamena (tekstura i struktura)
- sastojke, minerale / zrna sa specifikacijama: naziv minerala / zrna (klasta), volumni postotak pojedinih minerala, dimenzije sastojaka (raspon veličina i srednja vrijednost), stupanj sortiranja u klastima, habitus minerala, oblik sastojaka, za detritarna zrna u klastitima obavezni su podaci o sferičnosti i zaobljenosti, međuzrni kontakti ili dodiri, raspodjela sastojaka (homogena, heterogena, slojevita, lećasta, krpasta), orijentacija sastojaka, evidencija alteracija i trošenja
- osnovnu masu: u kamenu vulkanskog postanka stupanj kristalizacije, u kamenu sedimentnog postanka razlikuju se matriks i cement (amorfna ili kristalna tvar koja djelomično ili u cijelosti ispunjava porni prostor)
- fosilnu faunu i floru
- diskontinuitete: orijentaciju i raspodjelu primarnih i sekundarnih, zjapećih i zaliječenih diskontinuiteta, opis pora, mikrošupljina i šupljina, te ostale značajke
- uočene singenetske i postgenetske procese (dolomitizacija, silicifikacija, potiskivanje primarnih sastojaka novim mineralnim tvorevinama).

Na temelju makroskopske i mikroskopske analize prirodni se kamen determinira prema međunarodnim znanstvenim klasifikacijama.

2.3.1 Sklop kamena

Sklop kamena je pojam koji obuhvaća teksturne i strukturne značajke kamena bez obzira na genezu ili postanak pripadajuće stijene. Važan je s dva gledišta:

- rezultat je geoloških uvjeta u kojima je odgovarajuća stijena nastala
- o njemu ovisi niz odlika kamena te izgled lica obrađenih kamenih blokova i elemenata

TEKSTURA. Pod teksturom podrazumijevamo međusobne odnose sastojaka u kamenu, te njihov prostorni raspored i orijentaciju. Glavne texture kamena su:

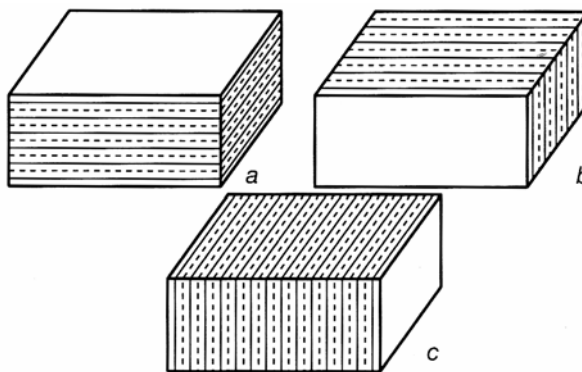
- homogena, kada su svi sastojci ravnomjerno raspoređeni u kamenu, bez bilo kakve naglašene prostorne orijentacije; takvom teksturom odlikuje se najveći dio kamena eruptivnog postanka (slike 2.3.2. i 2.3.3.)², zatim dijelom kamen sedimentnog postanka te neke vrste kamena metamorfnog postanka
- fluidalna, kada su mineralni sastojci osnovne mase paralelno do subparalelno poredani te ukazuju na tok lave, što je odlika bazičnih efuzivnih stijena
- slojevita, kao temeljna značajka sedimentnih stijena, a slojevitost može biti izražena: nizanjem međuslojnih ploha koje mogu predstavljati prirodne diskontinuitete kada

se duž njih kamen lako cijepa, finim lameliranjem, promjenama veličine sastojaka u pojedinim proslojcima, paralelnim i subparalelnim redanjem pločastih i listićavih sastojaka, promjenom boje;

- škriljava, s izraženom foliacijom, kao značajkom metamorfnih stijena, s paralelno do subparalelno raspoređenim pločastim i listićavim mineralima, kao i s naglašenom lineacijom ako stijena sadrži prizmatske i stupićaste minerale.

Pri obradi i ugrađivanju kamena anizotropne teksture, izgled i dezen lica kamenog elementa ovisit će o njegovu položaju prema slojevitosti ili škriljavosti. Moguća su tri slučaja:

- kameni se blok ili element pili okomito na slojevitost ili škriljavost (kontra), a plohe slojevitosti ili škriljavosti prirodno su položene i na licu, ovisno o naglašenosti anizotropije, jasno uočljive (slika 2.3.1.a);



Slika 2.3.1. Položaj ploha slojevitosti u odnosu na lice

- kameni se blok ili element pili paralelno sa slojevitosti ili škriljavosti (po daski ili po versu), a plohe slojevitosti ili škriljavosti položene su usporedno s licem elementa (slika 2.3.1.b); u tom slučaju, paralelno sa slojevitosti i škriljavošću tlačna je čvrstoća niska, lako dolazi do razlistavanja paralelno s licem kamenog bloka ili elementa
- kameni se blok ili element pili okomito na slojevitost ili škriljavost, a te su plohe okomite na licu bloka ili elementa (slika 2.3.1.c).

Kamen homogene teksture ne mora uvijek biti izotropan već je u njemu moguća kriptanizotropija. Tako se i u intruzivnim stijenama također nalaze tri međusobno okomite teško uočljive plohe. Duž jedne od njih stijena se lako cijepa, a duž jedne cijepanje je nemoguće. U mramorima je također moguća kriptanizotropija.

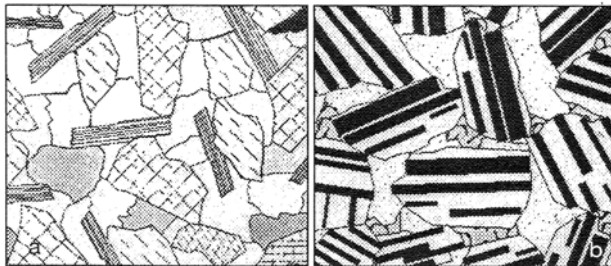
Prekristalizacijom u procesu metamorfoze, kalcit može kristalizirati s približno međusobno paralelnim kristalografskim osima, što se odražava na izgled površine mramora u odnosu na propuštanje i odražavanje svjetlosnih zraka.

Opisane se razlike nalaze i u kamenim blokovima, što treba uzeti u obzir pri izradi finalnih proizvoda.

STRUKTURA. Pod strukturom podrazumijevamo oblik pojedinih sastojaka u kamenu i njihovu veličinu.

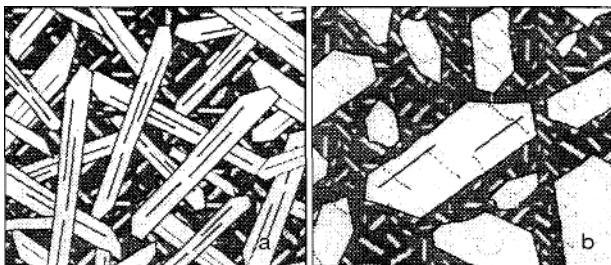
Glavne strukture kamena eruptivnog postanka su:

- granularna ili zrnasta: karakteristična je za dubinske ili intruzivne stijene (slika 2.3.2.); svi minerali u stijeni su iskristalizirali i jednakih su veličina; s obzirom na veličinu zrna kamen zrnaste strukture podijeljen je prema tablici 2.3.3.
- intersertalna i ofitska: karakteristična je za hipoabisalne stijene (slika 2.3.3.a); stijena sadrži isprepletene štapičaste plagioklase, a u intersticijskim se nalazi vulkansko staklo (intersertalna) ili piroksen (ofitska).
- porfiriska: karakteristična je za vulkanske stijene (slika 2.3.3.b); stijena sadrži idiomorfne i hipidiomorfne fenokristale ili utruske u osnovnoj masi koja može biti staklasta do mikrokristalna.
- porfiroidna: poseban je varijetet zrnaste strukture; u jednoliku zrnastoj osnovi nalaze se minerali (ponajprije K-feldspati) izrazito krupnijih dimenzija.



Slika 2.3.2. Homogena tekstura i granularna ili zrnasta struktura karakteristične za eruptivne intruzivne stijene

- a granit: sadrži alotriomorfne kristale kvarca (bijelo), K-feldspata (mrežasto), kiselih plagioklaza (sivo) i tinjaca (isprutano)
b gabro: sadrži hipidiomorfne i alotriomorfne kristale Ca-plagioklaza (isprutano) i alotriomorfna zrna piroksena (točkasto)



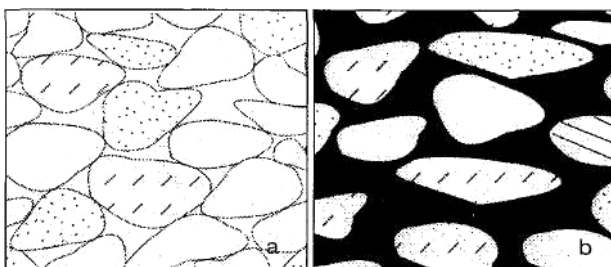
Slika 2.3.3. Homogena tekstura te intersertalna (a) i porfiriska (b) struktura. Prva je karakteristična za eruptivne hipoabisalne (dijabaz), a druga za vulkanske stijene (riolit)

Naziv strukture	Dimenzije minerala u mm
vrlo sitno zrnasta	manje od 1
sitno zrnasta	1-3
srednje zrnasta	3-10
krupno zrnasta	10-30
vrlo krupno zrnasta	više od 30

Tablica 2.3.1. Podjela zrnaste strukture prema veličini minerala

Glavne strukture kamena sedimentnog postanka su:

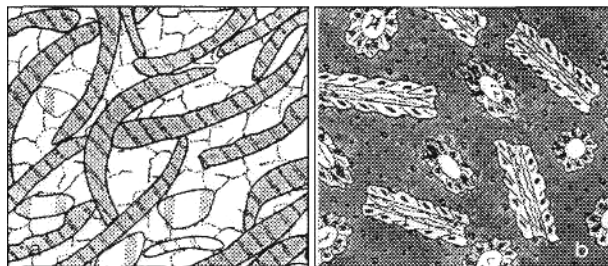
- klastična: kamen se sastoji od klasta ili partikula (čestica) nastalih mehaničkim trošenjem stijena; klasti su različitog stupnja uglatosti i zaobljenosti te sferičnosti, ovisno o njihovu sastavu i dužini transporta te o tekturnim značajkama stijena od kojih su mehaničkim trošenjem nastali. U klastičnoj strukturi klasti mogu biti raspoređeni tako da se međusobno dodiruju i podupiru (slika 2.3.4.a) ili su uronjeni u matriks (slika 2.3.4.b). Veličine sastojaka u kamenu klastične strukture, odnosno dimenzije čestica, dijele se u 4 grupe (manje od 0,004mm, do više od 2mm). Ovisno o njihovim dimenzijama klastične strukture dijele se na glinene, prahne, pješčane i šljunčane.



Slika 2.3.4. Slaganje klasta u kamenu klastične strukture

- a slaganje klasta sa zrnskom potporom, klasti se međusobno dodiruju i podupiru; mogu biti cementirani kontaktnim ili dodirnim cementom, a u intersticijskim se može kristalizirati pomi cement
b klasti se međusobno ne dodiruju, već plivaju u matriksu

- organodetritarna: kamen sadrži fosilni detritus; kalcitni skeleti organizama ili ljuštore mogu biti tako raspoređeni da se međusobno podupiru (slika 2.3.5.a) ili su uronjeni u matriks (slika 2.3.5.b); karakteristična je za vapnence
- kristalasta: kamen se sastoji od kristaliziranih minerala; karakteristična je za vapore.



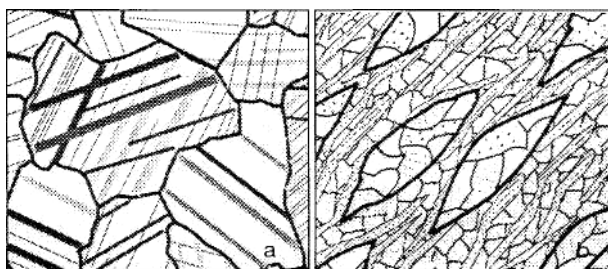
Slika 2.3.5 Organodetritarna struktura

a ljuštore školjkaša i bodljikaša međusobno se podupiru, a u intersticijama se nalazi kalcitni cement

b kalcitni skeleti organizama uronjeni su (plivaju) u mikritnom matriksu

Glavne strukture kamena metamorfnog postanka su:

- granoblastična: kamen se sastoji od granoblasta-zrna približno jednakih veličina nastalih prekrizacijom pri metamorfozi; karakteristična je za mramore (slika 2.3.6.a) i kvarcite
- lepidoblastična: u kamenu prevladavaju listićavi minerali, primjerice tinjci, koji su međusobno paralelno raspoređeni; karakteristična je za tinjaste škriljavce.
- nematoblastična: kamen sadrži štapićaste minerale, primjerice amfibole, koji svojim subparalelnim rasporedom naglašavaju lineaciju; karakteristična je za amfibolske škriljavce
- porfiroblastična: u sitnozrnastoj masi nalaze se krupniji kristali - porfiroblasti; poseban oblik te strukture je okcasta struktura karakteristična za gnajsove, kada se u sitnozrnastoj kvarc-feldspatsko-tinčastoj masi nalaze krupni granoblasti feldspata (slika 2.3.6.b).
- kataklastična: minerali su jače zahvaćeni drobljenjem (kataklaziranjem) negoli prekrizacijom
- blastopsefitska i blastopsamitska: u novonastaloj metamorfnoj tvorbi zaostale su uočljive klastične strukture sedimentne stijene zahvaćene metamorfozom.



Slika 2.3.6. Teksture i strukture metamorfnih stijena

a mramor, homogene teksture i granoblastične strukture

b gnajso, škriljava tekstura naglašena paralelnim rasporedom listića tinjaca i okcasta grano-lepidoblastična struktura

Mnoga svojstva kamena ovise o njegovoj strukturi. O veličini sastojaka i njihovoj zbijenosti, primjerice, ovise lom kamena i izgled površine prijeloma.

Gusti i sitno-zrnasti kamen homogene teksture obično ima ravan do plitko-školjkast lom. Što su sastojci sitnijeg zrna, to je površina prijeloma izrazitije glatka. Gusti mikritni vapnenci nastali zbijanjem sitnoga kalcitnog mulja imaju površinu prijeloma glatku, ponekad i porculanastog izgleda. Za razliku od njih, organogeni vapnenci tipa biosparudita s krupnim skeletnim detritusom cementiranim krupno-zrnastim sparitnim kalcitom imaju često neravan i kukast lom, dok im je površina prijeloma izrazito hrapava.

Krupno-zrnasti graniti se teže obrađuju od granita sitnog zrna. To vrijedi i za mramore granoblastične strukture. Kod krupnih kristala u kamenu posebno dolazi do izražaja njihova kalavost (feldspati u granitu, kalcit u mramoru).

2.3.2 Mineralni sastav

Minerali, sastojci stijena i kamena, homogena su prirodna tijela s pravilnim rasporedom atoma ili iona u prostornoj kristalnoj rešetki. Stalnoga su kemijskog sastava i određenih fizikalnih svojstava. U prirodi ih rijetko nalazimo kao samorodne elemente (ugljik kao grafit, šungit i dijamant). Redovito su to kemijski spojevi. Minerali koji su bitni sastojci stijena nazivaju se petrogeni ili stjenotvorni minerali.

Fizikalna svojstva minerala važna su za međusobno razlikovanje minerala, ali i zbog njihovog utjecaja na svojstva mineralnog agregata - kamena. Bitna svojstva minerala koji čine arhitektonsko-građevni kamen, čiji se detaljan opis može naći u priloženoj stručnoj literaturi, su: boja i sjaj, habitus, oblik, tvrdoća, kalavost, gustoća i toplinsko širenje.

2.4. FIZIČKA I MEHANIČKA SVOJSTVA KAMENA

Ovisno o primjeni i uvjetima u kojima će se nalaziti, pored vizualnih estetskih osobnosti, nužno je da kamen zadovolji propisane kriterije za bitna fizička i mehanička svojstva. Obzirom na uobičajene primjene prirodnog kamena kao oblikovnog i konstruktivnog elementa, najčešće se zahtijeva poznavanje tlačne čvrstoće, čvrstoće na savijanje, otpornosti na habanje, postojanosti prema kemijski agresivnim tvarima, te poznavanje termičkih svojstava kamena. U tablici 2.4.1 istaknuta su važnija svojstva koja treba odrediti obzirom na namjenu:

Tablica 2.4.1 Svojstva koja je potrebno odrediti obzirom na primjenu kamena

	Tlačna čvrstoća	Čvrstoća na savijanje	Otpornost na habanje	Prostorna masa	Poroznost	Upijanje vode	Postojanost prema mrazu	Postojanost prema agresivnim agensima	Termička linearna ekspanzija	Otpornost na udar	Petrografska analiza
Vanjske zidne obloge		+		+	+	+	+	+	+		+
Unutrašnje zidne obloge				+	+	+					+
Vanjske podne obloge		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Unutrašnje podne obloge		+	+	+	+	+				+	+
Masivni kameni elementi	+			+	+	+		+		+	+
Krovovi		+		+		+			+		
Površine u kupaonicama				+		+					
Spomenici				+	+	+	+	+			+

Uz navedena svojstva poznavanje kamena dopunjeno je petrografskom analizom. Samo na temelju poznavanja vrste kamena, te njegove teksture i strukture, u većini slučajeva nije moguće, a ni poželjno, donositi zaključke o njegovoj primjeni, jer i unutar iste petrografske vrste mogu postojati varijeteti koji se odlikuju vrlo različitim fizičkim i mehaničkim svojstvima.

TLAČNA ČVRSTOĆA jednaka je aksijalnom opterećenju probnog uzorka (kocke ili valjka) po jedinici površine kod kojeg nastaje razorna deformacija i njegov lom. Ispituje se na suhim uzorcima kamena. Obzirom na vrijednosti tlačne čvrstoće, arhitektonski kamen može se klasificirati u pet skupina prema tablici 2.4.2.

Arhitektonski kamen uglavnom ima čvrstoću između 80 i 250 MPa. Čak i kamen manje čvrstoće, ako su zadovoljeni ostali uvjeti može biti prikladan za zidanje ili oblaganje fasada. Pritom je kod vanjskih oblaganja kamenom čvrstoće do 30 Mpa potrebno voditi računa o minimalnoj debljini ploča, koja ne smije biti manja od 3 cm.

Ispitne metode određivanja tlačne čvrstoće dane su u usvojenoj europskoj normi: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje tlačne čvrstoće (HRN EN 1926:1999)

Tablica 2.4.2 Kategorizacija arhitektonskog kamena na temelju tlačne čvrstoće

Kategorija čvrstoće	Tlačna čvrstoća (Mpa)
vrlo niska	< 40
niska	40-80
srednje visoka	80-180
visoka	180-280
vrlo visoka	> 280

ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE predstavlja razarajuću deformaciju do koje dolazi djelovanjem sile normalno na os probnog uzorka kamena oslonjenog na dva oslonca.

Čvrstoća na savijanje različitih vrsta arhitektonskog kamena uglavnom se kreće u rasponu od 7-20% njihove tlačne čvrstoće, odnosno iznosi od 0,5 do 25 MPa. Ona je bitan pokazatelj pri primjeni kamena kao konzolnog elementa, stuba, podne ploče bez potpune podloge ili obloge ventilirajućih fasada.

Kod provjetrih obloga dimenzioniranje debljine ploča i položaja sidara, zbog djelovanja vjetra, uvjetuju svoja čvrstoća i otpornost kamena na lom oko trna.

Ispitne metode određivanja čvrstoće na savijanje dane su u usvojenim europskim normama: Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje čvrstoće pri savijanju od koncentriranog opterećenja (HRN EN 12372:1999)

Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje čvrstoće pri savijanju od koncentriranog opterećenja (HRN EN 12372:1999/AC:2002)

Metode ispitivanja prirodnog kamena - Određivanje čvrstoće pri savijanju od stalnog momenta (HRN EN 13161:2001+AC:2002)

OTPORNOST NA HABANJE je otpornost koju kamen pruža prema abraziji struganjem. Izražava se kao prostorni gubitak mase, a može se izraziti i kao gubitak mase u mm (za arhitektonski kamen). Prema otpornosti na habanje kamen se može klasificirati u šest kategorija prema tablici 2.4.3.

Kamen koji ima otpornost na habanje od 20 cm³/50cm² može se upotrijebiti za podne površine izložene pješačkom prometu, dok izrazito izložene površine zahtijevaju vrlo tvrd kamen. Pri izvedbi podova kombinacijom različitih vrsta kamena nužno je korištenje vrsta kamena približno istih vrijednosti otpornosti na habanje.

Ispitne metode određivanja otpornost na habanje dane su europskoj normi koja je u programu rada Tehničkog odbora za prirodni kamen pri Hrvatskom zavodu za norme HZN/TO196: Metode ispitivanja prirodnog kamena – Određivanje otpornosti na struganje (EN 14157:2004)

Tablica 2.4.3. Kategorizacija kamena prema otpornosti na habanje prema Bohmeu

Kategorija kamena	Otpornost na habanje (cm ³ /50cm ²)
izrazito tvrd	< 5
vrlo tvrd	5-10
tvrd	10-20
umjereno tvrd	20-30
mekan	30-40
izrazito mekan	> 40

GUSTOĆA KAMENA predstavlja odnos mase čvrste faze prema njezinom volumenu.

PROSTORNA MASA predstavlja odnos suhe čvrste faze (mase suhog uzorka) prema ukupnom obujmu uzorka kamena, uključujući šupljine i pore.

Prostorna masa kamena koji se pretežno rabi u graditeljstvu iznosi od 2,5 do 3,0 t/m³. Nižom prostornom masom, među ostalima, odlikuju se vapnenačka sedra, neki travertini (2.3-2.5 t/m³), visokoporozni vapnenci (1.7-2.2 t/m³) i tufovi (1.8-2.0 t/m³).

POROZNOST se kvantitativno izražava kao odnos volumena svih šupljina i pora sadržanih u kamenu, i volumena kamena u njegovom prirodnom stanju, izražen u postotcima. Za potpuno definiranje poroznosti i tumačenja pojava vezanih uz nju, kao što su termička i akustična svojstva, odnos prema vodi i otpornost prema mrazu, nužno je poznavanje veličine pora i njihove međusobne povezanosti. Arhitektonski kamen se prema poroznosti razvrstava u šest kategorija (tablica 2.4.4).

Ispitne metode određivanja gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti dane su u usvojenoj europskoj normi: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje gustoće i prostorne mase, ukupne i otvorene poroznosti (HRN EN 1936:1999)

Tablica 2.4.4. Kategorizacija kamena prema poroznosti

Kategorija kamena	Poroznost (% vol.)
kompaktan	< 1
slabo porozan	1-2.5
umjereno porozan	2.5-5
dosta porozan	5-10
jako porozan	10-20
ekstremno porozan	> 20

UPIJANJE VODE. Pod upijanjem vode podrazumijeva se sposobnost kamena da pod određenim uvjetima, u izravnom dodiru s vodom, primi i u svojoj unutrašnjosti zadrži određenu količinu vode. Kvantitativno se ovo svojstvo definira odnosom mase destilirane vode koju kamen upije pri propisanoj temperaturi i atmosferskom pritisku, i mase suhog kamena, izraženim u postotcima. Prema upijanju vode kamen je razvrstan u sedam kategorija (tablica 2.4.5).

Tablica 2.4.5. Kategorizacija kamena prema upijanju vode

Kategorija kamena	Upijena voda (% mase)
Vrlo malo	< 0.5
malo	0.5-1
umjereno	1-2.5
osjetno	2.5-5
veliko	5-15
Vrlo veliko	15-30
Iznimno veliko	> 30

Svako upijanje vlage veće od 0.5% mase zahtjeva pozornu procjenu upotrebljivosti kamena, posebno kada se njime oblažu podne površine i kada se primjenjuje u eksterijeru. Mogućnost uporabe određene vrste kamena obzirom na upijanja vode, vezano za otpornost kamena na mraz, treba razmatrati zajedno sa njegovim drugim svojstvima, ponajprije poroznosti i šupljikavosti.

Ispitivanje ovog svojstva normirano je usvojenim europskim normama:

Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje koeficijenta upijanja vode kapilarnošću (HRN EN 1925:1999)

Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje upijanja vode pri atmosferskom tlaku (HRN EN 13755:2001)

OTPORNOST PREMA MRAZU. Promjenom agregatnog stanja vode iz tekućeg u kruto dolazi do povećanja njenog volumena. To u porom prostoru kamena koji je zasićen vodom može izazvati prekomjerna naprezanja koja dovode do razaranja. Na taj način djelovanje niskih temperatura u uvjetima kontinentalne klime postaje jedan od najvažnijih činitelja razaranja kamena. Postojanost prema mrazu određuje se eksperimentalno različitim metodama, koje nisu u svim slučajevima siguran pokazatelj promjene tijekom vremena. Pri procjeni postojanosti i uopće promjena kamena tijekom vremena mnogo znači poznavanje ponašanja i stanja kamena na već izgrađenim objektima. Nedovoljno postojan kamen može u kratkom vremenu biti razoren u većem obujmu.

Ispitivanje otpornosti prema mrazu normirano je usvojenom europskom normom: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na smrzavanje (HRN EN 12371:2001)

POSTOJANOST I STARENJE KAMENA. Glavni uzročnici kemijskih promjena kamena kod njegove primjene u eksterijeru su atmosfera i kišnica, a njihov je utjecaj višestruko izraženiji u urbanom i industrijskom okolišu. Sporedni sastojci kamena mogu biti minerali i supstancije koje su izložene djelovanju atmosferilija i oksidaciji, podložni brzom razgradnji. To može dovesti do pojave obojenja, kod kamena koji sadrži primjerice željezne sulfide, ili izbljeđivanja prilikom oksidacije organskog pigmenta. Sve kemijske promjene u cijelosti mijenjaju izgled površine kamena, čime ga degradiraju s estetskog gledišta. Za većinu vrsta kamena se na temelju petrografske analize mogu dati vrlo dobri zaključci o mogućim promjenama njihova izgleda kroz vrijeme.

Najvažniji agresivni agens atmosfere predstavlja sumpor dioksid, koji fotosintetskim i drugim procesima prelazi u sumporni trioksid i ugljični dioksid. Kod primjene kamena u unutrašnjosti agresivno djelovanje mogu izazvati supstancije u sredstvima za čišćenje i deterdžentima.

Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na starenje pri djelovanju raspršene solne otopine (HRN EN 14147:2003)

Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na SO₂ u vlažnim uvjetima (HRN EN 13919:2002)

TOPLINSKA DILATACIJA. Kao i sva čvrsta tijela, i kamen se skuplja odnosno širi promjenom temperature. Toplinski koeficijent linearnog širenja pojedinih vrsta kamena prikazan je u tablici 2.4.6.

O toplinskoj dilataciji potrebno je posebno voditi računa kada se kamen ugrađuje s drugim građevnim materijalima. Kamen ima znatno manje vrijednosti koeficijenta toplinskog širenja u odnosu na beton ($\alpha=140 \cdot 10^{-7}$) ili čelik ($\alpha=120 \cdot 10^{-7}$) što treba uvažiti pri projektiranju i gradnji.

Ispitivanje ponašanja pojedinih vrsta kamena pri toplinskim promjenama normirano je usvojenom europskom normom: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje otpornosti na starenje od toplinskih promjena (HRN EN 14066:2003)

Ispitivanje koeficijenta linearnog širenja kamena biti će normirano europskom normom: Metode ispitivanja prirodnoga kamena - Određivanje linearnog koeficijenta toplinskog širenja (EN 14581:2004)

Tablica 2.4.6. Toplinski koeficijent linearnog širenja kamena

Vrsta kamena	α ($10^{-7}/^{\circ}\text{C}$)
vapnenac	17-68
mramor	27-51
gabro, diorit	20-30
granit	37-60
pješčenjak	37-63

TOPLINSKI UDAR. Kamen na pročeljima zgrada, posebno onima izloženim jačoj insolaciji, može biti podvrgnut relativno brzim promjenama temperature (ljetni pljuskovi). Uzorci kamena se izlažu sličnim uvjetima, te se promatraju nastale promjene na kamenu, koje se mogu javiti u obliku prslina, bubrenja ili izbočavanja, osipavanja i ljuštenja, ili različitih estetskih degradacija.

Ispitivanje otpornosti kamena na toplinski udar biti će normirano europskom normom: Metode ispitivanja prirodnog kamena – Određivanja otpornosti prema toplinskom udaru (EN 14066:2003)

LOM OKO BUŠOTINE SIDRENOG TRNA. Nosivi i pridržavajući trnovi ploča provjetravane kamene obloge pročelja građevina izloženi su opterećenjima od djelovanja vjetra i tlaka usisavanja. Osnovu dokaza stabilnosti i sigurnosti kamenih ploča čini ispitivanje njihove savojne čvrstoće i čvrstoće na lom oko bušotine trna. Rezultati ovih ispitivanja određuju mogućnost korištenja ploča određene vrste kamena, ovisno o njihovoj debljini i dimenzijama, te izloženosti djelovanju vjetra (visini ugradnje na objektima).

Kritično opterećenje određuje se izravnom tlačnom silom okomito na trn smješten u bušotinu ploče. Kritična opterećenja za neke naše vapnence dana su u tablici 2.10.

Ispitne metode određivanja loma oko bušotine sidrenog trna dane su u usvojenoj europskoj normi: Metode ispitivanja prirodnog kamena – Određivanje sile loma uz bušotinu za trn (HRN EN 13364:2001)

BOJA. Boja i površinska obrada kamena predstavljaju odlučujuće estetske činitelje pri izboru kamena. Pritom se, međutim, nikako ne smiju zanemariti važna svojstva prirodnih pigmenata kamena. Boja kamena ovisi o boji dominantnih minerala, njihovom prostornom rasporedu i veličini zrna, te udjelu prirodnih pigmenata koji mogu biti različitog stupnja stabilnosti. U kamenu eruptivnog i metamorfnog podrijetla prirodni pigmenti su redovito stabilni minerali (poput hematita), dok kamen sedimentnog podrijetla pored ovih može sadržavati i nestabilne sastojke, poput organogene, bituminozne supstancije. Takav kamen se ne smije upotrebljavati u eksterijeru, jer relativno brzo dolazi do izbljeđivanja, te narušavanja njegovih estetskih vrijednosti.

OSTALA SVOJSTVA KAMENA. O drugim svojstvima kamena, poput otpornosti prema kristalizaciji soli, otpornosti prema vatri, radioaktivnim svojstvima, te dinamičkom modulu elastičnosti, više možete pronaći u knjizi Građenje prirodnim kamenom, autora Branka Crnkovića i Ljube Šarića.

Ostale usvojene europske norme koje se odnose na metode ispitivanja prirodnog kamen:

Određivanje dinamičkog modula elastičnosti (HRN EN 14146:2004)

Određivanje otpornosti na kristalizaciju soli (HRN EN 12370:1999)

Određivanje tvrdoće prema Knoopu (HRN EN 14205:2003)

Određivanje energije sloma (HRN EN 14158:2004)

Određivanje otpornosti na klizanje klatnom (EN 14231:2003)

Određivanje geometrijskog oblika kamenih elemenata (HRN EN 13373:2003)

U programu rada hrvatskog tehničkog odbora za prirodni kamen su i sljedeće europske norme koje se odnose na metode ispitivanja prirodnog kamena:

Određivanje statičkog modula elastičnosti (EN 14580:2005)

Određivanje brzine širenja zvuka (EN 14579:2004)

Dodatne informacije o bitnim čimbenicima pri izboru kamena, termofizičkim svojstvima, utjecaju teksturnih značajki na ugradnju, laboratorijskim ispitivanjima i pojedinim vrstama kamena mogu se pronaći u radovima navedenim u popisu literature.³

2.5. TRAJNOST UGRAĐENOG KAMENA

Trajnost je mjerilo sposobnosti prirodnog kamena da traje i da zadrži svoje osnovne i posebne značajke izgleda, čvrstoće i otpornosti prema raspadanju. Vrijeme kroz koje kamen može zadržati svoje urođene značajke ovisi o okolišu i mjestu ugradnje. Na postojanost kamena u prvom redu utječu procesi kojima je stijenska masa u ležištu kamena bila izložena, odnosno teksturnim i strukturnim značajkama (kamen izrazito krupnog zrna brže se troši), te poroznost (što su pore sitnije to je mogućnost širenja kapilarne vlage veća, a time i mogućnost oštećenja). Od posebnog je utjecaja na trajnost ugrađenog kamena njegov mineralni sastav (i njegove moguće transformacije). Površina kamena karbonatnog sastava oštećuje se djelovanjem topljivih alkalijskih, a veliki utjecaj na trajnost imaju i temperaturne promjene i vlaga, te djelovanje različitih agensa iz oborina ili zraka (npr. CO₂, SO₂). Uz to, štetan utjecaj mogu imati i bakterije, te lišajevi, kao i korijenje viših biljaka. O svim ovim utjecajima, kao i o pogrešnim konstruktivnim rješenjima koja dovode do oštećenja ugrađenog kamena, te održavanju u njezi ugrađenog kamena možete više pronaći u [2].

UPORABNI KRITERIJ. Ovisno o fizičko-mehaničkim svojstvima, vremenskoj trajnosti izgleda, te trajnosti uopće definira se mogućnost i širina primjene nekog kamena, što uključuje i moguće načine piljenja i obrade površina (glačana, polirana, klesarska obrada) pojedinih vrsta kamena. Ovaj kriterij podrazumijeva ne samo poznavanje fizičko-mehaničkih svojstava kamena, već i njegovih petrografskih značajki. Najviše (tržišne) vrijednosti ima kamen koji tijekom vremena ne mijenja svoj izgled i koji ima široke mogućnosti primjene u arhitekturi i umjetnosti.

Obzirom na kriterije uporabe najčešća je pojednostavljena podjela na četiri kategorije:

1. Svestrana primjena u arhitekturi i umjetnosti, te nepromijenjen izgled u vanjskoj atmosferi. Odnosi se uglavnom na *granite* i neke druge silikatne stijene.

2. Na vertikalnim površinama primjena neograničena, a na horizontalnim ograničena. U vanjskoj se atmosferi izgled mijenja, ali ne ugrožava temeljne arhitektonske vrijednosti. Odnosi se na mramore svjetlijih tonova, ili obojene mramore s umjerenom dekoloracijom tijekom vremena. Ovoj kategoriji pripadaju također travertini i neki vapnenci. Od naših vapnenaca tu spadaju npr. *veselje unito* i *visočani*.
3. Primjena samo na vertikalnim površinama (vanjskim i unutarnjim). Odnosi se uglavnom na mekane vapnence i tufove. U pravilu, kamen se odlikuje znatnom poroznošću. Tipični naš predstavnik ove kategorije je *vinkuran*.
4. Primjena samo u interijerima. Odnosi se uglavnom na obojene vapnence koji u vanjskoj atmosferi veoma brzo dekoloriraju i degradiraju arhitektonsku vrijednost objekta (što naravno ovisi i o izabranoj površinskoj obradi). Tipičan predstavnik je naš smeđi rudistni vapnenac *rasotica*.

Nepoznavanje uporabnih vrijednosti nekog kamena degradira njegovu vrijednost i dekorativnost, te uzrokuje oštećenja, čak i raspadanje kamenih elemenata.

STALNOST BOJE VAPNENACA. Stalnost boje je čest uzrok ograničenoj primjeni kamena. Posebnu je pozornost potrebno obratiti boji naših vapnenaca. Oni su obično bijeli ali i obojani u svim nijansama žute i crvene, te od sive do potpuno crne boje. Dok su žute i crvene boje svih nijansi gotovo uvijek stabilne (vapnenci i vapnene breče iz okoline Drniša: *crveni finor*, *ružičasti rozalit*, *karneol*), dotle su sive, a naročito crne boje vapnenca manje ili više nestabilne. Naši sivi i crni litiotiski vapnenci su obojani od ugljikovodika i bituminoznih supstancija organskog porijekla. Značajno je da se ugljikovodici i bitumeni kemijski razgrađuju pod djelovanjem atmosferilija, oni se oksidiraju, a vapnenci, u kojima se to događa, gube svježinu svoje boje, pa zato nisu pogodni za ugradnju na otvorenim i atmosferilijama izloženim mjestima. Tako je npr. kamen *rasotica* (slika 7.3.1), materijal izuzetne dekorativnosti i kao takav poznat širom svijeta, u cijelosti degradiran na ulazu u Koncertnu dvoranu Vatroslav Lisinski, jer je to kamen za oblaganje isključivo u interijerima. *Rasotica* ugrađena u unutrašnjosti Koncertne dvorane sačuvala je sve svoje dekorativne značajke. Na dekorativnu komponentu kamena *rasotica* utječe, između ostalog, i dio proslojaka koji se odlikuju vrpčastim i duguljasto lećastim obogaćenjima pigmentom, posebice asfaltom. Ti prirodni pigmenti u kamenu (organogena bitumenska tvar i asfalt) su nepostojani u oksidacijskim uvjetima pod djelovanjem atmosferilija. Na vanjskim površinama relativno brzo već nakon nekoliko mjeseci dolazi do oksidacije pigmenata, te time do gubitka boje i sjaja, čime se narušava dekorativnost odnosno degradira njegova estetska vrijednost. Zbog podložnosti relativno brzim promjenama izgleda uslijed djelovanja atmosferilija koristi se isključivo u interijerima i samo iznimno u eksterijerima na onim površinama koje nisu izložene suncu i atmosferilijama.

TEKSTURA. Za vanjska oblaganja je nepogodan kamen s uklopcima tvrdih ili mekanijih minerala. Kod vapnenaca sastavljenih od fosilnih ostataka štetno je kad su fosili nepotpuno vezani (cementirani) ili samo djelomično ispunjeni vapnenim vezivom.

2.6. VRSTE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

ERUPTIVNE INTRUZIVNE STIJENE

GRANIT

Sastav.

Kvarc (20-60%), feldspat (35-40%), biotit ili mica (3-10%), turmalin i muskovit, te apatit, cirkon i drugi kao sekundarni sastojci. Različiti feldspati tvore najveće, obično jasno vidljive kristale. Kvarc ispunja međuprostor. Meki, obično tamni biotit javlja se ili kao jednoliko raspodjeljen ili akumuliran i odgovoran je za kontrast.

Izgled i boja.

Graniti su izrazito zrnaste strukture, koja može biti i konzistentna i nekonzistentna. Različiti feldspati determiniraju raznolik izgled i iznad svega boje granita koje se kreću od svjetlo crvene, crvenkaste, žućkaste, bjelkaste, plavkasto-zelenkaste do sive, ali nikada nisu izrazito tamne.

Svojstva.

Trajnost većine granita je dobra do vrlo dobra. Zadržava dekorativnost, sjaj i nepromjenjivost izgleda i u uvjetima onečišćene atmosfere urbanog okoliša. Graniti s većom apsorpcijom vode propadaju brže.

Primjena.

U svijetu se danas masovno primjenjuje kao kamen za oblaganje svih površina bez ograničavanja.

Ležišta.

U Hrvatskoj nije bitnije rasprostranjen, a varijeteti koji prevladavaju nisu posebno dekorativni; pretežno su jednoliko sive boje i sitnog zrna.

Dostupni su varijeteti iz brojnih zemalja. Španjolska, Italija, Njemačka, Finska, Švedska, Austrija, Francuska, Brazil, Kina.

Tehnički podaci⁴

Gustoća	2.6-2.8 g/cm ³
Tlačna čvrstoća	130-270 N/mm ²
Čvrstoća na savijanje	5-18 N/mm ²
Otpornost na habanje	5-8 cm ³ /50cm ²
Termalna ekspanzija	0.8 mm/m100K
Apsorpcija vode	0.1-0.9% težine
Poroznost	0.4-1.5% vol.
Toplinska provodljivost	1.6-3.4 W/mK
Otpornost na smrzavanje	Normalna



Rosa Porrino granit

Vigo, Španjolska

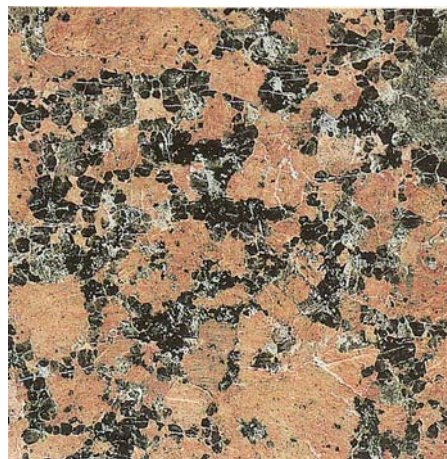
Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb



Eitzing granit

Eitzing, Hauzenberg, Njemačka

Aerodrom, München



Baltik Brown granit

Lappeenranta, Finska

SEDIMENTNE STIJENE

VAPNENAC

Sastav

Primarno mineral kalcit; bioklasti, skeleti i ljuštore; mikrit, sitan matriks vapnenca, litificiran vapnenački mulj; sparit - porni cement. Karbonatna zrna od kojih je sačinjen različitih su dimenzija, oblika i boja; Prema fosilnim ostacima koje sadrži imenuje se kao koraljni (po sadržaju skeleta koralja), litotamnijski (alga), rudisni (po ostacima i ditritusu rudista) ili foraminiferski vapnenac

Izgled i boja.

Način na koji nastaju vodi ka raznolikosti struktura, tekstura i boja. Spektar se rasteže od gustih, uniformnih i nestrukturiranih vapnenaca, do vapnenaca sa jasno vidljivim fosilnim ostacima. Javljaju se u gotovo svim bojama, osim tonova zelene i plave.

Svojstva.

Trajnost ovisi o porozitetu i prisutnosti uklopljenih supstanci. Nepostojani su prema djelovanju atmosferilija, posebno u urbanom okolišu, gdje izbljeđuju, a glačane površine gube sjaj

Primjena.

Ovisno o otpornosti na smrzavanje, mogu biti korišteni za izradu zida od lomljenog kamena, kao pločasti obložni elementi, te (uz oprez) za popločavanja. Moguće ih je koristiti za različite unutarnje namjene. Osjetljivost na vino i urin mora se uzeti u obzir.

Ležišta.

Široko je rasprostranjen u Hrvatskoj. Premda postoje ležišta u cijelom svijetu, bijeli varijeteti, poput našeg kamena *veselje* i *plano* su vrlo rijetki i traženi.

Tehnički podaci

Gustoća	2.6-2.9
Tlačna čvrstoća	75-240
Čvrstoća na savijanje	3-19
Otpornost na habanje	15-40
Termalna ekspanzija	0.75
Apsorpcija vode	0.1-3.0
Poroznost	0.6-6.7
Toplinska provodljivost	2.0-3.4
Otpornost na smrzavanje	Ovisno o vrsti



Kirchheimer školjkasti vapnenac
Kirchheim, Njemačka



Botticciono vapnenac
Brescia, Lombardija, Italija



Rojo Alicante vapnenac
Monovar, Alicante, Španjolska

METAMORFNE STIJENE

MRAMOR*Nastanak.*

Mramor je metamorfni produkt sedimentnih stijena koje sadrže značajan udio kalcijevog karbonata (karbonatne kalcitne i dolomitne stijene). U toku procesa metamorfoze amorfnih kalcitnih molekula tvore kristale i potpuno nove vrste stijena, pri čemu fosilni ostatci, slojevitost i dekorativni elementi (vene) potpuno nestaju. Originalna boja se mijenja u bijelu s obojanim crtama (žicama) druge boje.

Sastav.

Glavni konstitutivni element je kalcit (50-80%). Sekundarni elementi koji se ponekad javljaju su grafit (sivi slojevi), pirit, ilmenit.

Izgled i boja.

Mramori se ističu nelinearnom, sitno do krupnozrnatom teksturom. Karakteristična je njihova kristalična struktura, zbog koje dolazi do specifičnog loma i refleksije svjetla. Pravi mramor je bijele boje, ali obično sadrži nečistoće i tragove drugih boja u vidu pruga, manjih površina, slojeva, nepravilnog uzorka točkica i površina, ali i sjena sive boje. Svjetle ili jače zamjetne boje se ne javljaju.

Svojstva.

Nije dovoljno otporan na habanje. Polirane površine u eksterijeru gube sjaj, površine često postaju fino hrapave, ali boju zadržavaju dulje vrijeme jer sadrže stabilne prirodne pigmente. Za obradu, a posebno za skulpture povoljniji su sitnozrnasti varijeteti. Negativna iskustva pri vanjskim oblaganjima uslijed toplinskog rada ploča.

Primjena.

Popločavanja, unutrašnja oblaganja zidova, izrada stepenica i skulptura.

Ležišta

Italija, Njemačka, Makedonija, Španjolska, Portugal, Austrija, Grčka i druge zemlje.

Tehnički podaci

Gustoća	2.6-2.9
Tlačna čvrstoća	75-240
Čvrstoća na savijanje	3-19
Otpornost na habanje	15-40
Termalna ekspanzija	0,3-0.6
Apsorpcija vode	0.1-3.0
Poroznost	--
Toplinska provodljivost	2.0-2.6
Otpornost na smrzavanje	Normalna



Bianco Sivec mramor
Sivec, Prilap, Makedonija
Nacionalni muzej, Prag



Carrara mramor
Carrara, Italija
La Grande Arche, Paris



Rauchkristall mramor
Treffen, Austrija

2.6.1 Europski prirodni kamen

Norma Prirodni kamen - Kriteriji za utvrđivanje naziva (HRN EN 12440:2000) daje popis velikog broja vrsta europskog prirodnog kamena, kao prvi pokušaj cjelovitog obuhvaćanja i petrološke klasifikacije kamenja koje se vadi u Europi. Za svaku vrstu kamena dano je ime (ili sva tradicionalna imena), petrološka pripadnost, tipična boja i lokacija ležišta.

Tablica 2.6.1. Popis vrsta europskog prirodnog kamena dan u normi, obuhvaća sljedeće zemlje:

Dio	Zemlja	Stranica	Dio	Zemlja	Stranica
A.2.1	Austria	7	A.2.11	Italija	43
A.2.2	Belgija	9	A.2.12	Luksemburg	54
A.2.3	HRVATSKA	11	A.2.13	Nizozemska	55
A.2.4	Češka	13	A.2.14	Norveška	56
A.2.5	Danska	16	A.2.15	Portugal	58
A.2.6	Finska	17	A.2.16	Slovenija	64
A.2.7	Francuska	21	A.2.17	Španjolska	65
A.2.8	Njemačka	30	A.2.18	Švedska	79
A.2.9	Grčka	36	A.2.19	Švicarska	82
A.2.10	Irska	41	A.2.20	Velika Britanija	84

Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Europi (izbor)

Eruptivne stijene

Granit

- 1 Balmoral granite
- 2 Baltic Brown granite
- 3 Bianco Cristal granite
- 4 Bohus granite
- 5 Claire du Tarn granite
- 6 Gebhardt's granite
- 7 Grigio Sardo granite
- 8 Kuru Grey granite
- 9 Lanhelin granite
- 10 Neuhauser granite
- 11 Rosa Porrino granite
- 12 Silvestre granite

Sijenit - Fojait - Anortosit - Riolit

- 13 Basaltina volcanic rock
- 14 Blue Pearl syenite
- 15 Cincento Grey foyaite
- 16 Spectrolite anorthosite
- 17 Trientiner Porphyry rhyolite
- 18 Volga Blue anorthosite

Sedimentne stijene

Vapnenac - Travertin

- 19 Adneter limestone
- 20 Belgian Red limestone
- 21 Belgian Granite limestone
- 22 Botticino limestone
- 23 Comblanchien limestone
- 24 Nero Portoro limestone
- 25 Rojo Alicante limestone
- 26 Rosso Verona limestone
- 27 Savonnières limestone
- 28 Trani limestone
- 29 Untersberger marble limestone
- 30 Travertino Romano travertine

Pješanjak

- 31 Bateig sandstone
- 32 Bollinger sandstone
- 33 Nexo sandstone
- 34 Rorschacher sandstone
- 35 Sirkwitz-Rachwitz sandstone
- 36 Warthauer sandstone

Metamorfne stijene

Mramor

- 37 Ajax marble
- 38 Ariston marble
- 39 Astir marble
- 40 Bianco Sivec marble
- 41 Blanco Macael marble
- 42 Carrara marble
- 43 Dionysos marble
- 44 Estremoz marble
- 45 Rauchkristall marble
- 46 Rusita marble
- 47 Solk marble
- 48 Thassos marble

Mica-kvarcit - Gnajs - Mica-šist

- Serpentinit - Kvarcit - Kalcitno-silikatne stijene*
- 49 Alta mica-quartzite
 - 50 Andeer orthogneiss
 - 51 Calanca paragneiss
 - 52 Castione calc-silicate rock
 - 53 Cresciano paragneiss
 - 54 Iragua paragneiss
 - 55 Maggia paragneiss
 - 56 Onsernone paragneiss
 - 57 Otta mica-schist
 - 58 Tauerngrun serpentinite
 - 59 Verde Spluga quartzite
 - 60 Verde Tinos serpentinite



Slika 2.6.1. Prikaz lokacija ležišta europskog arhitektonsko-građevnog kamena (izbor)

2.6.2 Hrvatski prirodni kamen

VRSTE KAMENA. Popis hrvatskog arhitektonsko-građevnog kamena

Komercijalni naziv	Petrografski naziv	Geološka starost	Boja	Kamenolom
ADRIA GRIGIO MACHIATO	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	siv, mrljast	Sivac, Pučišća, Brač
ADRIA GRIGIO UNITO	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	siv	Sivac, Pučišća, Brač
ADRIA GRIGIO VENATO	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	siv, tamnosive vene	Sivac, Pučišća, Brač
ALKASIN*	vapnenac	eocen - oligocen	žučkast, crvenkast	Radošić, Sinj
DOLIT	vapnenac	donja kreda	žučkastosiv	Dolit, Donji Dolac
DRAČEVICA	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	žučkast	Dračevica, Nerežišća, Brač
FANTAZIJA	vapnenačka breča	donja kreda	siv	Fantazija, Donji Dolac
GROŽNJAN	vapnenac	donja kreda	žučkast	Grožnjan, Buje
ISTRANKA	vapnenac	eocen	smeđ, smeđast	Istranka, Lupoglav
JADRAN ZELENI*	vapnenac biokalkarenit	eocen	zelenkastosiv	Putišići, Donji Dolac
KANFANAR	onkolitni vapnenac	donja kreda	žut	Kanfanar, Kanfanar
KIRMENJAK	vapnenac	gornja jura (portland)	slonovača siv	Kirmenjaka, Vrsar
LUCIJA	vapnenac	gornja kreda	siv, tamnosiv	Lucija, Buje
MARIĆI	vapnenački konglomerat	eocen	ružičast, sivkast	Marići, Obrovac
MULTIKOLOR	vapnenački konglomerat	eocen-oligocen	šarenosiv	Radošić, Sinj
NEGRIS FIORITO	vapnenac	donja jura (lijas)	crn s bijelim školjkama	Trilj, Sinj
OKLAD	dolomitna breča	gornja kreda (senon)	siv	Oklad, Selce, Brač
PLANIK	vapnenac	gornja kreda	žučkastosiv	Planik, Lupoglav
PLANO	vapnenac	gornja kreda (senon)	žučkast	Plano, Trogir
RASOTICA B*	vapnenac	gornja kreda (senon)	smeđ	Žaganj Dolac, Sumartin, Brač
RASOTICA C	vapnenac	gornja kreda (senon)	smeđ	Žaganj Dolac, Sumartin, Brač
ROMANOVAC	vapnenačka breča	donja kreda	crven, sivkast	Romanovac, Obrovac
ROZALIT	vapnenačka breča	eocen	ružičast	Pakovo Selo, Drniš
SAN ANTONIO	vapnenac	gornja kreda	žučkast	Humac, Lumbarda, Korčula
SAN GIORGIO E	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	sivkast	Glave, Selca, Brač
SAN GIORGIO W*	dolomitični vapnenac	gornja kreda (senon)	sivkast	Glave, Selca, Brač
SEGET	vapnenac	gornja kreda (senon)	bijel	Seget, Trogir
SELINA	vapnenac	donja kreda	žut	Selina, Lovreč, Istra

VALTURA FIORITO	vapnenac	gornja kreda	žučkast	Valtura, Pula
VALTURA UNITO	vapnenac	gornja kreda	žučkast	Valtura, Pula
VESELJE FIORITO	vapnenac	gornja kreda (senon)	bjeličast	Punta, Pučišća, Brač
VESELJE UNITO	vapnenac	gornja kreda (senon)	bjeličast	Punta, Pučišća
VESELJE UNITO A	vapnenac	gornja kreda (senon)	bjeličast	Kupinova, Pučišća
VINICIT	vapnenac	neogen	siv	Vinica, Varaždin
VINKURAN FIORITO	vapnenac	gornja kreda (senon)	bijel	Vinkuran, Pula
VINKURAN STATUARIO	vapnenac	gornja kreda (senon)	bijel	Vinkuran, Pula
VISOČANI	vapnenac	gornja kreda (senon)	bjeličast, žučkast	Visočani, Dubrovnik
VRNIK	vapnenac	gornja kreda (senon)	bjeličast, žučkast	Vrnik, otok uz Korčulu
VRSINE	vapnenac	gornja kreda (senon)	žučkast	Vrsine, Trogir
ZEČEVO*	dolomitični vapnenac	gornja kreda	sivkast	Zečevo, Selca, Brač

Tablica 2.6.2 Napomena: Označene vrste kamena prikazane su u prilogu 7.6

SVOJSTVA. Fizička i mehanička svojstva hrvatskog arhitektonsko-građevnog kamena

Naziv	tlačna čvrstoća MPa	čvrstoća na savijanje MPa	otpornost na habanje cm ³ /50cm ²	gustoća kg/m ³	prostorna masa kg/m ³	poroznost % vol	upijanje vode % mase
alkasin			17,0	2731		1,1	0,15
adria grigio machiato	138,0	15,3	21,0		2542	7,7	2,02
adria grigio unito	100,5	16,0	33,2		2551	7,9	2,40
adria grigio venato	140,0	16,8	26,0		2520	3,9	2,42
dračevica	116,0	13,2	22,9		2553	6,5	1,42
grožnjan		8,8	18,5		2670		0,29
jadran zeleni	147,5		13,6	2704		0,8	0,34
kanfanar	165,0	12,6	20,9		2659		0,53
kirmenjak	155,0	10,1	12,6		2689		0,22
lucija	151,0	14,4	22,2	2706	2583	5,6	1,51
multikolor	166,0	12,5	15,8	2727	2691	1,3	0,16
oklad	192,0	7,2	22,9	2850	2490	12,7	4,09
plano			30,7	2718		5,0	1,34
rasotica	212,0	13,9	15,5		2640	0,9	0,20
rozalit	176,0	12,3	16,0	2714	2670	0,6	0,12
san giorgio E	154,0	20,6	16,7		2572	6,7	2,20
san giorgio W	176,5	23,7	15,8		2529	5,7	1,72
seget			27,3	2708		5,7	1,42
selina	168,0	12,4	19,3		2664		0,57
valtura fiorito	55,3	8,1	39,9		2454		3,08
veselje fiorito	125,3	10,5	22,8		2506	3,91	2,06
veselje unito	116,0	9,4	32,2		2495	7,7	2,02
veselje unito A	121,6	12,6	27,1		2469	8,2	2,22
vinkuran fiorito	53,7	7,1	71,0		2303		4,87
visočani	82,6	10,5	32,6	2730	2550	6,5	1,72
vsine			28,6	2708		3,0	0,52
zečevo	175,5	22,5	15,6		2534	5,9	1,74

Tablica. 2.6.3 Fizička i mehanička svojstva hrvatskog arhitektonsko-građevnog kamena

VARIJETETI. Ovisno o ujednačenosti stijenske mase u najvećem broju ležišta vapnenca izdvajaju se posebni tipovi i inačice pojedinih vrsta kamena, umjereno do znatno različita izgleda (različite tekture i strukture), ali i tržišne vrijednosti.

Bijeli brački kamen *veselje* komercijalno se pojavljuje pod nazivima *veselje unito* i *veselje fiorito*. Inačica *unito* determinirana kao organogeni vapnenac ili biomikrit, podrazumijeva da su u građi kamena skeletni fragmenti (ostatci rudista) relativno ujednačeni unutar veličinskih razreda do 4 mm, a petrografski odgovara bioklastičnom vapnencu tipa wackestone-packstone. Kamen je skoro bijele boje sa slabom žućkastom nijansom. U bijeloj osnovi nalaze se ujednačeni fragmenti fosila tamnije sivih i žućkastih tonova. Inačica *fiorito*, determinirana također kao organogeni vapnenac ili biomikrit, je zapravo arhitektonski kamen u kojem, u manje-više bijeloj osnovi tipa *unito* "plivaju" krupni rudistni fragmenti odnosno cijeli rudisti, koji se ističu smeđastom bojom. Petrografski je to floatstone s bioklastičnim matriksom. Na primjeru kamena *valtura* prikazana je razlika između *unito* i *fiorito* inačice tog kamena (slika 2.6.2):



Valtura unito



Valtura fiorito

Primjer izrazitih razlika u izgledu je kamen iz ležišta Romanovac. Unutar karbonatnog kompleksa kamenoloma Romanovac već se makroskopski, temeljem boje, izdvajaju dva tipa kamena: brečasti vapnenac komercijalno nazvan *romanovac* (*breccia romana*) karakteriziran crvenkastom bojom i brečasti vapnenac komercijalno nazvan *tulovac* (*kastania*), čija je temeljna značajka tamnosiva boja, smeđasto nijansirana. U brečastom vapnencu *romanovac* zapažaju se nepravilni oštrobriđni fragmenti vapnenca različito nijansiranih sivih boja. Ti su oštrobriđni fragmenti međusobno povezani karbonatnim žilicama pigmentiranim limonitom, koji cijelom stijeni daje lijepu crvenkasto sivu boju. Temeljna značajka brečastog vapnenca *tulovac* je siva do tamnosiva boja i ispresjecanost žilicama kristalastog kalcita veoma rijetko pigmentiranih limonitom, pa je manje dekorativan od tipa *romanovac*. Ova se dva tipa kamena donekle razlikuju i po fizičko-mehaničkim značajkama (*tulovac* je otporniji na habanje i smrzavanje) međutim zbog razlika u fizičko-mehaničkim značajkama ne bi bilo potrebno (bar ne u eksploataciji) izdvajanje ovih inačica. U ovom slučaju izdvajanje je potrebno prvenstveno zbog osjetljivih razlika u općem izgled. Dio stijenske mase u ležištu je homogen, ujednačenog izgleda, ali postoje i dijelovi s

postepenim nepravilnim i nedefiniranim granicama temeljnih inačica kamena, zbog čega je za vrijeme eksploatacije potrebno izdvajanje različitih inačica, i prijelaznih tipova koji se svrstavaju prema pretežitosti boje.

Slična izdvajanja zbog razlika u izgledu zahtijeva i dolomitizirani biomikrit tipa mudstone-wackestone iz kamenoloma Sivac. Komercijalno se pojavljuje pod nazivom *sivac*, a na svjetskom tržištu kao *adria grigio* s inačicama *unito*, *venato* i *macchiato* (slika 2.6.3). U ležištu se javljaju debeli paketi intenzivno bioturbiranih slojeva mikrita, a također i debeli slojevi masivne građe koji mogu biti ispresijecani semivertikalnim međusobno paralelnim pukotinama ispunjenim bitumenskom tvari. Bioturbirana stijena daje inačicu *macchiato*, ona s bitumenskim žilama inačicu *venato*, dok se iz stijene masivne građe bez bitumenskih tvari izdvaja inačica *unito*.

Slika 2.6.3 Inačice kamena *sivac* (*adria grigio*)



Razlog diferenciranja i označavanja inačica kamena ne mora biti samo opći izgled, već to može biti i kakvoća kamena. U pojedinim dijelovima ležišta može se javiti kamen istog izgleda, ali različite kakvoće, što se odražava na različitu iskoristivost u preradi i na krajnju kakvoću gotovih proizvoda. Čest slučaj je da se uz razlike u kakvoći vežu i razlike u izgledu.

Slika 2.6.4. Neke od inačica kamena *kanfanar*



Takvo je izdvajanje potrebno u ležištu Kanfanar u kojem se izdvajaju kvalitetno različiti komercijalni tipovi kamena *kanfanar*, poznatog i kao *istarski žuti*, odnosno *giallo d'Istria*. Ležište Kanfanar je izgrađeno od debelo slojevitih vapnenaca i u njemu je aktivan veći broj kamenoloma (Kanfanar, II, III, IV, V). Produktivni (eksploatacijski)

sloj ima debljinu 4,8 do 6,2 ponekad i do 7,6 m, a sastoji se od više slojeva debljine od 1 do 1,6 m koji se međusobno razlikuju po izgledu i kakvoći. Sloj *istarskog žutog* započinje u donjem dijelu vapnencima svijetlo žute boje s ostacima školjkaša i njihovih ljusaka, pa se zato taj dio naziva *kanfanar orasasti*. Slijedeći slojevi, iz kojih se vade varijeteti *svijetli*, *tamni*, *orasasti*, *školjkasti* ili *fiorito*, *kontra* i *plavi* (slika 2.6.4), zadržavaju također svoju pastelno žućkastu boju, ali se nijanse mijenjaju, a fosilni ostaci školjaka, te stilolitski šavovi zapunjeni kalcitom i mjestimice limonitom utječu na različitost izgleda u pojedinom sloju. Osim po boji slojevi se međusobno još više razlikuju po građi odnosno kvaliteti, pa se ne mogu miješati u proizvodnji. Zbog toga je potrebno primijeniti način eksploatacije koji zadovoljava taj zahtijev.

2.7. DEKORATIVNOST KAMENA

Arhitektonsko-građevni kamen mora svojim mineralnim sastavom, svježinom, čvrstoćom i ponašanjem prema atmosferilijama potpuno odgovarati mjestu na kojem će biti ugrađen. S estetskog gledišta on mora svojim izgledom harmonično dopuniti arhitektonsku kompoziciju građevine, a u kiparstvu kao materijal potpuno odgovoriti motivima kipara koji stvara umjetničko djelo. Kriterij dekorativnosti se stoga temelji na općem izgledu kamena i estetskim vrijednostima koje iz njega proizlaze. Riječ je o subjektivnom pokazatelju, ali istovremeno veoma značajnom za tržišnu vrijednost kamena, odnosno njegovu potražnju koja proizlazi iz rijetkosti boje, šara i izgleda uopće.

BOJA. Dekorativna vrijednost kamena ovisi uvelike o njegovoj boji, a njen izbor znatno ovisi o mjestu primjene kamena. Tako se, primjerice, boja crvenih granita i sijenita lijepo slaže s bojom bronce, od koje je često saliven spomenik. Svjetlozelena, žuta crvenkasta i plavkasta boja mramornih oniksa, djeluje toplo u ukrasnim predmetima, kao što su vaze, kutije, urne i mozaici. Umjetničko djelo postavljeno na dobro odabranom kamenu poljepšava boja kamena, stalnost te boje i njezina harmonija s okolinom. Boja kamena ovisi o boji dominantnih minerala, njihovom prostornom rasporedu i veličini zrna, kao i udjelu prirodnih pigmenata. Međutim, boja i površinska obrada nikako ne bi smjeli biti isključivi elementi odabira kamena (vidi poglavlje 2.4 Fizička i mehanička svojstva kamena)

FOSILNI OSTATCI. Zbog osobitosti izgleda tražen je, primjerice, naš vapnenac *rasotica*, poznat po obilju krupnog bjeličastog kršja rudista u smeđoj osnovi, te sposobnošću glačanja do spektakularnog sjaja. Rudistni vapnenac *rasotica* petrografski determiniran kao biosparmikrit, javlja se u nekoliko inačica pretežito smeđe boje s različitim nijansama ovisno o prirodnom pigmentu, bitumenskoj tvari i asfaltu (slika 7.3.1).

MOGUĆNOST GLAČANJA. Na dekorativnost polirane površine kamena utječe količina i krupnoća fosilnih ostataka rudistnih ljuštura, te njihov prostorni raspored, ali također i način rezanja ploča. Veoma je dekorativna inačica kamena, koja sadrži veliku količinu rudista i rudistnog kršja, te detritusa, koji se svojom svjetlijom bojom posebice ističu u tamnosmeđem matriksu.

UTJECAJ NAČINA REZANJA. Budući da su rudisti školjke duguljastih oblika odnosno "rogova" manjih ili većih dimenzija, ovisi o načinu rezanja ploča ili kamenih elemenata, hoće li na presjeku prerezi fosilnih ostataka biti ovalni ili duguljasti. Presjeci okomito i paralelno sa slojevitošću se, zbog prostorne orijentacije fosila, osjetno razlikuju. Kod inačica kojima su proslojci siromašniji krupnim rudistima, ili pak, sadrže samo sitno kršje školjaka, to nije slučaj.

REFLEKSIJA SVJETLA. Mramori su općenito poznati kao izrazito dekorativni kamen. Njihova ljepota i sposobnost obrade poznati su iz antičke Grčke. Njihovi majstori i umjetnici stvarali su isključivo u mramoru, kojim zemlja obiluje. U području arhitekture i kiparstva mramor je zadržao taj značaj, jer ni u jednom drugom kamenu nisu ujedinjena sva ona svojstva koja ima mramor: raskošan izgled proizišao iz jednostavnosti i ljepote boje ili bogatstva i posebnosti šara, prozračnost, umjerena tvrdoća, lakoća obrade, briljantan sjaj oplemenjen kad se izglaca reflektiranjem svjetlosti.

BJELINA. Potpuno čisti mramori, bilo da su kalcitnog ili dolomitnog sastava, su izrazito snježno bijele boje jedinstvene u svijetu kamena. Takvu bjelinu među stijena posjeduju još čiste sitnozrnaste inačice gipsanih stijena (alabaster). Mramori su često obojani u nijansama sive, zelene, plave i crvene boje. Boju dobiva od mineralnih tvari, koje su zbog toga u malim količinama korisne, dok u većim količinama postaju veoma štetne. Tako je npr. poznati grčki mramor s Pentelikona dilutne žućkaste boje od limonitske tvari koje ima u njemu u malim količinama. Limonitska tvar je ovdje korisna jer je dala mramoru prekrasnu žućkastu boju poput boje slonove kosti.

STRUKTURA. Osim boje, važnost mramoru kao arhitektonsko-građevnom kamenu, a posebice u kiparstvu, daje struktura mramora jer ona utječe na njegovu obradivost. Kamen za kiparstvo mora biti u svojoj cijeloj masi jednoliko podatan klesanju. Mramori, sitno ili krupnozrnati, koji imaju ujednačenu zubičasto-zrnastu strukturu najbolje se klesaju, jer im je struktura sastavljena od sraslačkih lamela, koje se pod udarcima ili pritiskom lako odvajaju jedna od druge. Takav je npr. *parski mramor* (prema otoku Paros, u Grčkoj) i neke vrste *kararskog mramora* (iz Carrare u Italiji). Parski mramor se smatra najboljim kiparskim mramorom. Od njega su majstori kipari stare Grčke izradili najljepša umjetnička djela antike uopće. Kararski mramor je bijel i izrazito proziran. S obzirom na veličinu zrna, ljepotu boje i čistoću razvrstava se u nekoliko vrsta. Jedna od njih *statutario* poznat je kao kiparski mramor od antike do danas. Saharoidne strukture, snježno bijele boje koja podsjeća na porculan, *statutario* se, kao i *parski mramor*, odlikuju izrazitom refleksijom svjetlosti.

Po kriteriju dekorativnosti, odnosno izgledu i jedinstvenosti izgleda, kamen se uobičajeno razvrstava u četiri grupe:

- a) kamen izuzetnog i jedinstvenog izgleda,
- b) kamen specifičnog, ali ne izuzetnog i jedinstvenog izgleda, jer se mogu naći komercijalne vrste sličnog izgleda,
- c) kamen dekorativan po boji i šarama, ali karakterističan za dotičnu vrstu, pa se u brojnim inačicama često nalazi na tržištu,
- d) kamen običan po izgledu, koji se ne odlikuje nekim posebnim estetskim vrijednostima.

Dostupan je čitav spektar vrsta arhitektonskog kamena različitih struktura, tekstura i boja. Karakteristike glavnih predstavnika pojedinih grupa kamena dane su u poglavlju 2.6 Vrste arhitektonsko-građevnog kamena, dok su opisi vrsta kamena koje se vade u Hrvatskoj dani u poglavlju 3.5 Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj.

3. EKSPLOATACIJA KAMENA

3.1. ISTRAŽNI RADOVI

Pri utvrđivanju podobnosti lokacije za eksploataciju kamena nužno je provesti geološke istražne radove koji daju podatke o načinu pojavljivanja kamena, rezervama i građi stijenske mase. Istražnim bušenjima i zasjecima vade se uzorci stijenske mase na kojima se laboratorijskim ispitivanjima utvrde: petrografska svojstva stijene, veličina, oblik i način vezivanja zrna u stijeni, porozitet, čvrstoća na tlak, vlak i savijanje, higroskopnost, volumnu masu, otpornost na habanje i ostala bitna svojstva. Navedeni istražni radovi bitni su za utvrđivanje podobnosti uporabe kamena, veličine rezerve kamena te troškova pridobivanja i proizvodnje kamena.

Strukturni sklop ležišta. Proizvod kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena je masivni blok, te se kakvoća kamena ne može razdvojiti od strukturnog sklopa njegovog ležišta. Ležišta arhitektonskog kamena imaju svoju punu vrijednost samo ako se iz stijenske mase mogu vaditi ekonomski značajne količine zdravih kamenih blokova u obliku pogodnom za industrijsku i klesarsku preradu. Kvalitetna ležišta stoga karakterizira masivnost, bankovitost i kompaktnost stijenske mase. Pukotinski sustavi općenito imaju negativni značaj, jer gusta mreža pukotina razbija stijenu, pa se i bez dodatnih oštećenja izazvanih eksploatacijom mogu vaditi samo manji nepravilni blokovi i tomboloni kojima je komercijalna vrijednost niska, a otkopni gubici veliki. Međutim, ponekad pukotinski sustavi imaju i pozitivan značaj, jer olakšavaju dobivanje komercijalnih blokova optimalnih dimenzija, kao što je slučaj kod tektonski očuvanih ležišta, s rijetkom mrežom pukotina kod koje su razmaci između pukotina veliki, a diskontinuiteti međusobno paralelni i okomiti.

Istraživanje ležišta. Mogućnost iskorištavanja nekog ležišta arhitektonsko-građevnog kamena ovisi ponajprije o kakvoći i količini mineralne sirovine, te geološko-tektonskim prilikama, zemljopisnom položaju, tehničko-ekonomskim uvjetima, kao i opće društvenim i ekološkim prilikama. Utjecaj svih ovih elemenata treba sagledati pri procjeni ekonomske isplativosti eksploatacije ležišta arhitektonskog kamena

KAKVOĆA. Pored svih bitnih svojstava kamena, pri istraživanju ležišta bitno je utvrditi i ujednačenosti kakvoće stijenske mase.

KOLIČINA. Pri istraživanju nekog ležišta potrebno je što egzaktnije utvrditi debljinu, položaj, oblik i prostiranje eksploatibilne stijenske mase. Istraživanje se u tom pravcu mora smišljeno provoditi, da se sa što manjim izdacima postignu što realniji podaci. Nepouzdana i manjkavi istražni podaci mogu imati za posljedicu nepravilno otvaranje ležišta i kasniji rad pod teškim uvjetima, uz velike dodatne izdatke.

GEOLOŠKO-TEKTONSKE PRILIKE. Paralelno s utvrđivanjem kakvoće i količine mineralne sirovine utvrđuju se i oblik i položaj eksploatacijskih naslaga. Potrebno je temeljito poznavanje sastava i naravi krovniha plasti, eksploatacijskog dijela stijenske mase i podinskiha plasti u onoj debljini u kojoj bi mogli utjecati na rad. Ove prilike mogu imati znatan utjecaj na rentabilnost kopa, te uz hidrografske prilike, tektoniku i strukturni sklop ležišta predstavljaju osnovne podatke temeljem kojih se stvara principijelna odluka o mogućnostima eksploatacije ležišta, potencijalnoj veličini i životnom vijeku kopa. Međutim, prije definitivne odluke o otvaranju i rentabilnosti ležišta, mora se uzeti u obzir još cijeli niz čimbenika, kao što su

ZEMLJOPISNI POLOŽAJ LEŽIŠTA, odnosno klimatske prilike, napućenost i prometna povezanost područja na kojem se nalazi ležište uvelike određuju mogućnost otvaranja rentabilnog kopa.

TEHNIČKO-EKONOMSKI UVJETI. Pri današnjem stupnju tehničkog razvitka gotovo svako ležište se tehnički može površinski ili podzemno razraditi i eksploatirati. Međutim, pri otvaranju ležišta potrebno je ocijeniti isplativosti takve investicije, odnosno razinu utjecaja početnih ulaganja (amortizacije) na troškove proizvodnje. Utjecaj investicijskih troškova znatno će ovisiti o planiranoj životnoj dobi ležišta i visini proizvodnje.

OPĆE DRUŠTVENE I EKOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA za koje je vezano ležište također će utjecati na mogućnost otvaranja i uspješan rad kopa. Regionalna politika razvoja dotičnog kraja, prostorno-planske i ekološke značajke, odnosno zahtjevi za očuvanjem okoliša, vlasništvo i cijena zemljišta, trgovački običaji, mogućnost opskrbe vodom i energijom, postojeća infrastruktura i položaj mogućih konzumenata su neki od faktora prema kojima se treba ravnati prilikom otvaranja kopa. Sve su to momenti koji se, uz istražne radnje u samom ležištu, moraju upoznati i proučiti, te uključiti u analizu rentabilnosti ulaganja, prije nego se donese definitivna odluka o otvaranju i razradi ležišta.



Slika 3.1.1 Površina izvađenog kamenog bloka

Pronalaženje i istraživanje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena sastoji se od faza prognoziranja i pregleda terena, te obavljanja istraživačkih radnji, koje mogu uključivati i probnu eksploataciju.

Probna eksploatacija. U sklopu detaljnih istraživanja poželjno je izvršiti i probnu eksploataciju kojom se najbolje može utvrditi koeficijent iskorištenja ležišta. Pored određivanja postotka dobivanja blokova standardnih dimenzija, potrebno je odrediti i postotak blokova čije dimenzije odstupaju od standardnih, te postotak otpadnog materijala. Obujam probne eksploatacije ovisi o građi ležišta.

Osim određivanja postotka dobivanja blokova iz cjelokupnog stijenskog masiva, probna eksploatacija omogućava i upoznavanje tehnoloških parametara prerade blokova, odnosno postotka iskorištenja bloka, te svojstava obradivosti kamena i stupnja iskorištenja pri obradi. Za te se potrebe jedan dio izvađenih blokova ispili u

sirove ploče različitih standardnih debljina, pri čemu se osim utvrđivanja postotka dobivanja sirovih ploča, određuje i postotak njihova iskorištenja, odnosno količina gotovih proizvoda (ploča standardnih dimenzija). Obradom sirovih ploča dobije se i uvid u mogućnosti završne obrade kamena, te gubici nastali završnim oblikovanjem, brušenjem i poliranjem.

Važan pokazatelj prilikom određivanja postotka iskorištenja bloka, je odnos stvarnog i teorijskog postotka dobivenih ploča u m^2 iz 1 m^3 bloka, pri čemu se uzima u obzir debljina ploča, ali i gubitak zbog širine reza. S obzirom na velike količine kamenog otpada koji se javlja pri eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena, važno je ustanoviti i mogućnosti korištenja tog otpada kao tehničkog kamena ili u druge svrhe.

Vrednovanje ležišta. Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena vrednuju se temeljem rudarsko-geoloških, tehničko-tehnoloških (preradbenih i uporabnih), te dekorativnih (estetskih) kriterija. Specifičnost arhitektonsko-građevnog kamena u odnosu na većinu drugih mineralnih sirovina je ta da se izvađeni kamen mora odlikovati i dekorativnošću. Umjetnički kriterij izbora kamena je često odlučujući i može izbaciti u prvi plan čak i ona ležišta koja imaju otežane uvjete otkopavanja i niski koeficijent iskorištenja stijenske mase. Na tržišnu vrijednost finalnog kamenog proizvoda utječu troškovi eksploatacije i prerade, ali uvelike i dekorativnost samog kamena. Izgled kamena koji se može definirati kao "ekskluzivan", može njegovu tržišnu cijenu povećati znatno iznad one koju bi inače takav proizvod postigao na tržištu.

RUDARSKO-GEOLOŠKI KRITERIJI vrednovanja ležišta daju podatke o veličini ležišta, cjelovitosti stijenske mase, ujednačenosti kamene mase u ležištu (slike 2.6.2. i 2.6.3), te o iskorištenju stijenske mase.

PRERADBENI KRITERIJI vrednovanja ležišta odnose se na preradbenu kakvoću bloka, odnosno njegovu cjelovitost, ujednačenost boje, ravnomjernost karakterističnih šara, ujednačenost ili neujednačenost sklopa, prisustvo umetaka koji narušavaju izgled površine ploča i slična svojstva. Dvije su značajke primarne: postojanje prslina, koje mogu biti manje ili više vidljive, njihova priroda i ponašanje, te stalnost ili homogenost izgleda karakterističnog za datu vrstu kamena. Dok prisustvo finih prslina snižava iskoristivost bloka zbog lomova ploča ili smanjuje uporabnu vrijednost, neujednačenost boje, sklopa i šara iziskuju selekciju ploča i smanjuju dekorativnost.

3.2. VAĐENJE KAMENIH BLOKOVA

TEHNOLOGIJA EKSPLOATACIJE KAMENA. Pri eksploatacije arhitektonskog kamena potrebno je primijeniti način otkopavanja koji u najmanjoj mogućoj mjeri izaziva naprezanja i deformacije u stijenskoj masi. Zato se na tim kamenolomima primjenjuju metode dobivanja blokova bez uporabe eksplozivnih sredstava. Uporaba žičnih pila isključuje nastanak naprezanja i deformacija pa je na kamenolomima arhitektonskog kamena najprihvatljiviji način dobivanja blokova piljenjem. Opća tehnološka shema eksploatacije na površinskim brdskim kamenolomima sastoji se od sljedećih radnih operacija: otvaranje i razrada ležišta (uklanjanje otkrivke), dobivanje primarnih blokova (piljenje i prevrtanje primarnih blokova na etažni plato), dobivanje komercijalnih blokova (piljenjem ili cijepanjem primarnih), te utovar i otprema komercijalnih blokova. Detaljnije o ovim operacijama možete naći u [1], poglavlja 7-17.

Otvaranje i razrada ležišta. Arhitektonsko-građevni kamen se eksploatira površinski i podzemno. Pri donošenju odluke o načinu otvaranja ležišta temeljna misao vodilja mora biti izbor najekonomičnijeg i najsigurnijeg način vađenja blokova. S gledišta ekonomskog uspjeha, veći su površinski kamenolomi imali prednost, pogotovo jer je razvojem mehanizacije prikladne za uklanjanje i odvoz velikih količina jalovine omogućena površinska eksploatacija do većih dubina. Radom u površinskom kamenolomu ostvarivala se veća dnevna proizvodnja uz veće iskorištenje mineralnih rezervi te bolje i sigurnije uvjete rada, pa se nastojalo, gdje god su to prilike ležišta dopuštale, otvarati kamenolome arhitektonsko-građevnog kamena površinskim načinom eksploatacije.

Faktori koji imaju ključnu ulogu pri izboru načina otvaranja ležišta (i mogu dati znatnu prednost podzemnim kopovima) su: narav naslaga koje prekrivaju eksploatacijski sloj, klimatske prilike, poteškoće pri rješavanju imovinsko pravnih odnosa i, nadasve, sve stroži zahtjevi očuvanja prirode.

Kamenolomi s površinskim načinom eksploatacije, obzirom na položaj eksploataibilne mase u prostoru mogu biti: brdski ili visinski, te nizinski. Površinski nizinski kamenolomi dijele se na: plitke, najčešće jednoetažne kamenolome i dubinske, višeetažne kamenolome.

ISKORISTIVOST STIJENSKE MASE. Koeficijent iskorištenja blokovske mase pri eksploataciji arhitektonskog kamena je mali. To je posljedica razlomljenosti stijenske mase i zahtjeva za zdravim blokovima iz kojih će se moći izrezati maksimalne površine ploča koje se pri obradi i ugradnji neće lomiti. Kod ležišta arhitektonsko-građevnog kamena silikatnog sastava kreće se od 20 do 65 %, a kod ležišta kamena karbonatnog sastava od 5 do 40 %.¹ Preostali dio su otkopni gubici nastali unutar stijenske mase. Međutim, čak i intenzivno razlomljeno ležište, sa iskorištenjem od svega 5 %, zbog kakvoće i dekorativnosti kamena može biti ekonomski isplativo.

ISKORISTIVOST BLOKOVA. Blokovi se prema iskoristivosti za dobivanje ploča svrstavaju u tri grupe. Kod najkvalitetnijih blokova se uz iskorištenje od 85 do 100% dobiju ploče temeljnih dimenzija bloka, koje sve mogu biti upotrijebljene za brušenje i poliranje; podrazumijeva se da ispiljene ploče nemaju nikakve defekte u građi, te da imaju izgled tipičan za dotičnu vrstu kamena.

Maksimalno iskorištenje podrazumijeva dobivanje 40 m² kamenih ploča širine 2 cm iz 1 m³ kamenog bloka. Pri tom se, dakle, pretpostavlja širina reza od 0.5 cm, što razvojem i primjenom tanjih pila, te preciznijom montažom i režimom piljenja može iznositi čak i manje.



Slika 3.2.1 Primarni stijenski blok (kamenolom Plano)

3.3. UTJECAJ NA OKOLIŠ

Veliki rudarski radovi, u prvom redu površinski kopovi, često korjenito mijenjaju krajolik. S aspekta utjecaja na okoliš eksploatacija kamena u većini slučajeva predstavlja zadiranje u prvotno stabilne ekosustave, razorno djelovanje na tlo kojim se mijenja reljef, utječe na biljni i životinjski svijet, te postupno mijenja cjelovita i prepoznatljiva slika prirodnog okoliša. Aktivnost koja je omogućila vrhunska umjetnička i graditeljska ostvarenja podrazumijeva nastajanje strmih ogoljenih padina, terasa i odlagališta jalovine. Proces prirodne sukcesije (spontanog ozelenjivanja) osiromašenog tla u kamenolomima može biti vrlo spor, te je dužnost vršitelja eksploatacije da tehničkim i biološkim zahvatima ubrza tijek rekultivacija kako bi se okružje kamenoloma, u granicama mogućega, biološki obnovilo.

Vertikalno piljene plohe u kamenolomima arhitektonskog kamena ne omogućavaju tako jednostavno ozelenjivanje kao što je to slučaj kod kosih, raspucanih i razmravljenih etažnih ravnina tehničkog kamena. Međutim, kamenolomi arhitektonskog kamena sa svojim jasno formiranim horizontalnim i okomitim etažnim ravninama pružaju mogućnosti kvalitetne prenamjene prostora. Oblik i izgled arhitektonskih kamenoloma u kojima se ističu geometrijski pravilni oblici, stabilna podloga i općenito prikladnije šire vizure (u odnosu na ležišta tehničkog kamena), pružaju arhitektima velike mogućnosti kreiranja novih sadržaja i uklapanja tih prostora u okolni ambijent. Nedostatak ležišta arhitektonskog kamena u pogledu zauzimanja prostora su velike količine kamenog otpada - jalovine. U područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti, gdje se i nalazi najveći broj naših ležišta, jalovišta predstavljaju prostore koji svojim izgledom znatno odudaraju od okoliša i narušavaju izgled prostora. Značajnije zadiranje u okoliš može predstavljati i gradnja pristupnih i radnih putova te druge prateće infrastrukture.

Rad u kamenolomu, ovisno o njegovoj tehničko-tehnološkoj opremljenosti, izazvat će određene utjecaje na okoliš za koje je nužno unaprijed predvidjeti odgovarajuće zaštitne mjere⁵. To se ponajprije odnosi na razinu buke, onečišćenje prašinom, potrebu zbrinjavanja ulja, maziva i ostalog tehničkog otpada, zaštitu podzemnih voda, potrebu sabiranja otpadnih voda, te uređivanje i zatravnjenje odlagališta jalovine radi opasnosti od ispiranja oborinskim vodama.

Oplemenjivanje izmijenjenog izgleda okoliša uvelike ovisi i o području u kojem se kamenoloma nalazi, načinu otvaranja i razrade kopa (površinski brdski ili dubinski, te podzemni kop), te načinu eksploatacije. Stoga svaki kamenolom zahtijeva zasebnu razradu metoda sanacije i rekultivacije.

Obzirom da rudarski gospodarski subjekti nisu pokazivali dovoljno odgovornosti i svijesti o potrebi provođenja projektiranog i uvjetovanog saniranja devastiranog zemljišta i očuvanja prirode i okoliša, na posebno inzistiranja tijela državne uprave koja se bave zaštitom okoliša, izmjenama i dopunama Zakona o rudarstvu (NN 114/01) podrobnije je propisan postupak provođenja efikasnih radnji sanacije. Prema Zakonu koncesionar ima obavezu po završetku istražnih radova te tijekom i po završetku eksploatacijskih radova obaviti radove sanacije, uređenja i prenamjene prostora u skladu s projektnim rješenjem i lokacijskom dozvolom na temelju kojih je dodijeljena rudarska koncesija.

3.4. RUDARSKA DJELATNOST U HRVATSKOJ

Znamenit izvor blagostanja u kulturnih naroda jest rudarstvo (Bergbau-industrie miniere). Velika industrija, koja državama miliune nosi, miliune ljudstva prehranjuje, većinom rabi ili prerađuje sirovine, koje rudar na svijetlo iznosi.

Gjuro Pilar, 1878. godine

Rudarstvo je gospodarska djelatnost koja stvara nove vrijednosti te potiče i podržava rad čitavog niza drugih proizvodnih grana. Uporabna vrijednost mineralnih sirovina stalno se mijenja, ovisno o ljudskim potrebama, te je zadatak struke da permanentno valorizira vrijednost resursa.

Rudarski radovi su radovi koji se izvode u svrhu istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina. Eksploatacijom arhitektonsko-građevnog kamena smatra se vađenje kamena iz ležišta te njegovo oblikovanje u blokove na kamenolomu.

Budući su rudarski radovi predodređeni mjestom pojavljivanja mineralnih sirovina, a ograničeni realnim mogućnostima i htijenjima društvene zajednice, i stručnjaci iz ovog područja (rudari i geolozi) se moraju aktivno uključiti u prostorno planiranje i ukazati na potencijalne lokacije aktiviranja, te utvrditi mogućnosti eksploatacije, da bi se temeljem toga mogla donijeti odluka o prioritetu namjene prostora.

3.4.1 Gospodarenje mineralnim sirovinama

Prema Zakonu o rudarstvu rudno blago je dobro od interesa za Republiku Hrvatsku, ima njezinu osobitu zaštitu i iskorištava se pod uvjetima i na način koji su propisani Zakonom. Rudno blago je u vlasništvu Republike Hrvatske. Država gospodari mineralnim sirovinama. Međutim, podatke o količinama i kvaliteti mineralnih sirovina, resorno ministarstvo dobiva od koncesionara kroz njihove elaborate o rezervama, odnosno godišnja izvješća o stanju rezervi. Ovako nelogično postavljenu situaciju trebalo bi riješiti donošenjem Državnog programa gospodarenja mineralnim sirovinama⁶, koji bi uključivao imenovanje ovlaštene institucije za vođenje podataka o bilanci rezervi mineralnih sirovina.

Najveći problemi glede eksploatacije mineralnih sirovina odnose na teškoće prilikom ishođenja lokacijske dozvole za namjeravani zahvat u prostoru, složen i dug postupak rješavanja imovinsko-pravnih odnosa, izračun naknade za protupravno iskapanu mineralnu sirovinu te izračun naknade za služnost na zemljištu u državnom vlasništvu. Dodatan problem je nedovoljno sankcioniranje nelegalne eksploatacije, koja bi se mogla učinkovito suzbiti isključivo dosljednom primjenom postojećih zakona. Ukupna vrijednost nelegalno eksploatiranih mineralnih sirovina u razdoblju od 2004 do 2006. iznosi 525,3 milijuna kuna (prema K. Kovačević, glavni inspektor Državnog inspektorata). Pritom tehničko-građevni kamen te građevni pijesak i šljunak čine oko 95 posto ukupno utvrđene nelegalne eksploatacije mineralnih sirovina izražene u novcu.

Mineralni resursi Republike Hrvatske omogućavaju eksploataciju i preradu mineralnih sirovina u naftnoj, kemijskoj, staklarskoj, keramičkoj, cementnoj, vatrostalnoj i opekarskoj industriji, te u industriji arhitektonsko-građevnog kamena, a posebno u graditeljstvu. Približno 80% proizvodnje je reprodukcijски materijal za druge industrijske grane (graditeljstvo, prehrambenu, kemijsku i metaloprerađivačku industriju), a 20% je roba široke potrošnje. Ovo je jedan od razloga zašto se mineralne sirovine ne vrjednuju na odgovarajući način, već se prepoznaje samo onaj dio koji izravno ide na tržište.

Rudarska djelatnost ima dugu tradiciju na našim prostorima i odvijala se još od rimskih vremena (arhitektonsko-građevni kamen), pa preko srednjeg vijeka (rudnici Zrinskih) do današnjih dana. Ležišta ruda metala (bakar, željezo, cink) koja su ranije bila eksploatirana, danas su zatvorena, jer se radi o malim rezervama i niskoj koncentraciji metala u rudi te eksploatacija nema gospodarsku opravdanost.

Prema važećoj zakonskoj regulativi mineralne sirovine u nas dijele se na:

1. energetske mineralne sirovine
2. mineralne sirovine iz kojih se mogu proizvoditi metali i njihovi spojevi
3. nemetalne mineralne sirovine
4. sve vrste soli i solnih voda
5. mineralne i geotermalne vode
6. tehničko-građevni kamen, građevni pijesak i šljunak, te ciglarska glina
7. arhitektonsko-građevni kamen

Od ukupno 651 odobrenog eksploatacijskog polja u Republici Hrvatskoj, na njih 254 vadi se tehničko-građevni kamen, na 96 arhitektonsko-građevni kamen, na 85 građevni pijesak i šljunak, a na 50 ciglarska glina.⁷ Od ukupnog broja eksploatacijskih polja, oko 30 % čine polja tehničko-građevnog kamena, te građevnog pijeska i šljunka odobrena u posljednjih 7 godina za zadovoljenje potreba intenzivne gradnje prometnica. Do travnja 2005. godine je za istraživanje (čvrstih) mineralnih sirovina odobreno novih 287 (183) istražna prostora.

Površina eksploatacijskih polja čvrstih mineralnih sirovina zauzima 29% površine ukupno odobrenih eksploatacijskih polja kopnenog dijela Hrvatske (ostalih 71% površine zauzimaju eksploatacijska polja ugljikovodika).

Ukupna površina eksploatacijskih polja čvrstih mineralnih sirovina iznosi 572,5 km², a istražnih prostora 55,6 km², što zajedno čini 1,1% ukupne površine Hrvatske.

KOLIČINA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA (BILANCA REZERVU).

Temeljem hrvatskih zakonskih propisa, tvrtka koja je dobila odobrenje za istraživanje arhitektonsko-građevnog kamena, dostavlja po završetku istraživanja Povjerenstvu Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske za utvrđivanje rezervi i kakvoće mineralnih sirovina konačno izvješće o utvrđenim rezervama.

Trgovačka društva i obrtnici dužni su početkom svake godine dostaviti Ministarstvu gospodarstva izvješća o stanju rezervi arhitektonsko-građevnog kamena na svim istražnim prostorima, odnosno eksploatacijskim poljima s kojima raspolažu. Svake pete godine rudarski gospodarski subjekti dužni su izraditi dodatan elaborat kako bi se ponovno utvrdile rezerve arhitektonsko-građevnog kamena na ranije istraženim prostorima, odnosno eksploatacijskim poljima.

Odnos potvrđenih eksploatacijskih rezervi i godišnje proizvodnje za odabrane čvrste mineralne sirovine dan je u Tablici 3.4.1.

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Tehničko-građevni kamen	rezerve	150.202	213.771	235.920	212.128	287.289	283.279	350.580	n.p.
	proizv.	5.141	6.269	6.725	6.150	7.264	9.014	14.045	n.p.
Građevinski pijesak i šljunak	rezerve	65.366	83.990	80.398	77.954	84.802	118.164	118.067	n.p.
	proizv.	1.991	2.601	1.750	1.983	2.032	2.949	3.405	n.p.
Arhitektonsko-građevni kamen	rezerve	3.437	5.818	15.176	6.568	8.804	11.753	14.683	19.176
	proizv.	43	47	52	56	59	54	61	79

Iz danih podataka vidljivo je da za prikazane čvrste mineralne sirovine potvrđene eksploatacijske rezerve nisu manje od dvadesetogodišnje proizvodnje, kao i da utvrđene rezerve imaju znatnu tendenciju rasta.

Količine eksploatiranog arhitektonsko-građevnog kamena po županijama u kojima se vrši eksploatacija dane su u tablici 3.4.2.

ŽUPANIJA		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Splitsko-Dalmatinska	p.	26.648	28.868	27.981	25.694	28.049	31.172	31.617
	r.	1.750.432	2.415.244	2.276.029	3.656.530	4.378.752	6.284.397	9.702.809
Istarska	p.	19.302	21.469	21.046	19.523	21.868	25.554	29.496
	r.	1.763.897	1.741.127	1.736.160	1.725.021	1.849.832	3.898.541	6.544.863
Dubrovačko-Neretvanska	p.	0	0	0	969	1.419	1.926	11.969
	r.	89.851	242.888	401.324	279.151	391.778	329.308	536.453
Zadarska	p.	569	1.084	6.300	12.810	2.240	2.046	5.580
	r.	2.176.941	10.471.018	1.849.680	2.838.999	4.777.867	3.564.891	1.750.788

Tablica 3.4.2 Eksploatacijske rezerve i količine izvađenog arhitektonskog kamena po županijama (m³)

U ostalim županijama u kojima postoje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena proizvodnja je neznatna: najveća proizvodnja u 2004. godini bila je u Zagrebu a iznosila je svega 328 m³. Po količini rezerva među ostalim županijama posebno se ističe Šibensko-Kninska sa 641.473 m³ potvrđenih eksploatacijskih rezervi u 2004. godini.

RECENTNA RUDARSKA AKTIVNOST. Danas se rudarskom djelatnošću u Hrvatskoj bavi više od 350 trgovačkih društava i obrtnika s oko 8.500 zaposlenika. Dodaju li se tome gospodarski subjekti koji se bave preradom mineralne sirovine dolazi se do podatka da se eksploatacijom i preradom mineralnih sirovina u Hrvatskoj bavi više od 500 trgovačkih društava i obrtnika s više od 17.000 zaposlenih.

Analiza stanja rudarske djelatnosti u Hrvatskoj pokazuje da je u razdoblju od 2000. do 2005. zamjetan trend rasta proizvodnje prirodnog plina (29%), arhitektonsko-građevinskog kamena (45%), karbonatne sirovine za industrijsku preradu (160%), sirovine za proizvodnju cementa (59%), gipsa (660%), kremenog pijeska (165%) te građevnog pijeska i šljunka (73%).

Čvrste mineralne sirovine s najvećom godišnjom proizvodnjom i značajnim trendom porasta eksploatacije su tehničko-građevni kamen (s udjelom od 59% u ukupnoj proizvodnji čvrstih mineralnih sirovina), te građevni pijesak i šljunak (17%). Značajan udio u proizvodnji imaju i ciglarska glina, te sirovine za proizvodnju cementa (9%).

GOSPODARSKI ZNAČAJ. Arhitektonsko građevni kamen je mineralna sirovina čiji udio u ukupnoj proizvodnji raste kroz posljednjih nekoliko godina, a trenutno čini 1% ukupne proizvodnje. Iako po eksploatiranoj količini nije toliko značajan, cijena koju postiže na tržištu nadoknađuje iskopanu količinu glede gospodarske isplativosti. Tako u ukupnoj tržišnoj vrijednosti iskopanih čvrstih mineralnih sirovina tehničko-građevni kamen ima udio od 56%, građevni pijesak i šljunak 16%, ciglarska glina 3%, sirovine za proizvodnju cementa 1%, a arhitektonsko-građevni kamen 22%.

Obzirom na potencijal, rezerve, kapacitete i mogućnosti plasiranja proizvoda na domaće i strano tržište, arhitektonsko-građevni kamen spada među značajnije privredne resurse te je jedan od glavnih izvoznih proizvoda što se tiče industrije nemetala i građevinskog materijala. Usporedno s znatnim porastom izvoza kamena sedimentnog postanka, aktualan je i porast uvoza eruptivnog kamena (koji se u nas ne eksploatira). Ukupan izvoz arhitektonsko-građevnog kamena u 2003. godini u vidu kamenih blokova iznosio je 12.484.000 USD, dok je uvezena vrijednosti 5.435.000 USD. Što se tiče uvoza i izvoza obrađenih kamenih elemenata odnost je bitno drugačiji, pa je u 2003. godini ukupan izvoz bio 7.333.000 USD, a uvoz 18.320.000 USD. Kao i u mnogim drugim našim industrijskim granama razvidna je sklonost izvozu tržišno znatno manje vrijednih neobrađenih kamenih blokova, kojeg prati uvoz skupih finalnih proizvoda.

3.4.2 Zakonska regulativa za obavljanje rudarske djelatnosti

Zakonska regulativa za obavljanje rudarske djelatnosti (popis dan u prilogu 7.3.2) treba u osnovi definirati sve uvjete i riješiti proceduru ishodovanja svih dozvola potrebnih za potpisivanje ugovora o koncesiji za istraživanje, odnosno eksploataciju. Uz to, ona propisuje normative prema kojima se mineralne sirovine istražuju, eksploatiraju i prerađuju, te čuva okoliš i provode mjere zaštite.

ZAKON O RUDARSTVU⁸ obuhvaća opće odredbe, definicije, uvjete za obavljanje istražnih radova i eksploataciju (dobivanje koncesije), odredbu o visini naknade za eksploataciju, uvjete izgradnje rudarskih objekata i postrojenja, potrebnu dokumentaciju i sadržaj rudarskih projekata, način određivanja rezervi mineralnih sirovina i vođenja katastra odobrenih istražnih prostora i eksploatacijskih polja, te druge uvjete bitne za eksploataciju mineralnih sirovina, i ostale obveze i prava vršitelja eksploatacije.

EKSPLOATACIJA arhitektonsko-građevnog kamena određena je odredbama Zakona o rudarstvu, te Pravilnikom o eksploataciji mineralnih sirovina⁹. Eksploatacijsko polje odobrava se temeljem javne rasprave na kojoj se postavljaju uvjeti i ograničenja, te odabire najpovoljniji izvođač rudarskih radova. Pri tome prednost ima onaj gospodarski subjekt koji je obavio istraživanje na predmetnom eksploatacijskom polju. Odobrenje za eksploataciju (koncesija) izdaje se na rok od najviše četrdeset godina. Za ishođenje odobrenja za izvođenje rudarskih radova na eksploatacijskom polju potrebna je dokumentacija navedena u Prilogu 7.3.2. Rudarski objekti direktno vezani za eksploataciju grade se prema glavnom rudarskom projektu, u skladu s postupkom propisanim Zakonom o gradnji.

SANACIJA ZEMLJIŠTA. Tijeku izvođenja i nakon završetka eksploatacijskih radova, u skladu s lokacijskom dozvolom i projektnim rješenjem na osnovi kojeg je dodijeljena rudarska koncesija za izvođenje rudarskih radova, potrebno je obaviti radove sanacije, te radove uređenja i prenamjene prostora zahvaćenog izvođenjem rudarskih radova.

NAKNADA ZA EKSPLOATACIJU. Za eksploataciju mineralnih sirovina plaća se naknada. Naknada za eksploataciju arhitektonsko građevnog kamena iznosi 2,6% ukupnog prihoda ostvarenog njegovom prodajom. Ova naknada je prihod Republike Hrvatske, a ustupa se općini ili gradu na području kojih se vrši eksploatacija i koristi se za gospodarski razvoj te zaštitu okoliša i prirode, ako posebnim zakonom nije drukčije određeno.

IZDVAJANJE ZA ISTRAŽIVANJA. Prema Zakonu o rudarstvu radi obnavljanja i održavanja rezervi mineralnih sirovina trgovačko društvo i obrtnik moraju istodobno s eksploatacijom obavljati istraživanje mineralnih sirovina ukoliko ne raspolažu s utvrđenim rezervama mineralne sirovine A+B kategorije za eksploataciju u narednih 25 godina. Za ova istraživanja trgovačko društvo i obrtnik izdvajaju najmanje 3% ukupnog prihoda ostvarenog prodajom mineralne sirovine.

Prema J.Mesec⁶ ovu zakonsku obvezu koncesionaru trebalo bi ukinuti a brigu o istraživanjima zaliha mineralnih sirovina prepustiti nositeljima Državnog programa gospodarenja mineralnim sirovinama koji bi bili stručno osposobljeni analizirati i davati objektivne ocjene rezervi mineralnih sirovina.

Popis ostalih odobrenja i dozvola koje je prema Zakonu o rudarstvu potrebno ishoditi za eksploataciju mineralnih sirovina dan je u Prilogu 7.3.2.

KAZNENE ODREDBE. Izmjenama i dopunama Zakona o rudarstvu (NN 114/01) znatno su povećane kazne za učinjene prekršaje, te su uvedene zaštitne mjere oduzimanje predmeta (strojeva i opreme) koji su bili namijenjeni ili uporabljeni ili su nastali počinjenjem prekršaja. Ostvarena imovinska korist prekršajem izjednačuje se s tržišnom vrijednosti nelegalnom eksploatacijom dobivene mineralne sirovine.

3.4.3 Imovinsko-pravni odnosi

Pri obavljanju eksploatacije mineralnih sirovina, za rješavanje imovinsko-pravnih poslova treba ostaviti dvije jednakopravne mogućnosti: najam/slужnost na parcelama koje će se prenamijeniti radi iskopavanja, ili mogućnost kupnje, ako za to postoji interes. Ovakav pristup rješavanju imovinsko-pravnih odnosa treba omogućiti i za slučaj kada se ne radi o privatnom već o državnom vlasništvu. Nadoknada za parcele na kojima će se obavljati rudarska djelatnost mora biti pravično i prije svega tržišno utvrđena, cijeneći pri tom sve mjerodavne elemente (vrstu i kvalitetu zemljišta, vrstu i kvalitetu drvne mase, položaj parcele i sl.), a nikako ne, kao što je to sadašnja praksa, u to uračunavati i "ono što je ispod", odnosno vrijednost mineralne sirovine, jer je to pitanje već riješeno nadoknadom za eksploataciju. Aktualna nadoknada za osnovanu služnost (za državno šumsko ili poljoprivredno zemljište) sastavljena iz dva dijela iznimno je visoka i stoga gospodarski neprihvatljiva.

3.4.4 Prostorno planska dokumentacija

Strategija prostornog uređenja¹⁰ obvezuje Republiku Hrvatsku, u djelu Osnove za planiranje i usklađivanje prostornog razvitka, na određivanje prioriteta djelatnosti, odnosno namjene i načina iskorištavanja prostora, te među ostalim utvrđuje:

"Gospodarske djelatnosti koje se zbog tehnološke vezanosti na resurs mogu obavljati samo na određenom prostoru imaju na tom prostoru prioritet, a pobliže se određuju prema lokalnim uvjetima, utjecaju na razvoj naselja, zaštiti okoliša i očuvanju prirodnih i kulturnih vrijednosti".¹⁰

Zakonom o prostornom uređenju¹¹ osigurava se gospodarenje i zaštita prostora Republike Hrvatske kao osobito vrijedno i ograničeno nacionalno dobro. Podloga za svekolike aktivnosti u prostoru je usvojeni Prostorni plan. Svaki zahvat u prostoru, pa tako i eksploatacija mineralnih sirovina, mora se provoditi u skladu s dokumentima prostornog uređenja.

Pod dokumentacijom prostora koju prema Zakonu o prostornom uređenju vodi Županijski zavod za prostorno uređenje podrazumijevaju se svi dokumenti prostornog uređenja koji se primjenjuju na području županije, ali i kartografska, statistička i druga dokumentacija potrebna za izradu prostornih planova, studije o procjeni utjecaja na okoliš pojedinih zahvata, sektorske studije i sl.

Prostorni planovi su dokumenti prostornog uređenja kojima se sukladno Zakonu o prostornom uređenju određuje svrhovita organizacija, korištenje i namjena prostora te mjerila i smjernice za uređenje prostora Države, županija, Grada Zagreba, općina i gradova.

Prema stanju izrade i donošenja prostornih planova (podaci Uprave za inspekcijske poslove Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva na dan 15. ožujka 2007.) 427 jedinica lokalne samouprave (odnosno 76.8% gradova i općina) donijelo je Prostorne planove uređenja gradova/općina, u 93 jedinice (16.7%) prostorni planovi su u fazi konačnog prijedloga plana, u 17 jedinica (3%) je održana javna rasprava, a u preostalih 19 jedinica lokalne samouprave prostorni planovi su u nižim fazama donošenja. Što se tiče gradova i općina koji se nalaze na Zaštićenom obalnom

području prema Uredbi o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora (vidi Prilog 7.3.3) 93 jedinice lokalne samouprave (69.4% gradova i općina) donijelo je Prostorne planove uređenja gradova/općina, u 33 jedinice (24.6%) prostorni planovi su u fazi konačnog prijedloga plana, u 4 jedinice (3%) je održana javna rasprava, a u preostale 4 jedinice lokalne samouprave prostorni planovi su u nižim fazama donošenja.

Uz to što, dakle, još uvijek za neka područja županija prostorni planovi nisu izrađeni, često je prisutan i problem provedbe usvojenih planova.

Za svaki kamenolom, bilo novi ili postojeći, nužno je (na temelju odredaba Zakona o zaštiti okoliša¹² i popisa zahvata navednih u Pravilniku o procjeni utjecaja na okoliš¹³) izraditi Studiju utjecaja na okoliš. Sastavni dio studije prema [13] su podaci iz dokumenata prostornog uređenja. Ako ne postoji Prostorni plan na lokaciji ležišta kamena, ili ako u usvojenom planu nije unesen ovaj sadržaj, potrebno je istodobno s izradom Studije o utjecaju na okoliš zatražiti dopunu Prostornog plana s prikupljanjem potrebnih podloga i novoizvršenom analizom stanja u prostoru. Među temeljnim je zadacima izrade Prostornog plana osim definiranja uvjeta rada u kamenolomu i uvjeta uređenja prostora još i utvrditi mjere zaštite okoliša i zaštite prirodnih vrijednosti. Da bi se mogle utvrditi mjere zaštite potrebno je analizirati utjecaje ovih djelatnosti na prirodne resurse, i to tijekom otvaranja kamenoloma, eksploatacije i nakon zatvaranja, te predvidjeti eventualnu ekološku nesreću koja zahtijeva dodatne zaštitne mjere.

Podloga izradi prostornih planova trebale bi biti detaljne geološke karte, sa ispitanim ležištima mineralnih sirovina, prema kojima bi se dugoročno planirao razvoj prostora, te ostavljala mogućnost njihova iskorištavanja¹⁴. Tržišna vrijednost pojedinih mineralnih sirovina, pa tako i različitih vrsta arhitektonskog kamena, stalno se mijenja, ovisno o potrebama i različitim trendovima (u gradnji). Mogućnost budućeg iskorištavanja pojedinih mineralnih sirovina, uključujući i one čije je bi vađenje trenutno bilo neisplativo, potrebno je uvažiti pri donošenju dugoročnih planova upravljanja prostorom. U svakom pogledu, razvojne mogućnosti područja na kojima se nalaze kvalitetna ležišta arhitektonsko-građevnog kamena treba promatrati i kroz rudarske aktivnosti, uskladiti ih s potrebama tržišta, ali i omogućiti brži gospodarski razvitak i stvaranje uvjeta lokalnom stanovništvu za ostanak na tom području.

J.Mesec⁶ predlaže sadržaj Državnog programa gospodarenja mineralnim sirovinama koji bi obuhvaćao ciljeve, usmjerenja i uvjete za plansko istraživanje/eksploataciju, te bio izvor podataka o mogućnosti istraživanja i eksploatiranja novih ležišta. Donošenjem takvog Programa, koji bi bio i stručna podloga za izradu prostornih planova ukinula bi se potreba ishoda lokacijske dozvole, čime bi prestala postojati i potreba izrade do sada neopravdano skupe i potpuno prepisivački nesvrhovite Studije utjecaja na okoliš. Studijom ciljanog sadržaja, usmjerenom na specifičnu lokaciju, bi se uz dosljednu inspekcijsku kontrolu provođenja propisanih normativa za očuvanje okoliša postigli znatno kvalitetniji rezultati.

Stalno poznati i dopunjavani podaci o postojanju potencijalnih ležišta mineralnih sirovina i mogućnostima istraživanja, koje bi izrađivao nositelj Programa, znatno bi unaprijedili kvalitetu upravljanja rudnim bogatstvom i dali jasan uvid u mogućnosti razvoja rudarske industrije. Pri tome bi se potencijalnim koncesionarima jamčilo da je predmetni istražni prostor unesen u prostorno-plansku dokumentaciju.

3.4.5 Mogućnosti otvaranja novih kamenoloma

Otvaranje novih istražnih prostora i eksploatacijskih polja u znatnoj je mjeri uvjetovano prostorno-planskom dokumentacijom županija te gradova i općina. Lokacije za rudarsku djelatnost odredit će se na osnovu stručne podloge: *Rudarsko-geološke studije*⁷, te će po njenom donošenju biti unijete u Prostorne planove uređenja općina/gradov (PPUO/G). Do donošenja Studije, i unošenja podataka u PPUO/G, postojeće lokacije za eksploataciju mineralnih sirovina će se prikazati u prostornim planovima županija. Osim postojećih, prostornim planovima županija odrediti će se i potencijalne nove lokacije za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina, prema važećim kriterijima (uvažavajući važeća zakonska ograničenja)⁷.

U Rudarsko-geološkoj studiji posebno će se:

- valorizirati potencijal postojećih eksploatacijskih polja mineralnih sirovina, kao i onih koji su prestali s eksploatacijom,
- prostorno-planski valorizirati postojeća eksploatacijska polja i moguće zone njihovih proširenja, te odrediti potencijalna područja za eksploataciju u odnosu na druge namjene prostora,
- kartografski prikazati sva postojeća i istražena eksploatacijska polja, te zone u kojima je moguće razvijati eksploataciju mineralnih sirovina.

3.4.6 Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama

U cilju poboljšanja postojećeg stanja rudarske djelatnosti Vlada Republike Hrvatske je na prijedlog Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva odobrila kapitalni projekt: Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske¹⁵.

Rudarsko–geološko–naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu preuzeo je obvezu izrade Strategije. Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama konceptualno je osmišljena kao nacionalna strategija i sastavni je dio cjelokupne Strategije gospodarskog razvitka Republike Hrvatske.

Strategija ima za cilj prikazati analizu postojećeg stanja rudarske djelatnosti, odrediti tržišne potrebe za mineralnim sirovinama na nacionalnoj i lokalnoj razini, uskladiti eksploataciju mineralnih sirovina i zaštitu okoliša te uskladiti rudarsko zakonodavstvo s odgovarajućim zakonodavstvom EU.

Za ostvarivanje tih ciljeva predložene su mjere koje će pridonijeti potrebnom razvoju rudarske djelatnosti, te pravilnije vrednovanje rudarske struke i rudarske djelatnosti u cjelokupnoj gospodarskoj djelatnosti.

Strategija gospodarenja energetske i neenergetske mineralnim sirovinama sadržajno obuhvaća sljedeće cjeline:

1. polazne osnove
2. analizu stanja potencijala, rezervi, proizvodnje i potrošnje,
3. strategiju gospodarenja mineralnim sirovinama RH u narednih 30 godina, te
4. zajedničke zaključke s prijedlogom provedbenih mjera i aktivnosti.

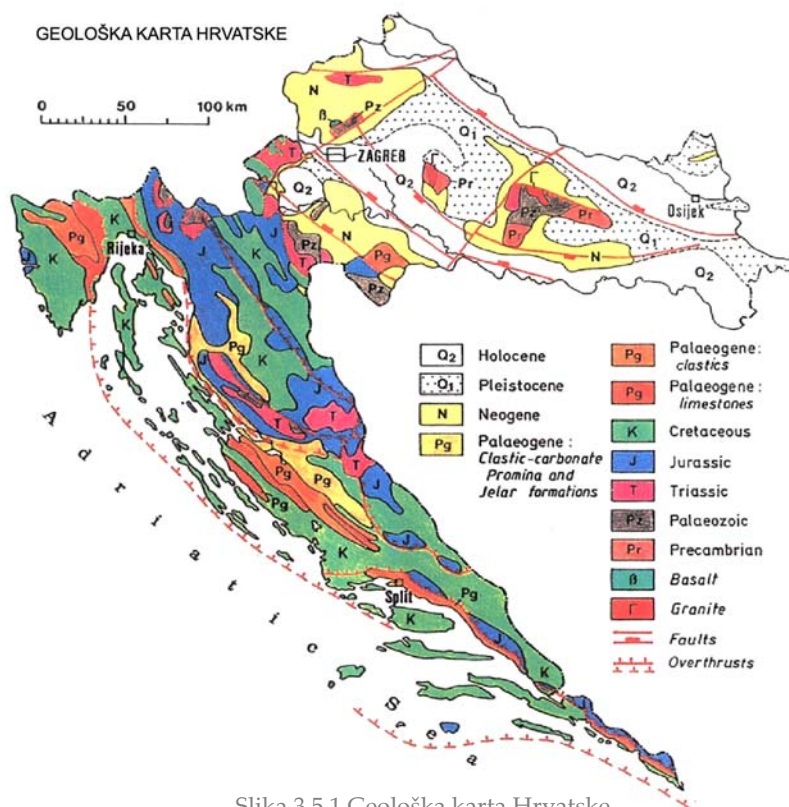
Nacrt Strategije upućen je krajem 2006. godine u zakonsku proceduru, a njegovo usvajanje stvorit će pretpostavke za izradu novog Zakona o rudarstvu kojim će se omogućiti efikasnije provođenje planiranih mjera.

3.5. LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U HRVATSKOJ

Gašpar i Čepnja Tomašić s Brača, rodaci iz sela Straževnik, za se i za nasljednike dali su i prodali meštru Andriji iz Splita, koji je prisutan i prihvaća, uživanje njihova jednog mjesta na nekom njihovom zemljištu u Veseli, za vječnost i to tako da na njemu isti meštar Andrija može izraditi kamenolom i sve drugo činiti na tome mjestu što mu se bude činilo i svidjelo počevši od crkve i idući do mora i to uz cijenu od deset libara malih (denura).

Ugovor o zakupu kamenoloma Veselje koji je evidentiran u notarskim spisima V. Liber instrumentorum 1445. godine

Pogodnost za eksploataciju bilo koje mineralne sirovine definirana je prvenstveno postojanjem ležišta, ali i mogućnošću rentabilne proizvodnje. Premda su zalihe vapnenca na području cijele južne Hrvatske zaista velike, rentabilnost otvaranja kopa uvjetovana je brojnim, prije svega genetskim, odnosno rudarsko-geološkim čimbenicima, zemljopisnim položajem ležišta, te općim društvenim i ekološkim značajkama područja (vidi poglavlje 3.1). Kod arhitektonskog kamena to je pogotovo izraženo, jer je ekonomski isplativ proizvod kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena, pored svih ostalih zahtjeva, ponajprije velik i zdrav kameni blok, pa i ležište mora imati cjelovitu stijensku masu.



Slika 3.5.1. Geološka karta Hrvatske

Na pogrešan zaključak da arhitektonsko-građevnog kamena (kojeg je moguće rentabilno eksploatirati) u Hrvatskoj ima u izobilju navode brojne kamena građevine Dubrovnika, Korčule, Splita, Trogira, Hvara, Šibenika, Zadara, Raba, Poreča, Pule i drugih hrvatskih gradova i manjih mjesta u kojima je najveći dio ugrađenog kamena autohtonog podrijetla. Kamen je u našem širem jadranskom području predstavljao glavni građevni materijal, kako za gradnju tako i za uređenje interijera. Dimenzije ugrađenih kamenih elemenata variraju u širokom rasponu od klesanaca korištenih za gradnju zida do obrađenih i posebno profiliranih kamenih elemenata. Međutim, od svega ugrađenog kamena kroz stoljeća, tek je manji dio ugrađenih kamenih elemenata znatnih i izrazito velikih dimenzija. Najveći dio u prošlosti ugrađenog kamena predstavljaju klesanci, što znači, da se tada kamen mogao eksploatirati i u onim dijelovima stijenske mase koji se nisu odlikovali jasno izraženom blokovitošću.

Međutim, današnja se ekonomski opravdana industrija arhitektonskog kamena temelji na preradi blokova velikih dimenzija.

U Hrvatskoj se glavna ležišta arhitektonskog kamena, s posebice produktivnim naslagama gornje krede, nalaze na širem jadranskom području. Poseban je problem u tim naslagama pronaći stijensku masu koja je očuvana od tektonskih poremećaja iz koje će se moći vaditi pravilno oblikovani pravokutni paralelopipedni monoliti sa šest ravnih površina (zdravi blokovi). Zato ležište arhitektonskog kamena mora imati strukturni sklop kod kojeg su razmaci između tektonskih diskontinuiteta u stijenskoj masi veliki i međusobno približno paralelni i okomiti. Tek kad su zadovoljeni ti uvjeti, iz stijenske se mase mogu vaditi blokovi kamena komercijalnih, i za industrijsku preradu povoljnih, dimenzija. Ukoliko ti uvjeti nisu zadovoljeni, iz stijenske se mase vade blokovi manjih dimenzija, blokovi nepravilnih oblika i tomboloni, kojima je komercijalna vrijednost niska, a pri preradi zahtijevaju posebnu i skuplju tehnologiju.

Stijenske su mase heterogene i ispucane, odnosno diskontinuirane. Položaj diskontinuiteta u prostoru i njihovi međusobni razmaci najčešće su takvi da onemogućavaju dobivanje blokova većih dimenzija. Budući da je u prirodi mali broj tektonski očuvanih stijenskih masa (posebice geološki starijih stijena) ograničene su mogućnosti pronalaženja ekonomski isplativih ležišta arhitektonskog kamena. Svi izvađeni blokovi bez obzira na dimenzije trebaju udovoljiti još cijeli niz uvjeta, od kojih se ističu njihova "zdravoća" koja omogućava dobivanje maksimalne kvadrature rezanih ploča koje se pri finalizaciji ne raspadaju, te ujednačeni izgled površina ploča. Nadalje, kakvoća arhitektonskog kamena odnosno njegove fizičko-mehaničke značajke (tlačna čvrstoća, čvrstoća na savijanje, otpornost na habanje, upijanje vode, postojanost na mrazu, gustoća, poroznost itd.) moraju biti takve da omogućavaju njegovu što širu primjenu (oblaganje horizontalnih i vertikalnih vanjskih i unutarnjih površina). Kamen sužene primjene (oblaganje samo vertikalnih površina ili samo interijera) bitno smanjuje ekonomsku vrijednost ležišta. Arhitektonski kamen osim navedenih kriterija mora zadovoljiti i dekorativni (estetski) kriterij. Taj je kriterij, za razliku od drugih mineralnih sirovina kod kojih estetski izgled nema nikakve uloge, često odlučujući i može bitno povećati vrijednost nekog ležišta.

Uzmu li se u obzir svi izloženi temeljni uvjeti koje trebaju zadovoljiti potencijalna ležišta arhitektonskog kamena (uz zanemarenje niza elemenata, kao što su podatnost različitim načinima mehaničke i abrazivne obrade, sposobnost poliranja do visokog sjaja, trajnost, i slično), uviđa se, da nalaženje novih ležišta arhitektonskog kamena predstavlja složenu i osjetljivu problematiku, te da se ne treba zanositi mišlju o postojanju velikog broja regionalno lociranih ležišta.

ZNAČAJNIJA LEŽIŠTA I VRSTE KAMENA

Tržišne kategorije arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj su različiti vapnenci i karbonatni klastiti (u komercijalnom širem smislu mramor), prvenstveno kredne starosti, a manje jurske i paleogenske. U Hrvatskoj nema ležišta kamena silikatnog sastava (u komercijalnom širem smislu granit), koja bi bila eksploatibilna kao ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, a također nema ni ležišta mramora u petrološkom smislu (mramora - metamorfne stijene izražene granoblastične strukture i posebnih dekorativnih značajki).

Na pojednostavljenoj geološkoj karti Hrvatske (slika 3.5.1) mogu se jasno uočiti različitost građe pojedinih područja. Tako se s obzirom na petrografski sastav i geološku građu, a s gledišta postojanja ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, Hrvatska se može podijeliti u 5 regija (slika 3.5.2) s zasebnim geološkim značajkama.

Slika 3.5.2. Regionalna podjela Hrvatske obzirom na postojanje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, te njihov petrografski sastav i građu



LEGENDA:

Opći geotehnički pojasi Dinarida sa označenim regijama ležišta arhitektonsko-građevnog kamena:

1. Spojno područje Dinarida i Alpa
2. Pred-alpski strukturni kompleks. Panonska struktura
3. Strukturni kompleks Unutarnjih Dinarida
4. Strukturni kompleks dinarskog karbonatnog platoa
5. Strukturni kompleks jadranskog karbonatnog platoa

Kratki opis ležišta i prepoznatljivih, dugo vremenski razdoblje na tržištu prisutnih vrsta kamena, po regijama:

1. Sjeverozapadna Hrvatska

Regija pripada strukturnom kompleksu Unutarnjih Dinarida ili Supradinaridiku. Raznovrsne je geološke građe, a starije su stijene jako poremećene. Zbog toga su kamenolomi arhitektonsko-građevnog kamena bili smješteni u mlađim tercijarnim sedimentima. U njima su eksploatirani porozni i mekani vapnenac *vinicit* – ležište Vinica kraj Varaždina i *litotamnijski vapnenici* u blizini Zagreba (Bizek, Vrapče potok).

2. Sjeveroistočna Hrvatska (Slavonija)

Slavonska regija pripada Panonskim strukturama Pred-Alpskog strukturnog kompleksa. Odlikuje se velikom zastupljenošću eruptivnih, metamorfni i sedimentnih stijena, ali u njoj nema kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena zbog jake tektonske poremećenosti naslaga.

3. Karlovačko – goransko – lička regija

U toj su regiji razvijene karbonatne stijene mezozoika, ali ima i eruptiva. Sjeverni dio regije pripada Supradinaridiku, a s obzirom na geološku građu i intenzivne

deformacije stijena u tom dijelu regije nema mogućnosti nalaženja ležišta arhitektonsko-građevnog kamena.

Južni dio regije pripada strukturnom kompleksu Dinarske karbonatne platforme, Dinarikumu. Intenzivna tektonika i navlačne strukture su ograničavajući čimbenici nalaženja većih ležišta arhitektonsko-građevnog kamena. Klastični sedimenti karbona kod Brušana eksploatirani su kao klesanci i korišteni lokalno u gradnji stambenih objekata. U prošlosti su eksploatirani i karbonatni konglomerati kod Sv. Roka. U juri je značajan kao arhitektonsko-građevni kamen *litiotis vapnenac*, eksploatiran u Cvituši kraj Lovinca i Gradini kraj Ričica. Gusti vapnenac smeđosive boje prošaran bjeličastim i crvenkastim žilicama, komercijalno nazvan *velebit portoro*, eksploatirao se nedaleko Gospića, a nedaleko Donjeg Lapca eksploatirao se crvenkasti vapnenac komercijalno nazvan *unarot*. Sjeverno od Obrovca u kamenolomu Romanovac eksploatiraju se crvenkasti i smeđasto-sivi brečasti vapnenci i vapnenačke breče *romanovac* i *tulovac*. Postoje realne mogućnosti reaktiviranja starih i pronalaženja novih ležišta u ovom, ličkom, dijelu regije.

4. Istra

Područje Istre pripada Jadranskoj karbonatnoj platformi ili Adrijatiku koji ima mnogo zajedničkih elemenata s Dinarikumom. Sa stanovišta eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena sve su stratigrafske jedinice, osim fliša, potencijalno produktivne. Zbog toga je Istra okarakterizirana brojnim ležištima arhitektonsko-građevnog kamena i brojnim aktivnim kamenolomima.

U vapnencima gornje jure eksploatira se u kamenolomu *Kirmenj*ak kamen poznat pod tim nazivom ali i kao *orsera*, te *valkarin* u kamenolomu Valkarin (jugoistočno od Poreča). U vapnencima donje krede eksploatira se u kamenolomima eksploatacijskog polja Kanfanar kamen *kanfanar* ili *istarski žuti*, poznat pod nazivom *giallo d'Istria*, te istovrsna inačica kamena u kamenolomu *Selina*. U naslagama gornje krede eksploatiraju se rudistni vapnenci u Bujskoj antiklinali: *Sveta Lucija* i *grožnjan-kornarija* u kamenolomu Kornarija u blizini mjesta Marušići. Gornjokredni rudistni vapnenci eksploatiraju se i u kamenolomu *Valtura* sjeveroistočno od Pule i *Vinkuran* jugoistočno od Pule. Tamnosmeđi i posebice dekorativni numulitni vapnenci poznati na tržištu kao *Istranka* eksploatirali su se u bližoj prošlosti kod Lupoglava.

5. Dalmacija

U ovoj regiji koja također pripada Adrijatiku danas su u naslagama gornje krede eksploatacijom obuhvaćeni rudistni vapnenci, u kojima se nalaze brojni aktivni kamenolomi u kontinentalnom dijelu i na otocima.

TROGIRSKO PODRUČJE. U kontinentalnom dijelu u okolici Trogira nalaze se kamenolomi *Seget*, *Plano* i *Vrsine* s istoimenim nazivima kamena.

DALMATINSKA ZAGORA. U unutrašnjosti regije, u naslagama gornje krede na području Zagorskih Poljica, sjeverno od planinskog grebena Mosora, nalazi se u području mjesta Dolac Donji niz ležišta arhitektonsko-građevnog kamena različitih boja i izgleda. Najrasprostranjeniji je *dolit* kamen velike otpornosti na habanje, a prisutne su i vrste, *mosor* i *fantazija*. Kraj mjesta Dolac Donji, uz opisana ležišta gornje krede, eksploatira se u naslagama paleogena u kamenolomu Putišići kamen komercijalnog naziva *jadransko zeleni*. U blizini Radošića, zapadno od Sinja, eksploatira se povremeno i izvanredno dekorativni vapnenac *alkasin*, koji se javlja u više inačica, a povremeno i konglomerat *multikolor*. U paleogenskim naslagama sjeverozapadno od Benkovca nalazi se ležište tankoslojevitog pločastog vapnenca poznatog kao *benkovački kamen*. U Pakovu selu kraj Drniša, u sedimentima paleogena, eksploatira se konglomerat *rozalit* sličan konglomerat *marići* u kamenolomu Marići istočno od Obrovca.

BRAČ. Na otoku Braču brojna su poznata ležišta u krednim naslagama skoncentrirana najviše u središnjem dijelu, u okolici Pučišća, zatim na istočnom dijelu otoka oko Selca, te na zapadnom dijelu u blizini Nerežišća.

U neposrednoj blizini Pučišća nalaze se veliki kamenolomi Punta-Barbakan, Sivac-Sivac jug i Kupinovo-Kupinovo istok. U kamenolomu Punta-Barbakan (nastao spajanjem ranijih kamenoloma Punta i Barbakan eksploatira se bijeli "brački mramor", graditeljima poznat još iz antičkih vremena. Taj bijeli brački kamen-mramor, komercijalno se pojavljuje pod nazivom *veselje unito* i *veselje fiorito*. U nazivu kamena riječ Veselje odnosi se na istoimenu uvalu iznad koje se nalazio stari kamenolom Veselje a kasnije su se razvili današnji kamenolomi (Sivac, Barbakan i Punta). Drugi dio naziva *unito* odnosno *fiorito* obilježja su građe kamena (vidi poglavlje 2.6.2). Inačica *unito* podrazumijeva da su u građi kamena skeletni ulomci relativno ujednačeni, dok kod inačice *fiorito* u istoj, manje više bijeloj, osnovi "plivaju" krupni rudistni ulomci ili cijeli rudisti, koji se ističu smeđkastom bojom. U kamenolomu Kupinovo-Kupinovo istok eksploatiraju se isti bijeli "brački mramori" koji na tržište također dolaze u dvije inačice pod nazivom *kupinovo (veselje) unito* i *kupinovo fiorito*. U kamenolomu Sivac-Sivac jug eksploatira se sivkastobijeli dolomitizirani gornjokredni vapnenac muljne osnove u kojoj su rasute skeletne čestice. Komercijalno se pojavljuje pod nazivom *sivac*, a na inozemnom tržištu kao *adria grigio* s inačicama *unito*, *macchiato* i *venato*. Južni dio ležišta Sivac-Sivac jug razvijen je kao površinski visinski – brdski, a sjeverni dio kao površinski dubinski kop. Dubinski kamenolom pripada također skupini obalnih kopova, jer mu radne površine graniče neposredno s morem, a eksploatacijom su zahvaćeni dijelovi ležišta tridesetak metara ispod razine mora. Zbog dubine kopa, neposredne blizine mora i kaveroznosti naslaga eksploatacija je karakterizirana neprekidnom zaštitom (injekcijske zavjese) dubinskog dijela kamenoloma od prodora mora.

Na istočnom dijelu otoka Brača na području općine Selca nalaze se kamenolomi Glave, Zečevo i Žaganj Dolac. Kamenolomi Glave i Zečevo nalaze se u slijedu naslaga Sivac kao i pučišćki kamenolom Sivac-Sivac jug, pa se u njima eksploatira kamen sličan pučišćkom Sivcu. Kamen dolazi na tržište pod nazivom *san giorgio*. Razlike također postoje u izgledu kamena iz kamenoloma Zečevo i iz kamenoloma Glave kao i unutar pojedinog kamenoloma. Zbog toga se kamen iz oba kamenoloma javlja u više inačica, a posebice su cijenjene inačice *san giorgio venato* i *san giorgio (zečevo) venato* prošarane bitumenskim žilama. U kamenolomu Žaganj Dolac eksploatira se rudistni vapnenac na tržištu poznat kao *rasotica*. Veoma je dekorativan, te sadrži veliku količinu rudista i rudistnog kršja koje se svojom svjetlijom bojom posebice ističe u tamnosmeđem matriksu. Svrstava se u grupu kamena izuzetnog i jedinstvenog izgleda, a ta njegova dekorativna značajka znatno povećava vrijednost tektonski poremećenog ležišta, te se zbog nje prodaju i mali blokovi koji inače u drugim kamenolomima zbog svojih dimenzija predstavljaju kameni otpad.

Ista vrsta kamena kao i u kamenolomu Sivac eksploatira se na zapadnoj strani otoka Brača u kamenolomu Milovica, a kamen toga tipa eksploatira se i u 3 km udaljenom kamenolomu Dragonjik, u formaciji gornje krede, ali sa znatno drugačijim izgledom, pa na tržište dolazi pod nazivom *dračevica*.

KORČULA. Rudistni vapnenci gornje krede protežu se i na najjužnijem dijelu regije. Na otoku Korčuli aktivan je kamenolom Humac, a po brojnim neaktivnim kamenolomima poznat je otočić Vrnik.

DUBROVNIK. U kontinentalnom području najjužnijeg dijela regije, kod Slanog, sjeverozapadno od Dubrovnika nalazi se kamenolom Visočani u kojemu se eksploatira fosiliferizirani rudistni vapnenac po izgledu sličan bračkom "mramoru".

17	17.39	Seget Gornji-Dragun	Seget Gornji	Delta Dragun d.o.o, Dolića draga
18	17.56	Seget-jug	Seget Gornji	Jadrnkamen d.d., Pučišća
19	17.07	Okrug*	Okrug Donji	Kamen Split d.d, Split
<i>Brač</i>				
20	17.51	Gianesini cava	Donji Humac	Gianesini Marmo d.o.o, Split
21	17.54	Petrovica	Donji Humac	Obrt Petrovica, Donji Humac
22	17.65	Pjer	Donji Humac	Obrtnik Đani Jerković, Nerežišća
23	17.41	Banja	Donji Humac	Kavadur, Split
24	17.43	Brkate	Donji Humac	Obrtnik Markito Jakšić, Donji Humac
25	17.77	Sveti Ilija	Donji Humac	Kusanović d.o.o, Pražnica
26	17.66	Smokvica	Donji Humac	Pašarin d.o.o, Nerežišća
27	17.47	Škrape	Donji Humac	Pašarin d.o.o, Nerežišća
28	17.06	Dragonjik	Donji Humac	Jadrnkamen d.d., Pučišća
29	17.17	Milovica	Donji Humac	Jadrnkamen d.d., Pučišća
30	17.32	Krušev Dolac	Pražnica	Obrt Gago-kamen, Pražnica
31	17.14	Bratiža	Pražnica	Obrtnik M.Ivelić, Pražnica
32	17.20	Dolac	Pražnica	UFO bianco d.o.o, Selca
33	17.24	Bračuta	Pučišća	Obrt Petrus, Pučišća
34	17.08	Pučišće	Pučišća	Jadrnkamen d.d., Pučišća
35	17.16	Lozna	Pučišća	Jadrnkamen d.d., Pučišća
36	17.21	Kalina I	Gornji Humac	Obrtnik S.Šesnić, Gornji Humac
37	17.22	Kalina II	Gornji Humac	Obrtnik V.Šesnić, Gornji Humac
38	17.79	Petrarda Hum	Selca	Obrt Franić, Selca
39	17.25	Bunjička*	Selca	Dalmarmor d.o.o
40	17.09	Selca	Selca	Jadrnkamen d.d., Pučišća
41	17.12	Žaganj Dolac	Sumartin	Jadrnkamen d.d., Pučišća
<i>Hvar</i>				
42	17.23	Mala Burina	Bogomolje	Plame d.o.o, Bogomolje

U Atlasu rudarstva Republike Hrvatske 2006¹⁶ navedeni su podaci o proizvodnji i rezervama mineralnih sirovina koje se eksploatiraju u pojedinim županijama (za period 1998-2004). Dan je i popis svih gospodarskih subjekata koji imaju rudarsku koncesiju, te precizniji kartografski prikaz (M 1:200.000) koordinata eksploatacijskih polja. Kartografski prikaz je slikovit pokazatelj dinamike ali i potrebe veće ili manje rudarske aktivnosti na određenim lokalitetima, međutim sam prikaz lokacija bez ostalih bitnih podataka ipak je nedovoljno informativan i praktičan. Informacije koje bi svakako trebalo uključiti su vrsta kamena koju pojedini gospodarski subjekti eksploatiraju, nazivi točne lokacije kamenoloma (ime najbližeg mjesta), ali i ostali bitni podaci koje, prema normi Prirodni kamen - Kriteriji za utvrđivanje naziva (HRN EN 12440:2000), opis prirodnog kamena mora sadržavati. Uz dodavanje tih informacija novim izdanjima Atlasa rudarstva, u cilju unapređenja rudarske djelatnosti u Hrvatskoj, trebalo bi, više od svega, osigurati znatno veću i jednostavniju dostupnost aktualnih podataka.

* neaktivna eksploatacijska polja
 ** Donji Humac: *sivac, dračevica*
 *** Pučišća: *veselje, kupinovo, sivac (adria grigio)*
 **** Selca: *zečevio, san giorgio, oklad*
 ***** Žaganj Dolac: *rasotica*

4. OBRADA KAMENA

Pod obradom arhitektonsko-građevnog kamena podrazumijeva se sveukupni radni proces obrade kamenih blokova čiji je rezultat kameni proizvod određenog oblika, dimenzija i kvalitete vanjske površine. Način obrade i potrebna oprema odabiru se ovisno o svojstvima kamena te željenoj vrsti i kvaliteti gotovog proizvoda. Kamen se obrađuje mehaničkim i nemehaničkim procesima. Kod mehaničke obrade razlikuju se dva osnovna tipa: abrazivna i udarna obrada (obrada odsijecanjem). U procese nemehaničke obrade spadaju termoobrada, plameno-mlazna obrada, obrada ultrazvukom, laserska obrada i obrada strujama visoke frekvencije.

Završnom obradom kamenih elemenata s vanjske površine skida se vrlo tanak sloj kamena čime se ne mijenjaju njegov oblik i dimenzije ali mu se daje potrebna dekorativnost i povećava vijek trajanja. Površinska obrada može prema zahtijevanom izgledu vanjske površine biti gruba, srednja i fina.

U tablici 4.1 dan je prikaz osnovnih tehnoloških procesa obrade arhitektonsko-građevnog kamena.

TEHNOLOŠKI PROCESI OBRADE KAMENA

MEHANIČKA OBRADA		NEMEHANIČKA OBRADA
ABRAZIVNA	UDARNA	TERMIČKA
Primarna obrada: formiranje oblika i dimenzija kamenih elemenata		
PRIBLIŽNO OBLIKOVANJE BLOKOVA		
PILJENJE BLOKOVA gaterima, žičanima pilama, diskovima i drugi strojevima za piljenje	CIJEPANJE (KALANJE) BLOKOVA bušačim čekićima, klinovima, čekićima i dlijetima	REZANJE BLOKOVA termičkim rezačima
FORMIRANJE KONAČNOG OBLIKA I DIMENZIJA		
REZANJE I OBRUBLJIVANJE PLOČA, PROFILIRANJE strojevima za rezanje i obrubljivanje; frezama	LOMLJENJE PLOČA, IZRAVNANJE POVRŠINE PLOČE (KLESANJE) dlijetom, špicom, pneumatski čekićem ili hidrauličnom sjekačicom	REZANJE PLOČA I OBRADA RUBOVA termičkim rezačima i termičkim čekićima (termoudaračima)
Završna obrada		
OBRADA POVRŠINE		
BRUŠENJE I POLIRANJE POVRŠINA strojevima za brušenje i poliranje	KLESANJE POVRŠINA pneumatskim čekićima, dlijetima, špicama, zubačama, brazdačama	OBRADA POVRŠINE termičkim čekićem i drugim načinima nemehaničke obrade kamenih površina

Tablica 4.1 Prikaz osnovnih tehnoloških procesa obrade arhitektonsko-građevnog kamena

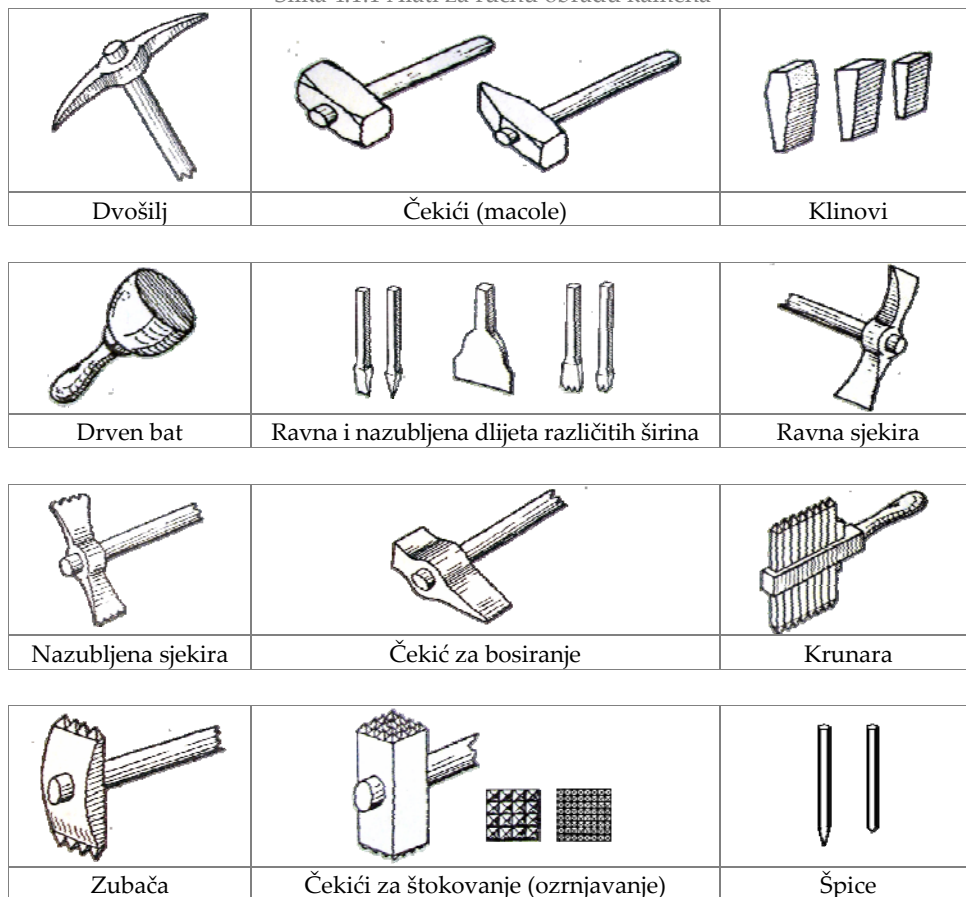
4.1. UDARNA OBRADA

Udarne obrada (obrada odsijecanjem) zasniva se na udarnim efektima. Obično se svi procesi i operacije udarne obrade nazivaju klesarskom obradom, a radnici na toj obradi kamenoklesarima. Obrada kamena vrši se postepenim otkidanjem (klesanjem) pojedinačnih slojeva površine kamena uzastopnim nanošenjem udaraca različitim alatima. Izuzetak je cijepanje (kalanje) blokova na ploče-poluproizvod.

Kameni blokovi se prilikom udarne obrade najprije cijepaju na ploče različitih dimenzija, koje se potom izravnavaju i oblikuju. Konačan oblik i dimenzije kamena ploče mogu dobiti obradom različitim ručnim alatima ili strojno.

Za strojno oblikovanje kamenih elemenata ili površina lomljenjem upotrebljavaju se različite hidraulične sjekačice. Pojedini modeli sjekačica razlikuju se po duljinama odloma (broju i dužini dlijetala), načinu podešavanja dlijeta prema površini ploče, maksimalnoj visini lomljenog elementa, te po sili kojom djeluje na proizvod (uglavnom od 300 do 6000 kN)¹⁷.

Slika 4.1.1 Alati za ručnu obradu kamena



Završni izgled površine ovisi o upotrebljavanom alatu i načinu obrade. Ona može biti prirodno lomljena, obrađena šiljkom (rustična), zubačom, krunastim čekićem, dlijetom ili drugim alatima. Alati koji se koriste za ručno oblikovanje kamena prikazani su na slici 4.1.1. Ovim alatima izvodi se i završna obrada kada se želi dobiti prirodno lomljen izgled površine. Moguće je postići razne efekte kombinacijama pojedinih načina obrade, alata i stupnjeva obrade (grubo, srednje i fino obrađena površina).

Završna udarna obrada izvodi se postupnim ozrnjavanjem ili izravnavanjem površine različitim alatima. Različit stupanj obrade postiže se primjenom zubača i čekića za štokovanje različitog broja i veličine zubaca, varijacijama razmaka, kutova, smjerova

ili jačine udaraca špicama i dlijetima. Čelične špice mogu biti okruglog ili uglastog presjeka. Kraj im je zaoštren pod kutom od 70° za obradu tvrdog kamena i 20° za obradu kamena srednje tvrdoće. Površinu je potrebno u potpunosti obraditi, bez obzira klesa li se grubo, nejednolikim kutovima i dubinama zasijecanja ili fino. Kod finog špicanja površina se obrađuje pravilnim udarcima, tako da na završnoj površini ne ostanu pravilne brazde ili dublji zasjeci. Moguć je čitav spektar površinskih obrada korištenjem dlijeta različitih širina (80-150 mm). Dlijeta mogu biti ravna i nazubljena. Dlijeta i špice obično se drže pod kutom od 45° u odnosu na površinu. Ovisno o razmaku udaraca postiže se gruba do fine obrada površine. Zupčan izgled površine postiže se dlijetima koja imaju ravan kraj širine 20-50 mm, obično s 3-5 zubaca. Moguć je širok raspon završnih obrada mijenjanjem smjerova klesanja dlijetom (pravilan, zaobljen, ukriž). Pravocrtnim klesanjem nazupčanim dlijetom postiže se brazdan izgled površine. Dodatni efekti mogu se postići višestrukom obradom brazda. Čekićem za štokovanje dobije se grubo-zrnasta, plosnata površina. Razmak piramidalnih zubaca čekića glave dimenzija 50x50 mm varira od 4 do 15 mm. Glava uglavnom ima 4x4 zupca za grube obrade i 7x7 zubaca za finije obrade. Fino štokovanje izvodi se čekićima na čijim je glavama 12x12 zubaca razmaka 4-5 mm. Ovim alatom dobije se zrnata, plosnata i pravilna površina.

Danas se udarna obrada kamenih elemenata za graditeljstvo uglavnom obavlja strojno, pneumatskim ručnim čekićima i stacionarnim ili prenosivim strojem-zubačom. Radni organi ručnog pneumatskog čekića također su špice, dlijeta, zubače ili brazdače različitih radnih površina. Zubače se razlikuju po broju i rasporedu zubaca, odnosno razmaku između osi zubaca. Gruba obrađena površina s neravninama 3 do 5 mm postiže se zubačama sa do devet zubaca. Zubačama sa 16 do 36 zubaca dobije se srednje fina završna obrada s neravninama od 2 do 3 mm. Fina obrada, pri kojoj maksimalne neravnine iznose 2 mm postiže se zubačama sa 64 zupca. Poslije takve obrade površina se može još finije obraditi plastičnim zubačama.

Osim ručnih pneumatskih čekića za završnu obradu kamena upotrebljavaju se različiti tipovi strojeva na koje je montiran pneumatski udarni čekić. Izvode se kao stacionarni (konzolni ili mosni) ili prijenosni (za obradu već ugrađenih kamenih elemenata).

Za reljefnu obradu površine kamena upotrebljavaju se mali ručni pneumatski čekići s alatima različitih oblika i površina.

4.2. TERMIČKA OBRADA

Postupak termičke obrade kamena zasniva se na osjetljivosti sastojaka kamena-minerala, na toplotne udare (termičke šokove). Djelovanjem mlaza plamena vrlo visoke temperature i vremenski ograničenog trajanja dolazi do širenja i odvajanja površinskih mineralnih zrna od mase kamena, odnosno do odljuskavanja tankog površinskog sloja i stvaranja manje ili više hrapave površine. Osjetljivost na termička naprezanja pokazuju naročito krupna zrna kremena i feldspata, pa je njih najlakše pliće ili dublje razoriti.

Termičkom obradom površina eruptivnih stijena poprima izgled prirodno cijepane površine sa zamjetnom kristalnom strukturom, pri čemu njena hrapavost ovisi o strukturi kamena i trajanju djelovanja plamena.

Termorezač je plamenik koji radi sa smjesom kisika i kerozina i služi primarno za rezanje blokova i obrezivanje ploča. Visokotemperaturna plinska struja ($2000-2300^\circ\text{C}$) izlazi iz mlaznice termorezača 2-2.5 puta većom brzinom od zvuka (2200-2500m/s) uzrokujući razaranje kamena.

Termički čekić je također plamenik koji radi sa smjesom benzina i komprimiranog zraka, a osnovna mu je namjena završna obrada kamena. Princip razaranja kamena

pomoću termočekića, kao i kod termorezača, zasniva se na djelovanju visokotemperaturne plinske struje izbačene iz mlaznice nadzvučnom brzinom na obrađivanu kamenu površinu. Učinak obrade ovisi o podložnosti kamena tehničkoj obradi i dubini željene obrade, a iznosi 10-15m²/h.¹⁷ Kod obrađivanja i obrade manjih površina termočekić se koristi ručno, a kod industrijske obrade kamenih ploča montira se na neki poluautomatski ili automatski uređaj.

Termički postupak obrade ima široku primjenu kod obrade granita. Osim rezanja blokova kamena i površinske obrade kamenih ploča (Prilog 7.4.2), primjenjuje se i za oblikovanje elemenata i regeneraciju površina u upotrebi. Koriste ga naročito kipari koji ručnim plamenikom mogu lagano izvesti razna zaobljenja, uz učinak od oko 5 dm³/h skinutog kamena. Površine koje su poslije duge uporabe postale uglačane i klizave, poput pločnika od granitnih ploča, trotoara, ivičnjaka i stepenica, mogu se primjenom ovog postupka obrade ponovo ohrapaviti.

4.3. ABRAZIVNA OBRADA

Abrazivni postupci predstavljaju najrašireniji način obrade arhitektonsko-građevnog kamena. Ovim metodama vrši se piljenje blokova na ploče, rezanje ploča na potreban oblik i dimenzije, obrubljivanje i profiliranje, te brušenje i poliranje kamenih elemenata.

Redoslijed pojedinih radnih procesa ovisi prije svega o tvrdoći kamena, odnosno o sadržaju kremenja u njemu, pa se obzirom na karakteristične predstavnike razlikuju tehnološke sheme obrade mramora i obrade granita. Kod obrade mramora (i sličnih vrsta kamena) se brušenje i poliranje izvodi poslije rezanja i obrubljivanja, nakon što je proizvod dobio svoj konačan oblik i dimenzije. Time se na otpadni materijal nastao rezanjem ploča ne troši rad i sredstvo za obradu. Kod brušenja i poliranja tvrdog kamena potreban je daleko veći pritisak radnog organa na površinu obrađivanog proizvoda što dovodi da lomljenja i oštećenja rubova proizvoda. Pri obradi ploča manjih dimenzija to bi dovelo do velikih gubitaka, te se stoga u tehnologiji granita rezanje i obrubljivanje vrši nakon brušenja i poliranja ploča dobivenih iz blokova.

Za abrazivnu obradu upotrebljavaju se različiti strojevi s različitim radnim organima, uz visoki stupanj automatiziranosti procesa obrade. Ovisno o vrsti radnog organa određene su tehnološke mogućnosti, stupanj univerzalnosti i naziv stroja. Abrazivni materijali koji se upotrebljavaju kod ovih strojeva su tvrdi zrnasti minerali (kremen, korund, dijamant) i odgovarajući umjetni (industrijski) materijali (elektrokorund, sintetički dijamant i sl.). Zrnca abraziva povezana su pomoću veziva (osnove) u različite elemente (segmente) tvoreći tako radne organe različitih vrsta i oblika, poput diskova i brusova.

Abrazivna obrada po klasičnoj tehnološkoj shemi obuhvaća sljedeće radne procese:

1. PILJENJE BLOKOVA NA PLOČE

- ✦ gateri
- ✦ strojevi s jednom plosnatom pilom
- ✦ strojevi s kružnom pilom (dijamantni diskovi)
- ✦ strojevi s elastičnim radnim organom

2. REZANJE PLOČA NA POTREBAN OBLIK I DIMENZIJE

- ✦ dijamantni diskovi

3. OBRUBLJIVANJE I PROFILIRANJE

- ✦ obavlja se postavljanjem posebnih radnih organa, dijamantnih glodalica (freza) na strojeve kojima se vrši i rezanje

4. BRUŠENJE I POLIRANJE

Detaljniji podaci o karakteristikama i načinu rada strojeva koji se koriste za obradu kamena, te linijskim postupcima obrade, dani su u knjizi prof. Siniše Dunde: Obrada arhitektonsko-građevnog kamena.¹⁷

4.4. KLESARSTVO

Klesarstvo je zanimanje koje je u svim povijesnim i stilskim razdobljima imalo isti cilj: snagom duha, volje i vještine, amorfnom kamenu udahnuti život. Počevši od samoukih kamenara i klesara stekli su se postupno uvjeti za organizirano i svestrano učenje ovog plemenitog zanata. U raznim krajevima i kulturama, ovisno o tvrdoći, čvrstoći i njegovoj boji, kamen se obrađivao različitim načinima koji su prerasli u tradicije po načinu obrade.

Način klesanja koji se uči u pučiškoj klesarskoj školi bazira se na najboljim tradicijama vrsnih bračkih klesara koji su svoju vještinu gradili na rimskoj tehnici obrade i gotovo u potpunosti zadržali alate potrebne za klasičnu obradu bijelih sedimenata tipa *veselje*. Tradicionalnom obradom i iskustvom koje podrazumijeva poznate putove upoznavanja i određivanje slojevitosti, nastaju raznoliki i fascinantni klesarski detalji.

Klesarska škola u Pučišćima i dalje štuje tradicionalni način obrade. Nakon obuke i stjecanja vještina klasičnim alatom, kao i primjena mjerila, šablona i drugih pomagala, potrebno je da klesar koristi i moderne alate koji vještim klesarskim rukama mogu biti od velike koristi, te se stoga buduće klesare uči radu i s električnim i pneumatskim ručnim strojevima.

Školovanje klesara u sklopu jedine naše klesarske škole razdvojeno je na dva usmjerenja: klesarski tehničar i klesar.

Predmeti koji se slušaju po programu KLESARSKI TEHNIČAR:	
Hrvatski jezik*	Građevni materijali*
Engleski jezik*	Tehničko crtanje s poznavanjem nacрта *
Povijest*	Nacrtna geometrija
Etika/Vjeronauk*	Prostoručno crtanje
Zemljopis	Klesarske konstrukcije*
Politika i gospodarstvo*	Modeliranje
Tjelesna i zdravstvena kultura*	Petrografija*
Matematika*	Strojevi za obradu kamena*
Fizika	Stilovi u arhitekturi
Biologija	Građevna mehanika
	Građevne konstrukcije*
	Organizacija radova
	Računalstvo*
	Praktične vježbe

* Predmeti koji se slušaju po programu KLESAR

Klesarski tehničari pohađaju nastavu četiri godine, te nakon završnog ispita mogu nastaviti školovanje na fakultetima. Školovanje klesara traje tri godine, a postoji mogućnost polaganja majstorskog ispita nakon tri godine prakse. U tijeku izrade Zakona o obrtu, a u suradnji s Obrtničkom komorom Republike Hrvatske, uspjelo se izboriti da klesarstvo bude vezani obrt, odnosno da je potrebna diploma majstora za otvaranje klesarskog obrta.

Kamenoklesarska škola danas upisuje do 150 učenika godišnje, polovicu od tog broja u klesarske tehničare, a drugu polovicu u klesare. Prosječno je oko 25% učenika iz Pučišća i još 25% iz drugih bračkih mjesta, dok ostali učenici dolaze iz brojnih drugih krajeva Hrvatske: od Dubrovnika do Rovinja, od Korčule do Zagreba, Varaždina, Slavonskog Broda i Bjelovara. Zadnjih godina se, ovom tradicionalno muškom zanimanju, počinju školovati i učenice.

U izvedbenim programima praktične nastave prevladava ručna obrada zasnovana na staroj rimskoj školi klesanja klasičnim ručnim alatima. Nastava se izvodi u vlastitoj, dobro opremljenoj radionici. Započinje se ravnanjem plohe piketom, nastavlja zubatkom, a završava martelinom. Kasnije se prelazi na profile i ornamentiku. Nastava je potpuno individualizirana. Nastavnici klesarstva su i sami VKV klesari, a uz njih rade i uče mlade naraštaje njihovi bivši učenici. Meštar Zdravko (tako učenici škole nazivaju svoje učitelje iz radionice) danas je mentor-savjetnik, autor idejnih rješenja i shema po kojima se ostvaruje program praktične nastave. Njegovo je mišljenje da za ovaj zanat najprije treba mnogo ljubavi pa s tim u vezi kaže: "Da bi se izučio klesarski obrt, potrebno je prijeći neke karakteristične faze. One ponekad stavljaju mladu osobu na kušnju. Kamen je čvrst, tvrd, za početnika nepoćudan, pruža otpor, prska i ponekad prisiljava na povlačenje. Zato se kod nekih početnika javlja dvojba - nastaviti ili ne. Kada se strpljenjem i voljom prijeđe ta faza, samo je korak do trenutka u kojem klesar postaje zaljubljenik u kamen."

Vještine i znanja koja se usvajaju za obradu kamena započinju izradom ravno vizirane plohe, u svim tehnikama (bez primjene specijalnih alata), na grubom lomljenom kamenu. Nakon toga slijedi prijelaz na lice, obrada jednostavnih do složenih klesanaca, profiliranje i rad po šablonu i na kraju izrada ornamentike, graviranje slova i punktiranje skulptura. Za ovoliki broj složenih faza potrebno je mnogo prakse, a svaka sljedeća faza zahtjeva sve veću rutinu. Nastavnici obično prate grupu do 10 učenika. Prateći rad učenika nastavnik uočava njegove mogućnosti te one učenike koji brže savladavaju program i većeg su potencijala opterećuju težim elementima.

Klesarska škola dobro surađuje s tvrtkom Jadrankamen d.d. od koje dobiva kamene blokove za izvođenje praktične nastave u vlastitoj radionici. Isto tako, u moderno opremljenim pogonima tvrtke Jadrankamen učenici tijekom ljetne prakse imaju mogućnost upoznati najmoderniju tehnologiju za strojnu obradu kamena. Škola surađuje i s nekoliko dobro opremljenih obrtničkih radionica u kojima učenici upisani u obrtničko usmjerenje uspješno odrađuju stručnu praksu.

Paralelno s održavanjem skupa na kojem redovno prisustvuju brojni djelatnici iz kamenarske industrije i koji je postao tradicionalan te se zbog razine i sadržaja predavanja naziva *Simpozij o branju, obradi, ugradnji i restauraciji kamena*, Klesarska škola je inicirala izdavanje časopisa *Klesarstvo i graditeljstvo*. To je časopis za sučeljavanje mišljenja i razmjenu znanja koja zalaze u područja arheologije, povijesti umjetnosti i graditeljstva, povijesti tehničkih znanosti te očuvanja i zaštite kulturne baštine i kulturnog identiteta sredine, arhitekture i urbanizma, tehnologije branja, obrade, i ugradnje kamena, petrologije, geologije, rudarstva, klesarstva, kiparstva i dizajna u kamenu. Namijenjen je svima onima koji se bave proizvodnjom i preradom kamena u poduzećima i obrtničkim radionicama, svima onima koji ga koriste i ugrađuju na širokom polju graditeljstva koje već desetljećima traži više kamena nego ga je industrija u stanju namiriti, i svima onima koji se brinu o održavanju i obnovi naše graditeljske baštine gdje radovi postaju sve obimniji i zahtjevniji. Prvi broj časopisa tiskan je u rujnu 1990. godine i od tada izlazi dva puta godišnje.

Osim suradnje s firmom Jadrankamen te s više obrtničkih radionica, Klesarska škola ima dogovorenu suradnju s Akademijom likovnih umjetnosti u Zagrebu. U godišnji program Akademije uvršten je kao redoviti ljetni praktikum kiparstva trojedni boravak i rad po natječaju odabranih studenata kiparskog odijela. Na taj način se počeo vraćati zaboravljeni kamen kao materijal likovnog izraza

Klesarska škola je danas, za hrvatske prilike, moderna ustanova s dobro opremljenim informatičkim kabinetom te učionicama dostatno opremljenim tehničkim pomagalicama i didaktičkom opremom, bogatom knjižnicom i posebno dobro opremljenom radionicom za ručnu obradu kamena.

4.5. SUVREMENA TEHNOLOGIJA OBRADE KAMENA

Osnovni alati za strojnu obradu kamena imaju različite, uglavnom promjenjive, radne organe koji se u osnovi ne razlikuju mnogo od svih onih alata koji su kroz povijest upotrebljavani u klesarstvu. Pored tih alata, postoji velik broj strojeva koji obrađuju plohe kamena na načine koji prije nisu bili mogući, te omogućavaju postizanje specifičnih vizualnih efekata.

Dijamantne pile stvaraju precizno i relativno fino rezane površine (pile ostavljaju prepoznatljive tragove na površini) zahvaljujući horizontalnim pokretima pila u pogonskom okviru, ili cirkularnim pokretima dijamantnih diskova..

Grubi i vidljivi do mikroskopski fini kružni tragovi nastaju na površinama pri brušenju kamena. Finoća obrade ovisi o veličini zrna abraziva. Brusovi se proizvode od vrlo čvrstog silicijskog karbida ili dijamanta. Kao i kod svih načina obrade površina kamena, procesi se sukcesivno provode od grubog do finog brušenja: grubo brušenje (C60), polu-fino (C120), fino (C220). Riječ je uglavnom o mokrim metodama; suha obrada se koristi samo za manje površine.

Pjeskarenje površina, odnosno trljanje (poliranje) površine s čeličnim zrcima može se klasificirati kao poseban oblik brušenja. Pjeskarenje se provodi prskanjem grubo rezane površine čeličnim zrcima ili abrazivom od aluminijevog oksida. Postiže se gruba, zrnasta, ali jednoliko obrađena površina. Tragovi pilanja ili drugi dublje površinske pojavnosti ostaju vidljivi i nakon ovog tretmana. Rezultat ove obrade je "mekan", mat i pravilan izgled površine.

Poliranje je završni proces obrade prethodno izbrušenih površina. Dobiva se apsolutno glatka i gusta, a ovisno o vrsti kamena sjajna i reflektirajuća površina. Manje rupe ili veće pore se zapunjuju epoksi smolama ili mineralnim supstancama.

Laserskom obradom površine stvaraju se ultra-fina udubljenja na poliranoj ili vrlo fino brušenoj površini. Briljantnost boje kamena ostaje gotovo nederivirana ovom obradom.

Osim brojnih mogućnosti površinske obrade kamena, suvremene tehnologije nude znatne oblikovne mogućnosti. Dostignuta tehnološka razina i alati za oblikovanje kamena daleko su nadmašili prosječno viđenje mogućnosti kamenih oblika:

Robotizirane žične pile mogu čitav kameni blok prošarati ravnom ili krivudavom pravčastom plohom raspilavanja, odnosno, mogu izravno iz bloka izrađivati ploče i druga tijela sa zakrivljenim, pa čak i lomljenim površinama, te oponašati masive s manjim utroškom kamena.

Sondažne pile koje ostvaruju rez valjkaste forme, omogućuju vađenje serije valjaka različitih promjera iz istog bloka i vađenje jednog komada iz drugog, umnožavajući tako za nekoliko puta korisni volumen, ostvarujući šuplja tijela i cijevi različite geometrije, koja predstavljaju novi olakšani masivni oblik, prikladan za mnogobrojne primjene u arhitekturi.

Danas postoji čitav niz drugih potpuno automatiziranih strojeva koji se pridružuju procesu obrade nudeći daljnje mogućnosti dizajna u kamenu.

Više o novim načinima obrade kamenih površina, optimalizaciji obrade kamenih blokova, uređajima i postrojenjima za ojačavanje mramornih ploča, klesarstvu, klesarskim strojevima i alatima, te školovanju kadra za industriju kamena možete pronaći u radovima navedenim u popisu literature.¹⁸



Slika 4.3.1. Gaterirani kameni blok

4.6. ZAVRŠNA OBRADA KAMENA

		Obrada površine																							
Vrsta kamena		rasječeno/cijepano	obrađeno dljetom	špicano	fino špicano	grubo štokovano	fino štokovano	kalano	obrađeno čekićem	zupčano	grubo brazđano	fino brazđano	pjeskareno	grebano	sastrugano čeličnim zmcima	piljeno žicom	piljeno dijamantnim diskovima	glodano (frezano)	grubo brušeno	brušeno	fino brušeno	polu-polirano	polirano	pajleno	
Eruptivne	Granit	•	•	•	•	•	•								•		•	•		•	•		•	•	
	Sijenit	•	•	•	•	•	•								•		•	•		•	•		•		
	Diorit	•	•	•	•	•	•								•		•	•	•	•	•		•		
	Gabro	•	•	•	•	•	•								•		•	•	•	•	•		•		
	Riolit	•	•	•	•	•	•								•		•	•	•	•	•		•		
	Trahit	•	•	•	•	•	•								•		•	•	•	•	•		•		
	Bazalt	•	•	•	•	•	•								•		•	•	•	•	•		•		
	Dijabaz	•	•	•	•	•	•	•							•	•	•	•	•	•	•		•		
	Vulkanski tuf	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
Sedimentne	Konglomerat	•	•	•	•	•	•				•	•			•		•	•	•	•	•				
	Breča	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•				
	Pješčenjak (kvarcni)	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•		•		
	Pješčenjak	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•				
	Vapnenac	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•		
	Školjkasti vanenac	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•		
	Travertin	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		
	Vapnenačka sedra	•	•	•	•											•	•	•	•						
	Dolomite	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•		•	•	•	•		
Metamorfne	Oniks															•	•	•			•		•		
	Kvarcit	•															•	•	•	•	•		•		
	Mikašist	•															•	•	•						
	Kloritski škriljavci	•														•	•	•	•	•	•		•		
	Mramor	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		
	Škriljavac	•														•		•	•	•	•	•	•		
	Granulit	•	•	•	•	•	•								•	•	•	•	•	•	•		•		

- Uobičajena završna obrada ove vrste kamena (nije isključena upotreba i drugih načina obrade)

ZAVRŠNA OBRADA. Iako se danas površine kamenih blokova obrađuju na automatskim linijama za obradu kamena ili uz pomoć ručnih pneumatskih čekića i prenosivih strojeva, poznavanje ručnog načina obrade je i dalje vrlo važno zbog povećane količine radova na postojećim objektima, pri rekonstrukcijama i restauracijama povijesnih građevina.

Uobičajeni alati koji se danas koriste i dalje su vrlo slični onima koji su se koristili još u srednjem vijeku. Kao i prije, njihov razvoj i upotreba su bazirani na vrsti materijala, njegovoj čvrstoći i efektima koji se mogu postići, imajući na umu prirodu materijala. Izbor načina obrade, stoga podjednako ovisi o karakteru samog arhitektonskog elementa i odabranoj vrsti kamena. Pravilan izbor površinske obrade može pojačati ekspresiju i efekt kamene komponente.

Na sljedećim stranicama dan je prikaz pojedinih završnih obrada kamena (slika 4.2).



Grubo špicano

Površina se otkida koristeći čekić i špicu. Obrada u ovom je namjerno nejednolika, kut i dubina zasijecanja su promjenjivi.



Špicano

Kod ovog načina špicanja dlijeto se drži gotovo okomito na površinu.



Špicano

Kod ovog načina špicanja čekićem i dlijetom se klesaju široke pruge, prema uzorku nacrtanom na kamenu.



Špicano (uzorak riblje kosti)

Površina isklesana u uzorku riblje kosti



Zupčano

Dlijeto koje se koristi za ovaj način obrade ima ravan kraj koji može biti širine 20-50 mm i obično 3-5 zubaca.



Špicano i brušeno

Brušenjem špicane površine umanjuje se oštrina i gustoća površinske teksture postignute špicanjem.



Brazdano

Moguć je čitav spektar brazdanih površinskih obrada korištenjem dlijeta različitih širina (80-150 mm).



Brazdano (nepravilno)

Ovaj izgled lica kamena postignut je varijacijom smjera i dubine klesanja dlijetom.



Brazdano (uzorak riblje kosti)

Ovaj izgled lica kamena postignut ja 30 mm širokim dlijetom



Štokovano

Čekićem za štokovanje s većim razmakom među zupcima dobije se grubo-zrnasta, plosnata površina.



Fino štokovano

Okako plosnat, pravilan, ali neuglađen izgled lica površine postiže se čekićem sa 12 x 12 zubaca razmaka 4-5 mm.



Štokovano i brušeno

Glaćanjem štokovane površine postiže se prigušenje i profinjavanje efekata inicijalne obrade.



Grubo špicano i brazdano

Špicana površina je obrađena s nabrazdanim čekićem (vrlo živa tekstura-inače pravilne brazde nanese su na grubu podlogu).



Zupčano, brušeno i polu-zaglađeno

Prirodno gruba površina kamena je ugladena i zaravnana trima mehaničkim operacijama



Zupčano, brušeno i namazano voskom

Boja površine obrađene dvama postupcima je intenzivirana obradom voskom.



Rezano dijamantnim pilama

Dijamantne pile daju precizno i relativno fino rezane površine, s prepoznatljivim tragovima pilanja na površini kamena.



Brušeno (grubo/fino)

Grubi i vidljivi do mikroskopski fini kružni tragovi nastaju na površinama. Finoća ovisi o veličini zrna abraziva



Polirano

Poliranje je završni proces obrade prethodno izbrušenih površina. Dobiva se apsolutno glatka i gusta (sjajna) površina.

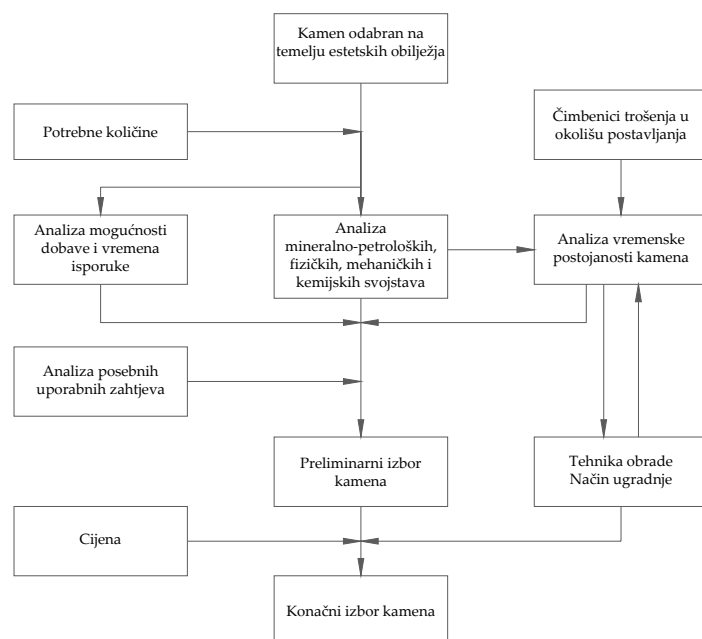
5. GRAĐENJE PRIRODNIM KAMENOM

5.1. UVOD

Kamen je prirodan materijal, iznimno bogate pojavnosti i različitih svojstava koja se ponekad zamjetno razlikuju i unutar istog ležišta, materijal kod kojeg su mogućnosti primjene, načini završne obrade, estetske i trajnosne karakteristike usko vezane s karakteristikama ležišta, načinom eksploatacije i obrade primarnih blokova. Zbog velikog broja bitnih faktora koji povezuju procese dobivanja, obrade i gradnje, za kvalitetno projektiranje u kamenu potrebna su široka (i specijalizirana) stručna znanja.

Niz objekata na kojima je kamen nepravilno korišten, što je dovelo do znatnih, ponajprije, estetskih i funkcionalnih oštećenja, ali i narušavanja sigurnosti pojedinih objekata i velikih sredstva koja su potrebna za naknadnu sanaciju, ukazuje na potrebu normizacije kamenih proizvoda i izrade tehničkih propisa koji bi se odnosili na građenje prirodnim kamenom, na potrebu sustavnijeg pristupa upotrebi kamena, potrebu izrade i revizije izvedbenih projekata, te na nužnost stručnog i ovlaštenog nadzora nad tim radovima.

SUSTAVNI PRISTUP ODABIRU ARHITEKTONSKOG KAMENA¹⁹. Pri odabiru arhitektonskog kamena projektanti se uglavnom vode estetskim kriterijima, dok ostale važne čimbenike često zanemaruju. Važnost svakog faktora u ukupnoj procjeni pogodnosti nekog materijala zavisi o specifičnim projektnim zahtjevima, ali niti jedan čimbenik ne bi smio biti zanemaren, jer to može dovesti do ozbiljnih problema kako u fazi izvođenja projekta, tako i kasnije, pri korištenju objekta.



Slika 5.1.1. Shematski prikaz postupaka i analiza koje se moraju provesti prije donošenja odluke koji kamen će biti upotrijebljen na određenoj konstrukciji

Funkcionalni, estetski, trajnosni i ekonomski parametri projektiranja kamenih konstrukcija zahtijevaju poznavanje područja geologije i petrologije, rudarstva, tehnologija obrade kamena, dizajna, umjetnosti, arhitekture, građevinarstva i kemijske tehnologije. Za uspješno rješenje ovog zadatka neophodan je multidisciplinarni pristup, kako bi se na pravilan način procjenio i uvažio utjecaj pojedinih čimbenika.

Nakon šireg izbora na temelju estetskih kriterija potrebno je, naročito u slučaju većih projekata, za određenu vrstu kamen provjeriti mogućnost dobave potrebnih količina i vrijeme isporuke u odnosu na predviđenu dinamiku izvođenja radova. Vrijeme i mogućnost dobave ovise o produktivnosti pojedinog kamenoloma, kapacitetu postrojenja za obradu kamena i uvjetima transporta, odnosno usklađenosti ovih faza u procesu dopreme finalnih proizvoda do gradilišta. Pri tom je potrebno voditi računa o kontinuitetu kvalitete i estetskih obilježja odabranog kamenog materijala.

Kako bi se predvidilo ponašanje kamena pri opterećenju i osiguralo zadovoljavanje tehničkih uvjeta za pojedinu primjenu, potrebno je izvršiti petrografske analize, te ispitati fizičko-mehanička i kemijska svojstva kamena. Pritom mjesto i način ugradnje uvjetuju obim ispitivanja kamena i značaj pojedinih svojstava. Bitna fizičko-mehanička svojstva kamena u ovisnosti o primjeni prikazana su u tablici 2.4.1.

Trajnost kamena ovisi o uvjetima okoliša u kojemu će biti postavljen. Podaci koji se moraju uzeti u obzir su: dnevne temperaturne promjene tijekom ljeta i zime, učestalost i količina padalina, učestalost mraza i snijega, učestalost i brzina vjetra, vrste i količine zagađenja u zraku i padalinama. Ovi podaci posebno se pažljivo moraju analizirati u urbanim sredinama za koje je karakteristična znatno povećana prisutnost agresivnih tvari u atmosferi.

Pravilnim projektiranjem i ugradnjom kamena mogu se izbjeći oštećenja kamena, te osigurati njegova trajnost i ispunjavanje estetskih i funkcionalnih zahtjeva koji su često narušeni lošim konstruktivnim rješenjima. Klasičan primjer je narušavanje izgleda površine, ali i njeno razaranje usljed površinske (eflorescencija) i podpovršinske (subflorescencija) kristalizacije lako topivih soli koje mogu potjecati iz pijeska podloge ili iz veziva s povećanim udjelom slobodnih alkalija.

Pri ispunjenju zahtjeva, ovisnih o određenom vidu namjene, i načinu izvedbe same nosive konstrukcije, važnu ulogu mogu imati i brojni drugi čimbenici, poput oblika i debljine kamenih elemenata, te načina površinske obrade. Za svaki preliminarno odabrani kameni materijal mora se provjeriti mogućnost oblikovanja kamenih elemenata i njihovog postavljanja kako je to predviđeno projektom. Od materijala koji zadovoljavaju sve postavljene zahtjeve, ili ih ispunjavaju uz upotrebu određenih zaštitnih sredstava, konačnom se selekcijom, po odabranim kriterijima, odabire najoptimalnije rješenje.

Sustavan pristup, i sveobuhvatna analiza pri izboru kamena, može osigurati i potaknuti kvalitetniju i veću primjenu autohtonih, karbonatnih materijala. Poznavanjem njihovih svojstava i pravilnim rješenjima pri odabiru i ugradnji efikasno mogu biti nadoknađene neke prednosti stijena silikatnog sastava.

5.2. KAMENE FASADE

Novi načini obrade i montaže, odnosno mogućnost rezanja iznimno tankih kamenih ploča i razvoj sustava sidrenja, bili su u posljednjih nekoliko desetljeća glavni faktori koji su pridonijeli razvoju kamenih fasada i radikalnim promjenama u njihovu izgledu.

Masivno zide od lomljenog, sječenog (kalanog) ili pravilno obrađenog kamena (klesanaca) je najprije zamijenjeno zidnim konstrukcijama u kojima je arhitektonski kamen postao dominantan arhitektonski element u obliku vrlo precizno izvedenih kamenih obloga. Međutim, u cilju očuvanja materijala, poboljšanja termalne izolacije ili prilagodbe unutrašnjoj površini, kamen je bio čvrsto vezan za nosivu konstrukciju. Iako je opločenje podupiralo samo sebe, kamen više nije bio nosivi element.

U sljedećoj fazi razvoja ka potpuno nezavisnoj komponenti, kamena fasada je postala odvojena od vanjske površine zida. Slobodnostojeći tanki zid je sad bio pridržavan sponama samo malo udaljen od nosive konstrukcije i prikladno osiguran da podnese opterećenje vjetrom. trebalo osigurati ventilaciju i procjeđivanja moguće kondenzirane vode na dnu zračnog prostora koji je nastao ovom promjenom. Ova promjena je značila prekretnicu u tradicionalnim zidnim konstrukcijama. Kamena fasada više nije bila dio pravog vanjskog zida. Odvojena od nosive konstrukcije, kamena obloga postaje samo anvelopa koja nudi zaštitu od vremenskih utjecaja i vjetra, i predstavlja najvažniji (najprofinjniji) arhitektonski element u vizuri objekta. Smanjenje debljinu kamenih ploča na samo nekoliko centimetara omogućilo je korištenje panela velikih formata – više ne samopridržavajućih – sa sistemom sidrenja kojim bi se paneli vješali na određenoj udaljenosti od nosivog vanjskog zida. Izgled kamenih opločenja je određen dispozicijom elemenata koja se postavlja u skladu s otvorima oko prozora. Uzorak spona u zidarskom vezu malog formata je zamijenjen otvorenim reškama između obložnih ploča velikog formata i dekorativnim efektom njihove plošnosti.

Boja, struktura i tekstura kamena može ojačati efekt obloge i istaknuti – u formi ravne, često polirane, blještave površine – otmjen izgled fasade. Sidra, koja uglavnom ostaju skrivena, omogućuju ventilirajući prostor u pozadini obloge koji nudi prednost u pogledu rješavanja konstrukcijskih detalja, sprječavanja negativnih posljedica termalnih dilatacija i kontrole vlažnosti. Mogućnost postavljanja toplinske izolacije na vanjsku stranu nosivog zida znatno poboljšava i toplinsko-izolacijska svojstva objekta.

Svako oblaganje pročelja kamenim pločama trebalo bi izvoditi prema projektu koji sadrži sljedeće temeljne elemente:

- opis odabrane tehnologije oblaganja pročelja
- odabir kamena i vrstu obrade njegove površine, uzevši u obzir njegovu dekorativnost i sva odgovarajuća fizička i mehanička svojstva
- vertikalne i horizontalne nacрте i profile površine oblaganja u mjerilu 1:100 s rasporedom dilatacija u konstrukciji objekta i dilatacijskih reški među pločama, te položajem sidrenja kamenih ploča i elemenata
- nacрте kamenih elemenata obloge: ploča, vijenaca, prozorskih klupica, kamenih elemenata oko otvora prozora i vrata, u mjerilima 1:10, 1:5 i 1:2
- nacрте složenih detalja i posebno profiliranih kamenih elemenata u mjerilu 1:2 i 1:1
- specifikaciju svih kamenih ploča i elemenata potrebnih za oblaganje pročelja.

Prije oblaganja korisno je obaviti detaljan pregled konstrukcije objekta i utvrditi kvalitetu podloge na koju se pričvršćuju kamene ploče, vertikalnost zidova

konstrukcije i eventualno postojanje neravnina duž zidova, korektnost izvedbe otvora za prozore i vrata te ispravnost bušotina u zidu i podloga za sidrenje kamenih ploča (ako su te podloge ugrađene u zid konstrukcije).

Uz arhitektonske, ekonomske i trajnosne uvjete, te sagledavanje svih bitnih faktora koji utječu na izbor vrste kamena (poglavlje 5.1), potrebno je posebnu pažnju posvetiti konstrukcijskim i sigurnosnim karakteristikama gradnje. Uvjeti opterećenja, izloženost ploča pojedinim vanjskim utjecajima, vremenski uvjeti za vrijeme gradnje (primjerice, sidra koja se koriste pri mokrom sidrenju su i tri puta jeftinija od onih za suhu montažu, ali ih, zbog ograničenja primjene morta kojim se zapunjuju rupe pri ugradnji, nije moguće ugrađivati pri niskim temperaturama, što znatno poskupljuje izvedbu fasada zimi), i drugi faktori, bitno će odrediti mogućnost korištenja i isplativost pojedinog načina montaže. Pri projektiranju kamenih fasada potrebno je posebnu pažnju posvetiti i maksimalno dopuštenim razmacima sidara (veličina razmaka ovisi o termičkoj dilataciji kamena). Nepoštivanje elementarnih zakonitosti i dokazanih svojstava kamena u projektu oblaganja konstrukcije kamenom dovodi ne samo do nagrđivanja površina i estetske degradacije građevine tijekom vremena, već i do većih oštećenja kamenih elemenata.

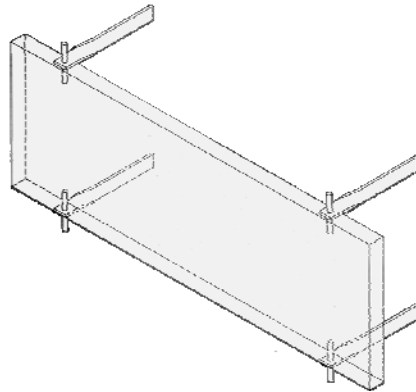
Kamene fasade danas se izvode gotovo isključivo kao provjetravane kamene obloge sa širokim rasponom različitih sustava sidrenja i izborom odgovarajućih tipova sidara. Ovdje će biti navedena samo neka pravila projektiranja i gradnje. Detaljnije informacije možete pronaći u navedenoj literaturi, ponajprije [2] i [4], u informativnim materijalima proizvođača sidrenih sustava i nosivih okvirnih potkonstrukcija (Halfen, Lutz, Keil), te u normama: HRN EN 1468:2004 *Prirodni kamen - Sirove ploče - Zahtjevi*, HRN EN 1469:2005 *Proizvodi od prirodnog kamena - Ploče za oblaganje - Zahtjevi*, HRN EN 12057:2005 *Proizvodi od prirodnog kamena - Modularne ploče - Zahtjevi* (EN 12057:2004), DIN 18516 dio 3 *Ventilirajuće obloge za vanjske zidove - Prirodni kamen; zahtjevi, projektiranje*.

Norma HRN U.F7.010/68 *Tehnički uvjeti za oblaganje kamenim pločama* je povučena i zamijenjena normom HRN EN1469:2005. Međutim nova norma obuhvaća samo dio koji se odnosi na specifikacije materijala, ali ne daje zahtjeve u vezi sadržaja projekta kamene fasade, potrebe izrade studije izvedenog stanja kao inputa za projektiranje obloge, ne definira pravila izvođenja radova montaže i učvršćivanja ploča, niti pravila struke za oblaganja po raznim sistemima, načine rješavanja različitih karakterističnih detalja, niti opseg pratećih radova i način mjerenja i obračuna izvedenih radova, kao ni normative utroška radnog vremena i materijala.

KAMENE FASADE FASADNI PANELI

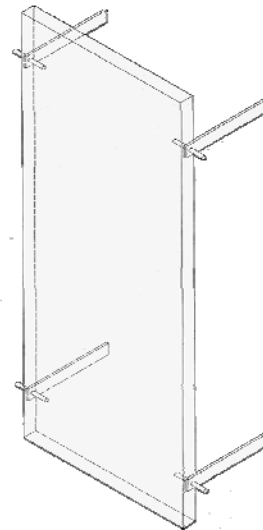
Kamene obloge

Odluka o gradnji fasade od kamenih obložnih ploča započinje razmatranjem uvjeta okoline u koju se izgled nove građevine mora uklopiti u pogledu boje, strukture, teksture, veličine, profila, itd. Specijalni zahtjevi karakteristični ovom plemenitom materijalu moraju također biti uzeti u obzir. Kamen mora biti prikladan za određeni način montaže, a veličina i debljina ploča određena ovisno o vrsti odabranog kamena. Planiranje detalja i svih spojeva je također nužan ali i koristan zadatak.



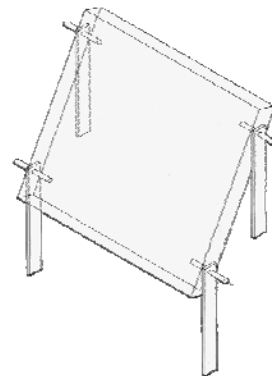
Pravila oblaganja

Prema navedenom njemačkom standardu učvršćenja kamenih obloga na vanjske zidove ventilirajućim obložnim sustavima mora biti verificirana od građevinskog inženjera ili druge kompetentne osobe. Potrebni su ispitni certifikati izdani od službenih laboratorija za ispitivanje materijala, koji specificiraju savojnu čvrstoću, dopuštena naprezanja oko bušotine trna i vremensku postojanost materijala. Debljina ploče i dimenzije trna, te njihov način montaže utvrđuju se na temelju podataka specifičnih za određeni materijal i očekivanih opterećenja vjetrom (vjetrovna zona, visina objekta, veća opterećenja na uglovima zgrade i slično)



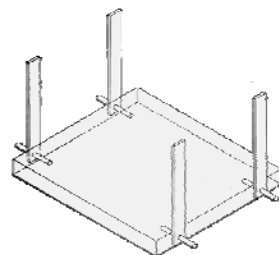
Debljina ploča

Minimalna propisana debljina ploča iznosi 30mm (DIN); za ploče koje od vertikale odstupaju za više od 60° zahtjeva se minimalno 40mm. Mora se uzeti u obzir mogućnost stalnog i dinamičkog opterećenja za ploče koje od horizontale odstupaju do 15°.



Učvršćivanje ploča

Kamene se ploče učvršćivaju s najmanje tri, obično četiri sidra, od kojih su obično dva nosiva a dva pridržavajuća. Mogu biti sidrene u vertikalnim ili horizontalnim reškama. Pri sidrenju u vertikalnoj reški, donja, nosiva sidra preuzimaju masu kamene ploče, opterećenje vjetrom i trenje zbog klizanja u bušotinama trna. Gornja sidra su pridržavajuća, te su osim opterećenja vjetrom, naprezana i vertikalnim pomicanjima izazvanim toplinskim promjenama.



Ploče se sidre u horizontalnim reškama posebice duž uskih zidnih pojasa i stupova. Dva donja sidra nose masu kamene ploče, dok su dva gornja pridržavajuća. Nosiva su sidra zbog termičkih promjena naprezana i u horizontalnom smjeru. Točke u kojima se ploče pričvršćuju i načini sidrenja moraju biti izabrani na taj način da omoguće toplinski rad ploča bez pojave dodatnih naprezanja. Zbog naprezanja izazvanih djelovanjem vjetra i toplinskim promjenama ograničene su visine kamenih ploča.

Trnovi nosivih i pridržavajućih sidara moraju biti uvučeni otprilike 25 mm u rupu koja se buši u rubovima ploča i čiji je profil za 1.5-3 mm veći od promjera trna. Veza kamene ploče i trnova izvodi se kao klizni i fiksni ležaj. Fiksni se ležaj izvodi zapunjavanjem prostora oko trna ljepilom, dok se klizni ležaj izvodi postavljanjem plastičnog tuljca na trn. Tuljac pridržava trn u bušotini i omogućuje klizanje uzrokovano temperaturnim radom kamenog opločenja.

Razmak od ruba bušotine do površine panela ne bi smio biti manji od 10 mm. Preporučena udaljenost od sredine trna do ruba ploče iznosi 2.5 širina ploče. Sva sidra bi trebala biti izvedene od nehrđajućeg čelika zahtijevane kakvoće.

Točkasto učvršćenje, koje podrazumijeva oslanjanje ploča na 2 nosiva i 2 pridržavajuća sidra, je gotovo izostatično, s obzirom da su u pravilu samo 3 točke oslanjanja djelotvorne. Kod točkastog načina oslanjanja javljaju se znatno manja naprezanja u kamenom elementu nego kod kontinuiranog. Kontinuirano oslanjanje izvodi se primjenom metalnih okvira koji se postavljaju na rubovima kamenih elemenata. Na taj način je kamen više vezan za potporu te mora slijediti sve deformacije konstrukcije uslijed temperaturnih promjena. Uz ova dva načina postavljanja, pri oblaganju elemenata kod kojih je temperaturna dilatacija neznatna, kamena ploče se mogu učvršćivati lijepljenjem izravno na podlogu ili na posebne panele s ugrađenim podupiračima.²⁰

Reške

Reške trebaju osigurati nesmetan smještaj sidara te biti dovoljno velike da preuzmu dopuštena odstupanja dimenzija ploča i moguće pomake, kako bi se spriječio kontakt ploča, odnosno prijenos opterećenja sa viših ploča na niže. Potrebna širina reški je stoga obično 8 (10) mm.

U slučaju otvorenih reški, treba osigurati zaštitu od procijeđene kiše posebnim konstruktivnim detaljima (korištenjem laminiranog izolacijskog materijala). Treba osigurati otjecanja procijeđene vode na najnižoj točki fasade.

Materijali koji se u nekim slučajevima koriste za brtvljenje reški moraju imati – i zadržati – dostatnu elastičnost, i u praksi prihvaćati pomake od 20-25% (u odnosu na širinu reški).

Ventilirajuća šupljina

Osiguravanje zračnog sloja između fasadne obloge i vanjske površine zida, odnosno termalne izolacije, je potrebno primarno iz razloga kontrole vlažnosti; treba omogućiti procjeđivanje oborina koje prodiru izvana ali i kondenzirane vlage na stražnjoj površini ploča. Uz to, odmicanjem obloga i zida sprječava se kapilarno upijanje vlage. Prema nekim studijama, ovaj način oblaganja uz to smanjuje gubitak topline jer se zračni prostor ponaša kao tampon zona s temperaturom obično 3°C većom od temperature vanjskog zraka.

Ventilirajući sloj smanjuje i dodatna naprezanja u ploči koja bi se inače javljala uslijed znatnih razlika u temperaturi između vanjske (izložene), i unutarnje (zaštićene) strane.

Ovi zahtjevi su obično ispunjeni zračnim slojem ne užim od 20 mm (istake različitih vrsta sidara, od površine nosive konstrukcije, iznose obično 20-200 mm). Pri dimenzioniranju zračne šupljine, treba uzeti u obzir dopuštene dimenzionalne i ravninske tolerancije za zidove i ploče, izolacijske i obložne panele, kao i potencijalno širenje vlaknastih izolacijskih materijala.

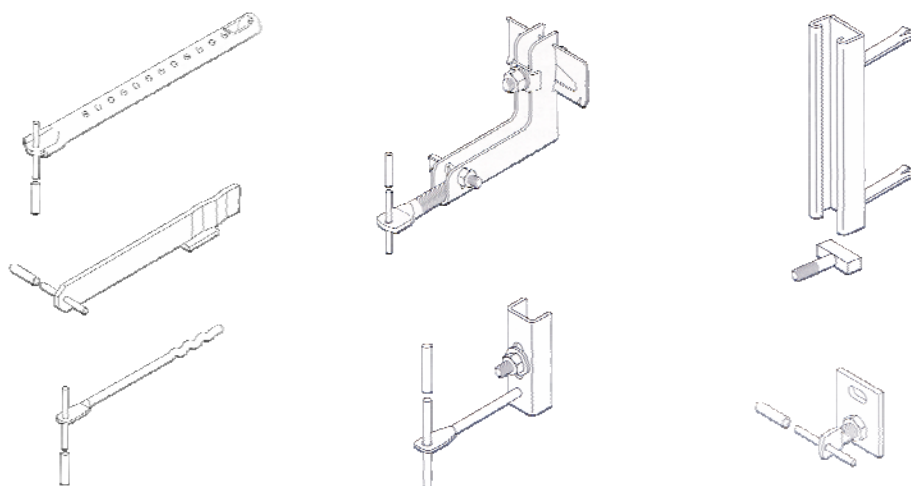
Ventilacijski otvori za ulaz i izlaz zraka, postavljeni na najnižoj i najvišoj točki bi prema DIN-u trebali imati površinu od 50 cm² po 1 m dužine zida (DIN 18516) uz određena u propisu navedena ograničenja i potrebe osiguranja većih površina. Prozračnost ovog prostora, s druge strane, ne bi se trebalo nepotrebno niti pojačavati, jer bi to dovelo do neželjenih toplinskih gubitaka.

Prije postavljanja obloge, sve priključene komponente poput okvira prozora i vrata moraju već biti postavljene s nužnom zvučnom i toplinskom izolacijom, i zabrtvljene kako bi se spriječio prolazak zraka ili kiše.

Sidra

Vrsta i veličina sidara ovisi o formatu i težini obložnih ploča, njihovoj udaljenosti od nosive konstrukcije, te materijalu u kojem je ova konstrukcija izvedena. Da bi zid koristili kao oslonac pri sidrenju on mora zadovoljavati određene minimalne zahtjeve, prema materijalu od kojeg je izgrađen. Tako su u [4] dani osnovni zahtjevi za zidove od betona i različitih zidarskih elemenata.

Uobičajeni tipovi sidara kod sidrenja mokrim postupkom su do sada bili uglavnom plosnata oblika, a bili su postavljani u vertikalnim reškama, tako da su trnovi stajali horizontalno, ili bi se postavljali vertikalno, u horizontalnim reškama, na način da bi se sidra uvrtila. Ova plosnata sidra su i dalje dostupna, ali se ipak manje koriste. Razlog tomu je što su se cjevasta sidra čvrsto etablirala na tržištu. Njihovi okrugli poprečni presjeci omogućuju im da budu zakrenuti tako da zadovolje svaki slučaj opterećenja, za sidrenje im je obično potrebna manja rupa u nosivoj konstrukciji (otprilike 35 mm u promjeru), a uz to ne postoji niti opasnost od njihovog iskrivljavanja ili uvrtnja pri montaži. Na taj način ostvaruju znatno pouzdanija svojstva nosivosti od čeličnih plosnatih sidara koja moraju biti apsolutno verikalna da bi jamčila optimalnu nosivost.



Slika 5.2.1 Izgled standardnih vrsta sidara karakterističnih za različite sustave učvršćivanja ploča

Svi sistemi preko podesivosti sidara moraju moći preuzeti dopuštena dimenzijska odstupanja u sva tri smjera. Uobičajeni sistemi uključuju trnove koji se žbukaju, navojna sidra i varena sidra. Uz trnove koje se koriste u ovim sistemima, sidrenje se izvodi i razupornim vijcima na stražnjoj strani ploče, a ponekad i vijcima koji prolaze

kroz ploču. Vrlo detaljan prikaz različitih sustava sidrenja, vrsta sidara i načina izvođenja fasadnih obloga dan je u [2].

Popravci

Oštećenja kamenih fasada mogu biti uzrokovana različitim utjecajima, i shodno tome se javljati u mnogim oblicima. Oštećenja mogu biti na samim pločama, uzrokovana mehaničkim utjecajima, i manifestirana u vidu trošenja, pukotina, odlomljavanja djelova, lomljenja ploča i slično, ili uzrokovana fizikalno-kemijskim i vremenskim utjecajima, poput mraza, kemijskih agenasa i bioloških čimbenika, te onečišćenja; ali isto tako može doći do oštećenja potporne konstrukcije, sidara ili trnova. U knjizi *Detali practice: Dressed stone* dano je nekoliko primjera mogućih postupaka zamjene oštećene obložne ploče koja je bila učvršćena sa mortom fiksiranim trnovima.

Onečišćenje

Poput svih materijala, i kamene fasade su podložne prirodnim, složenim vremenskim utjecajima. Nakupine prašine i nečistoća sastoje se od čestica kvarca, kalcita, gipsa, gline i čađe koje su djelovanjem vjetra nanešene na kamen. Ove čestice koje se nalaze u atmosferi inicijalno izazivaju prljanje površina, ali ovisno o karakteristikama samog kamena mogu izazvati u površinske promjene. Ovim utjecajima značajnije su podložni vapnenci i pješčenjaci.

Patinavanje

Oštećen izgled može biti posljedica čestica koje se vežu trajno za površinu, ali i promjena svojstava same površine urokovane, primjerice, djelovanjem vlage ili različitim kemijskim reakcijama. Pored toga, promjena boje površine može biti uzrokovana djelovanjem sunčevog svjetla, kiše i vjetra, koji obično dovode do izbljeđivanja (rijetko potamnjene) karakteriziranog postupnim prijelazima. Proces patinavanja kamena, obično se manifestira kao pozitivan proces starenja, jer pojačava karakter kamena kao prirodnog materijala i njegovog trodimenzionalnog izgleda.

Trošenje

Ako je dio materijala ispran ili se počmu pojavljivati inkluzije usljed raspadanje cementnog matriksa – kao posljedice efekata kiselih kiša, ispušnih plinova ili drugih kemikalija – površina doživljava zamjetne promjene. Proces starenja ovisi o okolini (klima, orijentacija objekta), visini građevine, vrsti kamena, temperaturi zraka i radijaciji, kvaliteti zraka i tračnim strujama, vlažnosti zraka, česticama i organizmima u zraku i vodi, i izloženosti i kutu postavljanja obložnih ploča. Stoga ovo rezultira različitim procesima trošenja, čak i u sklopu iste fasade, koji se mogu odvijati dugi niz godina.

Ove posljedice moguće je umanjiti određenim konstruktivnim rješenjima u vidu vijenaca, raznih profila i zaštitnih forma, i pažljive odvodnje oborinskih voda, te tako spriječiti znatnije štete usljed trošenja kamena.

Vrlo je bitan i način obrade površina: grubo, sječeno ili kalano, te ručno obrađene površine su podložnije nego brušene i polirane. Tvrde stijene su (poput granita) su zamjetno otpornije na procese starenja i trošenja.

Rješavanje detalja

U knjizi *Detali practice: Dressed stone* dan je vrlo pregledan prikaz načina rješavanja različitih detalja pri razradi kamene obloge. Uz detaljnja objašnjenja za pojedine slučajeve, dani su detalji oblaganja uglova, stupova, nadvoja i parapeta.

5.3. KAMENI ZIDOVI



FASADNE OBLOGE OD MASIVNIH KAMENIH ELEMENATA

Izvođenje kamenih obloga pločama većih debljina daje objektu izgled identičan klasičnom načinu građenja kamenim klesancima uz zamjetnu uštedu materijala. Ovakav način gradnje omogućava skladno uklapanje novih objekata u jasno formirane stare urbanističke cjeline građene u kamenu, te bi u cilju očuvanja jasnoće vizura tih lokacija politikom prostornog uređenja trebalo osigurati takve lokacijske zahtjeve koji bi usmjeravali na oblaganje masivnijim kamenim elementima, pa čak i predviđali određena sredstva kojima bi se ovakva gradnja poticala.

Primjer takve izgradnje specifičan je za Englesku, gdje je klasična izgradnja zidova zgrada klesancima od kamena tradicija, te se ne dozvoljavaju interpolacije građevina obloženih tankim kamenim pločama. Oblaganje novih objekata izvodi se masivnim kamenim pločama, koji se vežu za nosivu armirano-betonsku konstrukciju, dok se zidovi izvode od elementima od pečene gline. Ovakva kamena obloga izvodi se, kao i kod tankih kamenih obloga, sa sidrenjem sidrima od nehrđajućeg čelika u nosivu konstrukciju, pri čemu se sidri svaki element uz osiguranje prozračivanja iza obloge i potrebnom toplinskom zaštitom nosivog zida.

Kameni materijal koji se primjenjuje je tradicionalni lokalni pješčenjak rabljen i u prošlosti pri gradnji. Suprotno mnogim proizvodima manufakture prirodni pješčenjak nije ograničen normiranim opsegom proizvoda i veličine (postoje jedino mala ograničenja u oblikovanju). Zbog toga je moguće ostvariti i detaljirati bilo koji zahtijevani oblik, profilirani presjek, te finalnu obradu površine. Pored tradicijske uvjetovanosti ovakvog načina gradnje, bitan razlog korištenja masivnijih kamenih ploča pri oblaganju je i nemogućnost primjene pješčenjaka kao tanke kamene obloge. Najmanje debljine pješčenjaka, kako ih koriste u Engleskoj, ovise o položaju kamena u građevini, te za vanjska oblaganja kamenom na visini manjoj od 3.7 m od tla iznose 30 mm (najmanja debljina kamena iza trna pritom mora biti 25 mm), a za veće visine iznose 75 mm²².

VELIČINA KLESANACA. U nekim kamenolomima mogu se vaditi blokovi visoki do 150 cm iz kojih bi bilo moguće proizvoditi masivne pločaste elemente (u daljnjem tekstu: klesance) debljine 10 cm, a dužine i do 300 cm. Uporaba klesanaca te veličine na fasadnoj je oblozi nepraktična i nepreporučljiva, ali isto tako treba uzeti u obzir da primjena suviše malih kamenih elemenata povećava cijenu zbog većih troškova poliranja i ugrađivanja.

Praksa u primjeni uvjetuje da klesanci (deblje kamene ploče) u zidu moraju ležati u svom prirodnom položaju, s horizontalno položenim slojnim plohama. Prihvaćajući ovo načelo za lakšu konstrukciju kamene obloge uobičajeni se klesanci proizvode u rasponu od 20 do približno 40 cm. Dužina klesanaca redovito se prilagođava ranije izvedenim građevinama.

SIDRENJE KLESANACA. Kamene klesance kao obloge sirove građevine treba osigurati čvrstom vezom s nosivim zidom. Kamena obloga ima vlastitu težinu. Ona je odvojena od nosive konstrukcije ventilirajućim slojem zraka. Kamenu obloženu konstrukciju, njezinu stabilnost i sigurnost, osiguravamo s pridržavajućim sidrima od nehrđajućeg čelika koji se mokrim postupkom s cementnim mortom ugrađuju u nosivu konstrukciju građevine, a u klesancima ugrađuje trnovima u bušotinu u kamenu.

Za dimenzioniranje sidrenja koje treba osigurati stabilnost i sigurnost kamene konstrukcije klesanaca potrebno je izraditi statički račun. Račun pored težine same

kamene obloge treba uzeti u obzir i utjecaj pritiska i isisavanja vjetra kao i toplinski utjecaj obloge.

IZGLED REŠKI. Tip reške i izgled ovisi o veličini, debljini i površini finalno obrađenog kamena, kao i njegovom mjestu u građevini, a ovisno o okolišnim uvjetima i željenim estetskim efektima. Reške u zidu od pješčenjaka izvode se s produžnim mortom. Površinski mort reške koji se završno obrađuje nakon izvedbe kamene obloge mora biti otporan na mraz, a imat čvrstoću kao i mort u reški. Konzistencija morta mora osigurati očuvanje lica kamene obloge od prljanja mortom. Produžni je mort sastava 1:1:5-6 dijelova (dio cementa, dio vapna i 5-6 dijelova agregata). Širina reške u oblaganju klesancima je 5.0 mm. Za zidove od kamena kojima su lica grubo obrađena je do 10 mm. Maksimalna debljina morta u reški je 13 mm. Prema debljini reške određuje se maksimalna veličina zrna agregata.

DILATACIJE. Ugrađena kamena obloga i građevina podložni su promjenama dimenzija. Deformacije i promjene oblika kamena provjetravane obloge pročelja pri hlađenju, sušenju, zagrijavanju i vlaženju moraju se kompenzirati u reškama i sidrima. Promjene koje nastaju po visini građevine prilagođene su izvedbom zbijenih reški. Promjene po dužini građevine uslijed djelovanja toplinskog utjecaja neutraliziraju se izvedbom dilatacijskih reski.

Zbijene reške

Zbijena reška je horizontalna reška ispunjena produžnim mortom. Zadatak joj je da prenosi vertikalno opterećenje i da prima vertikalno skraćivanje kamene obloge, te da spriječi prijenos sila koje djeluju na oblogu na nosivu konstrukciju građevine.

Na nivou svakog kata posebno osigurava se u kamenoj oblozi preuzimanje opterećenja visine kata izvođenjem zbijenih reški. Širina reške mora se izračunati za maksimalnu visinu kata, i za skraćivanje kamene obloge uslijed svih utjecaja.

U obzir treba uzeti stišljivost reški i ispune u njoj pod cijelim opterećenjem. Preporuka je da se zbijena reška izvodi minimalne širine 15 mm, iako račun može pokazati da se može izvesti i manje široka. Reška se ostavlja tako dugo, koliko je to moguće. Materijal za zbijenu rešku mora biti odgovarajuće stišljivosti i sastojati se samo od veziva i agregata.

Reške za osiguranje toplinske dilatacije.

U projekt oblaganja obvezno je uključiti i dilatacijske reške kako bi se osigurao toplinski rad kamene obloge. Dilatacijska se reška izvodi vertikalno, među klesancima od pješčenjaka, i projektira se na udaljenostima 1.5 i 3.0 m od uglova ponavljanjem reški nakon ne ispod 6.0 m. Ispuna reški mora biti odabrana da osigura odgovarajući toplinski dilatacijski rad. Preporuča se minimalna širina reške od 10 mm za svakih 6,0 m dužine kamene obloge.

Na način sličan ovdje opisanom bi se u našim krajevima mogao koristiti slojeviti vapnenac. Umjesto ovakvog načina gradnje, kod nas se pročelja stambenih objekata često oblažu bunjom (pločama kamena dobivenim cijepanjem vapnenaca okomito na slojne ploha). U ponudi naših kamenarski poduzeća nalaze se masivni kameni elementi različitih dimenzija namijenjeni ovakvim sustavima oblaganja, a njihovi oblici, dimenzije i načini površinske obrade dani su u prilogu 7.5.

Detaljan prikaz mogućnosti i pravila gradnje kamenih zidova dan je u [21] i [2], a popis tehničke regulative koja se odnosi na zidane konstrukcije dan je u poglavlju 5.8.

5.4. KAMENI KROVOVI



KAMENI KROVOVI

Tanke su kamene ploče od davnih vremena, ponajprije u mediteranskom području, korištene za pokrivanje krovova rustikalnih objekata (kažuna, bunja), ali i većih građevina, hramova, kuća i zgrada.

Krovovi pokriveni tankim vapnenačkim kamenim pločama cijepanim duž prirodnih diskontinuiteta (slojnih ploha), predstavljaju autohtonu oblikovnu značajku dalmatinske arhitekture. Njihova primjena izvire iz tradicije starohrvatskog graditeljstva, a potisnuti su iz veće uporabe tek u prošlom stoljeću.

Pokrov od kamenih ploča dao je vizualni pečat starohrvatskoj arhitekturi, međutim do naših dana ostale su sačuvane samo sakralne građevine predromaničke dobi koje nisu bile građene suhozidno kao stambena arhitektura toga vremena. Krovovi ovih crkvice odlikuju se preciznom izvedbom kod koje su se kamene ploče slagale s dvostrukim preklapom. Takav način prekrivanja stvarao je teksturu krova s naglašenom pravilnošću složenih redova kamenih ploča, ali se zbog toga što iziskuje dvostruko više ploča i puno više rada nije koristio u stambenoj gradnji. Jednostruko prekrivanje kamenim pločama korišteno je i tada na način kako je tradicijom do danas sačuvano u pučkoj arhitekturi Dalmacije. Obično bi se vapnenačke ploče na krovu bijelile vapnom što je imalo dvojaku ulogu: tanki sloj vapna na površini ploča bi se djelovanjem ugljičnog dioksida iz zraka pretvarao u kalcit, čime se sprječavalo korozivno djelovanje atmosferilija na vapnenac, a bjelilo premaza bi, uz to, u žarkim ljetnim danima smanjivalo zagrijavanje kamene krovne konstrukcije.

Ovako izvedeni krovovi koji su ostali očuvani, i danas krasi i upotpunjuju vizure brojnih malih primorskih mjesta. Posebno impresivno izgledaju krovovi u Ložišćima i Škripu na otoku Braču, dok poneki ovako izgrađen krov koji je ostao očuvan u većim mjestima svojom bjelinom daje zanimljiv kontrast crvenilu krovniha kanalic. Kamene krovovi pustinjačkih samostana otoka Brača, koji su neobičan spoj pučke arhitekture i srednjoeuropske graditeljske tradicije, a svoj današnji oblik stekli su krajem 19. stoljeća, daju osobitu čar vizurama toga otoka.

Pored redovite djelatnosti Zavoda za zaštitu spomenika kulture, čiji su zahvati donijeli na desetke novih (obnovljenih) kamenih krovova, postoje i nastojanja za očuvanjem tradicije gradnje izvedbom ovih konstrukcija i na novim objektima. Danas se kamene krovove izvode od prirodno formiranih ili strojno piljenih i oblikovanih ploča, koje se ovisno o mogućnostima hidroizolacije podložnih slojeva slažu s jednostrukim ili dvostrukim preklapom, na betonskoj krovnoj podlozi ili drvenoj nosivoj konstrukciji. Primjena kosih betonskih krovniha konstrukcija koje se danas rade u velikom broju, uz upotrebu adekvatnih hidroizolacijskih slojeva, u potpunosti otklanja sve nedostatke kamenog pokrova (težina, eventualna vodopropusnost), te nudi suvremenom oblikovanju ponovnu mogućnost primjene bijelih krovova u mediteranskom (krškom) pejzažu.

U nekim zemljama dugu tradiciju pokrivanja krovova ima primjena ploča od argilošista (krovovca) koji se zbog svoje izražene škrljave tekstura lako cijepa u ploče debljine 4-10 mm, dimenzija 20-40 x 30-60 cm. Vodnepropusnost, otpornost na smrzavanje, slaba provodljivost topline i vremenska trajnost, argilošistu daju prednost pred nekim industrijskim proizvodima. O dodatnoj literaturi, načinima upotrebe i svojstvima argilošista možete naći više u knjizi Građenje prirodnim kamenom [2].

U programu rada tehničkog odbora Proizvodi za oblaganje krovova i zidova (HZN/TO 525) je usvajanje europskih norma koje se odnose na specifikacije (EN 12326-1:2004) i metode testiranja (EN 12326-2:2000) proizvoda od škrljavaca i kamena za diskontinuirano pokrivanje krovova i oblaganje.

5.5. OSTALE MOGUĆNOSTI PRIMJENE PRIRODNOG KAMENA



RUSTIKALNO GRADITELJSTVO[†]. Izlaganje o građenju prirodnim kamenom treba početi rustikalnim graditeljstvom, stvaralaštvom radišnih i ponosnih ljudskih ruku koje su se stopile sa prirodnim okolišem i formirale vizure krajolika našeg krškog područja. Značajke tih prostora su u suho od kamena naslagane *ograde* koje kao mreža pokrivaju danas pretežno zapuštene obronke. Te su ograde, građene i na danas iznimno nedostupnim predjelima, građene ondje gdje je nekada bilo obrađivano zemljište. Kod velikih zemljišnih čestica izvađeno kamenje se stavljalo na kupove, *gromile*, a u ogradama, a češće u nevisokim gromilama suhozidom izrađivale male prostorije koje su prekrivane sitnim kamenjem. Te uglavnom skromne građevine ruralnog okoliša, su kod nas poznate kao kažuni, bunje, ćemeri ili poljarice; građevine slične po oblicima a različito lokalno nazivane.

KAMENI VIJENCI. Na građevinama sa zidovima od kamena, zidovima obloženim kamenim pločama i zidovima od pečene gline (fasadne opeke) vijenci su više ili manje izražene horizontalne pločaste istake. Imaju dekorativnu namjenu, a ujedno služe i za zaštitu nižih vertikalnih ploha pročelja od oborina.

KAMENI OKVIRI. Okviri za prozore i vrata su se od davnina ugrađivali u objekte svih namjena u našem krškom području. Bili su obrađeni jednostavno, ali nerijetko i umjetnički profilirani. U ostalim našim krajevima okviri od kamena nekoć su se primjenjivali isključivo na pročeljima monumentalnih zgrada i objekata javne namjene, dok im je danas primjena znatno šira.

POLAGANJE STUBA NA VANJSKIM POVRŠINAMA. Visinske se razlike na javnim površinama, trgovima, parkovima, šetalištima i vrtovima savladavaju stubama. Značajka su mediteranskog dijela hrvatske u čestim vrlo strmim usponima kamena stubišta s odmaralištima. Kamen za stube mora biti otporan na habanje, smrzavanje i na agresivno djelovanje kiselih atmosferilija, te soli (kada se njome vrši posipavanje u zimskom periodu; za što je onda od gustih vapnenaca ipak povoljniji kamen silikatnog sastava). Da bi se spriječilo klizanje, preporuča se ozrnjavanje površina stuba od vapnenca, dok površine stuba od kamena silikatnog sastava mogu biti paljene.

Uz detaljnije podatke o gore navedenim načinima primjene kamena u knjizi Građenje prirodnim kamenom možete pronaći više informacija i o izradi kamenih lukova, o kamenim sadržajima na vanjskim prostorima (fontane, kipovi, kamene klupe i stolovi, stupovi ulične rasvjete i slični elementi izrađeni od kamena), o primjeni kamena za popločenja krovnih terasa i balkona, za izradu kamenih žljebova i vodoriga, o kamenim stupovima i pilastrima, kamenim balustradama (vodoravnim ili kosim ogradama koje se sastoje od balustara, kratkih stupića između podnožne i pokrovne ploče), mostovima i akveduktima.

U knjizi su detaljnije obrađena i teme koje se odnose na: popločavanje vanjskih i unutrašnjih horizontalnih površina, oblaganje unutrašnjih vertikalnih površina, izradu kamenih stubišta, oblikovanje kamenih kamina i ostalih sadržaja u interijerima te arhitekturu groblja.

[†] DODATNA LITERATURA:

L.Lago: *Kažuni - kamena zdanja i krajolici središnje i južne Istre*, Pula, 1996.

F.Šrajer, A.Suić: *Mediteranska kamena kuća - tehnike gradnje i obnove*, Zagreb, 2006.

C.McRaven: *Building with ston*, Storey Publishing, LLC; Reprint edition, 1989.

5.6. ZAŠTITA GRADITELJSKE BAŠTINE



KONZERVATORSKO - RESTAURATORSKA DJELATNOST

Prema Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (NN 69/99, 151/03 i 157/03) poslove istraživanja, proučavanja, čuvanja, restauriranja, konzerviranja, održavanja, obnove, korištenja i prometa kulturnim dobrima mogu obavljati specijalizirane pravne i fizičke osobe. Rješenje kojim se dopušta obavljanje ovih poslova donosi Ministarstvo kulture.

Stručno osposobljenom za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara smatra se fizička osoba koja ima dopuštenje prema *Pravilniku o uvjetima za fizičke i pravne osobe radi dobivanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara*, pri čemu se za dobivanje dopuštenja traže: dokazi o stečenoj stručnoj spremi i dosadašnjem iskustvu u obavljanju poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, popis kulturnih dobara na kojima je osoba izvodila poslove, sa specifikacijom i dokumentacijom o izvršenju, opis tehničke opremljenosti za obavljanje poslova (poslovni prostor, popis strojeva, alata i opreme), te dokaz o upisu u odgovarajući registar, odnosno upisnik ili imenik (obrtnika, samostalnih umjetnika, ovlaštenih inženjera i dr.), ukoliko je podnositelj zahtjeva upisan.

Restauratorsko-konzervatorske poslove na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara mogu obavljati fizičke osobe koje imaju odgovarajuća stručna zvanja u konzervatorsko-restauratorskoj djelatnosti prema *Pravilniku o stručnim zvanjima u konzervatorsko-restauratorskoj djelatnosti te uvjetima i načinu njihova stjecanja*.

UVJETI ZA STJECANJE STRUČNOG ZVANJA *konzervator* su odgovarajuća visoka stručna sprema, dvije godine radnog iskustva u struci i položen stručni ispit za konzervatora. Uz pripadajuće stručno zvanje *konzervator* u pravilu se dodaje temeljni naziv struke (konzervator građevinar, konzervator arhitekt, konzervator povjesničar umjetnosti, konzervator arheolog i slično)

UVJETI ZA STJECANJE VIŠEG STRUČNOG ZVANJA *viši konzervator* ili *viši konzervator-restaurator* su najmanje pet godina obavljanja poslova konzervatora ili konzervatora-restauratora nakon položenog stručnog ispita za ovo stručno zvanje, uz uvjet da je u tom razdoblju dan vrijedan stručni doprinos, te objavljen zapažen broj stručnih radova iz područja konzervatorsko-restauratorske djelatnosti

Sredstva za održavanje i očuvanje kulturnog dobra osigurava vlasnik kulturnoga dobra, odnosno imatelj dobra ako dobro ne koristi vlasnik. Sredstva za zaštitu i očuvanje kulturnih dobara osiguravaju se i iz državnog proračuna, proračuna županija, odnosno jedinica lokalne uprave za kulturna dobra koja se nalaze na njihovom području, a u cijelosti za kulturna dobra stavljena pod zaštitu na temelju Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnog dobra, te iz donacija, naknada za koncesije i drugih izvora utvrđenih zakonskim propisima.

Potrebno je istaknuti da fizičke i pravne osobe, odnosno njihove poslovne jedinice, koje obavljaju gospodarsku djelatnost u nepokretnim kulturnim dobrima ili na području kulturno-povijesne cjeline, obračunavaju i plaćaju spomeničku rentu u visini 2% od ostvarenog dohotka, odnosno dobiti, kao rezultat iznimnih pogodnosti izravnog iskorištavanja kulturnoga dobra, a rentu u istom iznosu plaćaju i fizičke i pravne osobe koje obavljaju djelatnost ugostiteljstva i prijevoza putnika, te djelatnost luka nautičkog turizma. Sve to upućuje na znatna ukupna sredstva koje se izdvajaju za spomeničku baštinu te na velike mogućnosti ali i potrebe konzervacije i restauracije zaštićenih (kamenih) objekata.

AMBIJENTALNA VRIJEDNOST KAMENA

Kamen je definirao mjeru. Bio mjera. Modul arhitekture koja je oblikovala identitet. Stvorio je jedinstvene ambijente. Jedinstvene urbanističke i arhitektonske cjeline. Skladnost, jednostavnost i ljepota gradnje ostvarene u kamenu, tako izražena u očuvanim cjelinama naših brojnih malih mjesta i gradova, ostvarena je jer kamen ljudskoj naravi nije davao suviše slobode. Korišten kao zidni element sprječavao je vrlo subjektivna (osobna) tumačenja i zanemarivanja sklada i estetike. Bio je mjera ljudske taštine.



Arhitektura koja je oblikovala identitet. Mjera. Zapisano vrijeme

5.7. EKONOMSKI ASPEKTI KORIŠTENJA KAMENA U GRADITELJSTVU

Tržišna cijena pojedinih vrsta kamena uvelike ovisi o dekorativnosti kamena, arhitektonskim trendovima, raspoloživosti i standardnosti naručenih elemenata, i drugim elementima o kojima ovisi i udio troškova oblikovanja i obrade kamena u konačnoj cijeni. Troškovi obrade ovise uz to o tvrdoći kamena i traženim dimenzijama kamenih elemenata. Cijena gradnje kamene fasade također ovisi o dimenzijama ploča, uvjetima opterećenja i mogućim načinima učvršćivanja (ograničenja zahtjevima izvedbe i okoliša u kojem se gradi).

Sustavnije analize cijena kamena (usporedba cijena granita i vapnenaca, u ovisnosti o mogućnostima primjene), mogućnosti dobave, tržišnih trendova, troškova obrade kamena, troškova ugradnje kamena primjenom različitih sustava sidrenja kod oblaganja tankim kamenim pločama u usporedbi s troškovima oblaganja građevina masivnim kamenim elementima, i druge tehničko-ekonomske analize, zbog širokog raspona različitih vrsta materijala i finalnih proizvoda, prelaze vremenske i tematske okvire izrade ovog rada, te ovom prilikom neće biti detaljnije razrađene.

Vezano za mogućnost gradnje kamenih obloga od masivnih kamenih elemenata treba istaknuti da su u prosjeku za većinu naših vrsta kamena cijene kamenih elemenata širokih 12 cm u odnosu na ploče širine 2 cm otprilike 4 puta veće (a shodno tome i daljnje povećanje širine ne prati jednakom stopom i povećanje cijene).

Cijene gateriranih kamenih ploča debljine 3 cm kreću se ovisno o vrsti kamena (za kamen koji se vadi u Istri) od 20 do 56 eura.

Za razne mogućnosti dodatnih obrada površina kamena formirane su uglavnom standardne cijene potrebnih nadoplata, a kako ti iznosi mogu imati značajnu ulogu i usmjeriti proces donošenja odluka pri izboru kamena navedeni su u tablici 5.9.1

Tablica 5.9.1 Cijene potrebnih nadoplata za dodatnu obradu gateriranih kamenih ploča

DODATNA OBRADA					
Debljina ploče (cm)	Tip obrade	Nadoplata (EUR/m ²)	Debljina ploče (cm)	Tip obrade	Nadoplata (EUR/m ²)
2-7	brušenje gr. 60-320	3,0	2-7	paljeno antico	12,0
> 8	brušenje gr. 60-320	6,0	> 8	paljeno antico	16,0
2-7	kitovanje i poliranje	4,5		pjeskarenje (pločom)	7,0
> 8	kitovanje i poliranje	8,5	2-7	pjes. pločom + antiko	12,0
2-7	reziniranje i poliranje	6,0	> 8	pjes. pločom + antiko	16,0
> 8	reziniranje i poliranje	10,0		štokovano	6,0
	reziniranje	4,5	2-7	štokovano + antiko	11,0
2-7	antiko gr. 60-320	5,0	> 8	štokovano + antiko	15,0
> 8	antiko gr. 60-320	9,0		špicanje strojno	21,0
	paljeno	7,0		špicanje ručno	42,0

5.8. TEHNIČKA REGULATIVA

Potreba kontrole kvalitete u industriji kamena. Kontrola kvalitete finalnog proizvoda, kakva je u najvećem dijelu drugih industrija ozakonjena i dobro ustaljena, tek je posljednjih godina, donošenjem normi na europskoj razini, započela u kamenarstvu. Dok se primjena kamena ponajprije odnosila na lokalne materijale i tradicionalna rješenja kontrola kvalitete nije bila neophodna: graditelj se, u svom izboru, mogao jednostavno ravnati prema opažanjima i iskustvenom ponašanju kamena na izvedenim objektima.

Danas više nije tako. Trgovina arhitektonskog kamena poprima svjetske dimenzije. Stalno novi materijali pristižu iz dalekih zemalja, prerađuju se u Europi, i više nije moguće služiti se izravnim iskustvom da bi se predvidjelo njihovo ponašanje nakon ugradnje. S druge strane, da bi se bar djelomično nadoknadila izgubljena utakmica na tržištu s umjetnim materijalima, upravo je u tijeku nastojanje da se za mnoge primjene kamena iznađu sasvim nova konstruktivna rješenja. Spomenimo tako polirane i kalibrirane *marmete*, elemente za podignute podove, zatim višeslojne panele sastavljene od tankih kamenih ploča (debljine 5-10 mm i površine do 3 m²), na armaturu različitih tipova (aluminijske saće, pletivo od staklenih niti ili nehrđajućeg čelika). Takvi su proizvodi podložni strogim zahtjevima projekatanta i konstruktora, a težnja im je da se dade prednost kamenu kao alternativni za umjetne materijale. Oni trebaju podnijeti strože uvjete ispitivanja materijala u tijeku obrade i ugradnje u odnosu na tradicionalna rješenja, gdje se npr. primjenjuju ploče minimalne debljine 20 (30) mm. U ovakvoj izmijenjenoj situaciji postaje neophodna kontrola finalnog proizvoda.

Europski tehnički normativi²³. Stvaranjem jedinstvenog europskog tržišta pristupilo se usklađivanju različitih tehničkih normativa u zemljama EU kako bi se srušile ekonomske barijere. Pri tom je zakonodavno usklađivanje ograničeno samo na temeljne zahtjeve (bitna svojstva): nosivost i stabilnost, sigurnost od požara, zaštitu zdravlja, zaštitu potrošača i zaštitu okoliša. Temeljnim se zahtjevima određuju rezultati koje treba postići ili rizici i opasnosti s kojima se treba baviti, ali ovi zahtjevi ne specificiraju tehnička rješenja za tu svrhu. Stoga proizvođači moraju te široke temeljno odredbe pretovirit u tehnička rješenja. Jedan od najboljih načina da to učine je korištenje usklađenih europskih normi, kojima se daju moguća tehnička rješenja, a za čiju je izradu Povjerenstvo ovlastilo CEN: Europski odbor za normizaciju.

Norme imaju za cilj ostvarenje najveće moguće prednosti jedinstvenog unutarnjeg tržišta i omogućavanje pristupa što većem broju proizvođača tom tržištu, te stvaraju uvjete za usklađen sustav općih pravila u građevnoj industriji. Smatra se da je proizvod uporabljiv ako je sukladan s usklađenim normama ili europskim tehničkim dopuštenjem i dopušta se njihovo slobodno kretanje na tržištu EU. Proizvodi koji se smatraju upotrebljivima lako su prepoznatljivi jer nose znak Europske zajednice (CE).

POTVRĐIVANJE SUKLADNOSTI. Za potvrđivanje sukladnosti nekog proizvoda sa zahtjevima tehničkih specifikacija odgovoran je proizvođač. Sukladnost se utvrđuje ispitivanjem ili drugim dokazima na osnovi tehničkih specifikacija.

Potvrđivanje sukladnosti nekog proizvoda predviđa da proizvođač ima sustav kontrole tvorničke proizvodnje koji osigurava da je proizvodnja usklađena s odgovarajućim tehničkim specifikacijama (u ovom slučaju *izjavu o sukladnosti* izdaje proizvođač), ili da je dodatno, uz sustav kontrole tvorničke proizvodnje (za posebne proizvode navedene u odgovarajućim tehničkim specifikacijama), pri ocjeni i nadzoru

kontrole proizvodnje ili samog proizvoda uključeno i priznato certifikacijsko tijelo (koje izdaje *certifikat o sukladnosti*).

Izbor mjerodavnog postupka utvrđuje Komisija ovisno o važnosti proizvoda s obzirom na bitne zahtjeve (naročito što se tiče zdravlja i sigurnosti), prirodi proizvoda, utjecaju promjenjivosti značajka proizvoda na njegovu upotrebljivost, te podložnosti nedostacima pri izradi proizvoda. Tako utvrđen postupak navodi se u ovlastima i tehničkim specifikacijama (normama ili tehničkim dopuštenima).

Izjava o sukladnosti ili certifikat o sukladnosti ovlašćuje proizvođača da proizvod označi znakom CE. Država vodi brigu o pravilnoj (i dopuštenoj) upotrebi ovog znaka.

PRIZNATA TIJELA. Svaka država članica prijavljuje Komisiji popis svojih imenovanih certifikacijskih i nadzornih tijela i ispitnih laboratorija sa zadacima koje ona provode i proizvodima za koje su mjerodavni radi izdavanja tehničkih dopuštenja i potvrda o sukladnosti, odnosno nadzora i ispitivanja u skladu s ovom Smjernicom.

Tehnički propisi. Proces usklađivanja hrvatskih tehničkih propisa, norma i postupaka ocjene sukladnosti s međunarodnim pravilima predstavlja ključno tehničko pitanje bržeg uključivanja Hrvatske u međunarodne gospodarske integracije.

Donošenje tehničkih propisa kojima se razrađuju bitni zahtjevi za građevinu, a koji su predviđeni Zakonom o gradnji²⁴ omogućiti će zaokruživanje (i funkcioniranje) sustava. Tehnički propisi upućuju na norme, poglavito one koje se odnose na građevne proizvode.

Tehničkim propisima koji se odnose na građevne proizvode utvrđuju se tehnički zahtjevi i postupci ocjene sukladnosti pri stavljanju proizvoda na tržište, za proizvode za koje pravna ili fizička osoba koja stavlja proizvod na tržište ili u uporabu mora prije njihova stavljanja na tržište ili u uporabu:

- osigurati provedbu postupaka ocjene sukladnosti s propisanim tehničkim zahtjevima,
- izdati, odnosno osigurati izjavu o sukladnosti, izvješće o ispitivanju, potvrdu (certifikat) ili drugi dokument o sukladnosti,
- izraditi i čuvati tehničku dokumentaciju u propisanu opsegu, obliku i rokovima,
- osigurati označivanje s propisanim oznakama sukladnosti.

Ako se dokaže sukladnost hrvatskog proizvoda sa zahtjevima propisa, ovlaštena organizacija izdaje potvrdu (certifikat) o sukladnosti. Proizvod se onda označuje hrvatskim znakom sukladnosti C i stavlja u promet. Uz znak sukladnosti stavlja se broj ovlaštene organizacije koja je provela postupak ocjene sukladnosti proizvoda prema hrvatskim propisima.

Proizvodi koji se uvoze u Hrvatsku i nose CE oznaku ne priznaju se automatski kao sukladni hrvatskim propisima. Prema Zakonu o normizaciji, građevni proizvodi moraju proći postupak obaveznog ispitivanja i potvrđivanja (certifikacije) u organizacijama koje je ovlastio HZN. Ako uvoznik raspolaže izvještajem o ispitivanju iz inozemnog laboratorija koji udovoljava propisanim zahtjevima, taj mu se izvještaj priznaje, a proizvodu dodjeljuje potvrda (certifikat) o sukladnosti.

Proizvod se, prema Zakonu o općoj sigurnosti proizvoda, smatra sigurnim kad ispunjava sve zahtjeve sadržane u tehničkim propisima koji se na njega odnose.

Norme za prirodni kamen. Norme su dokumentirani, dobrovoljni sporazumi koji određuju kriterije za proizvode, usluge i procese. Stoga norme jamče prikladnost proizvoda i usluga za svrhu kojoj su namijenjeni, njihovu usporedivost i kompatibilnost. Norme nisu obvezujući dokumenti, no prihvaćanje i primjena normi Europske unije u zemljama kandidatkinjama jedan je od uvjeta za puno sudjelovanje

na jedinstvenom tržištu. Stoga je posebno važno za industrije zemalja kandidatkinja da imaju svijest o postojanju europskih normi i da ih primjenjuju.²⁵

Europske norme (EN) dijele se u tri skupine:

- norme za projektiranje/proračun (eurokodovi) koje za nosive konstrukcije i za glavne građevne materijale određuju djelovanja i postupke proračuna, oblikovanja pojedinosti i izvedbe.
- norme - specifikacije (norme proizvoda) koje daju brojčane vrijednosti svojstava koja se zahtijevaju od građevinskih proizvoda.
- norme za metode ispitivanja koje definiraju pojedine postupke, načine mjerenja i ispitnu opremu.

Hrvatski tehnički odbor za prirodni kamen HZN/TO196²⁶ djeluje pri Hrvatskom zavodu za norme. Odbor se bavi prihvaćanjem konačnih nacрта europskih normi u izvorniku. Temeljem prihvaćanja europske povlači se postojeća hrvatska norma. Radom odbora usvojen je niz normi koje se odnose na prirodni kamen, odnosno na specifikacije i zahtjeve za kamene proizvode te metode ispitivanja prirodnog kamena. Međutim, još uvijek ne postoje tehnički propisi koji bi upućivali na primjenu ovih normi, te definirali tehničke uvjete za projektiranje i izvedbu kamenih oblaganja (koji su bili obuhvaćeni normama koje su povučene).

Popis i pregled svi norma koje se odnose na prirodni kamen kao i detaljnije informacije o radu Tehničkih odbora i procesu normizacije dostupni su na internetskim stranicama i u Normoteci Hrvatskog zavoda za norme (www.hzn.hr).

Tehnički propisi i norme koje se odnose na primjenu kamena kao zidnog elementa.

TEHNIČKI PROPIS ZA ZIDANE KONSTRUKCIJE. Ovim se Tehničkim propisom u okviru ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu, propisuju tehnička svojstva za zidane konstrukcije u građevinama, tehnička svojstva građevnih proizvoda za zidanje (elemenata za zidanje), zahtjevi za projektiranje (sadržaj građevinskog projekta), zahtjevi za izvođenje radova, zahtjevi uporabljivosti, zahtjevi za održavanje, i drugi zahtjevi za zidane konstrukcije, te tehnička svojstva i drugi zahtjevi za građevne proizvode namijenjene ugradnji u zidanu konstrukciju (preko upućivanja na mjerodavne norme)

NORME. Normiranje zidanih konstrukcija, uključuje: pravila za projektiranje i izvedbu nearmiranih i armiranih zidanih konstrukcija; specifikacije i metode ispitivanja za zidne elemente (opečni, vapnenosilikatni, betonski, od porastog betona, umjetnog i prirodnog kamena); specifikacija i metode ispitivanja morta za ziđe; specifikacije i metode ispitivanja za pomoćne dijelove ziđa.

HRN EN 771-6-2006 Specifikacije za zidne elemente od prirodnog kamena
EUROKOD 6: projektiranje zidanih konstrukcija

1-1. dio: Opća pravila za zgrade -- Pravila za armirano i nearmirano ziđe

1-2. dio: Opća pravila -- Projektiranje konstrukcija na požarno djelovanje

1-3. dio: Opća pravila za zgrade -- Posebna pravila za bočna opterećenja

2.dio: Proračun, izbor materijala i izvedba ziđa

3.dio: Pojednostavnjene metode proračuna i jednostavna pravila za zidane konstrukcije

6. ZAKLJUČAK

Kamen je definirao mjeru. Bio mjera. Korišten kao zidni element kamen je bio modul arhitekture koja je oblikovala identitet brojnih gradova i urbanih naselja šireg jadranskog područja. Stvorio je jedinstvene ambijente, skladne urbanističke i arhitektonske cjeline. Pojavom suvremenih građevinskih materijala, arhitektonsko-građevni kamen gubi ulogu nosivog konstruktivnog elementa i preuzima ponajprije dekorativnu i zaštitnu ulogu. Međutim, dostignuta tehnološka razina i alati za oblikovanje kamena daleko su nadmašili prosječno viđenje mogućnosti kamenih oblika. Robotizirane žične pile mogu čitav kameni blok prošarati ravnom ili krivudavom pravčastom plohom raspilavanja, te izravno iz bloka izrađivati ploče i druga tijela sa zakrivljenim, pa čak i lomljenim površinama, te oponašati masive s manjim utroškom kamena. Sondažne pile koje ostvaruju rez valjkaste forme, omogućuju vađenje serije valjaka različitih promjera iz istog bloka i vađenje jednog komada iz drugog, umnožavajući tako za nekoliko puta korisni volumen, ostvarujući šuplja tijela i cijevi različite geometrije, koja predstavljaju novi olakšani masivni oblik, prikladan za mnogobrojne primjene u arhitekturi. Danas postoji čitav niz potpuno automatiziranih strojeva koji se pridružuju procesu obrade nudeći nove mogućnosti primjene kamena u graditeljstvu.

Proizvod kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena je masivni blok, te se kakvoća kamena ne može razdvojiti od strukturnog sklopa njegovog ležišta. Kamen je prirodan materijal, iznimno bogate pojavnosti i dekorativnosti, širokog područja primjene. U Hrvatskoj se vadi velik broj varijeteta različitih vapnenaca i karbonatnih klastita, a gotovo svi aktivni kamenolom nalaze se u Dalmaciji i Istri. Posebno su cijenjeni, na svjetskom tržištu rijetki, bijeli varijeteti jednolikog izgleda. Pored njih postoji čitav niz vrsta vrlo dekorativnog izgleda koje uz pravilno projektiranje nude široke mogućnosti primjene, te uz danas dostupne načine zaštite mogu dobrim dijelom konkurirati uvoznim (silikatnim) vrstama arhitektonsko-građevnog kamena.

Dok se primjena kamena ponajprije odnosila na lokalne materijale i tradicionalna rješenja kontrola kvalitete nije bila neophodna: graditelj se, u svom izboru, mogao jednostavno ravnati prema opažanjima i iskustvenom ponašanju kamena na izvedenim objektima. Danas više nije tako. Kontrola kvalitete finalnog proizvoda, kakva je u najvećem dijelu drugih industrija ozakonjena i dobro ustaljena, tek je posljednjih godina, donošenjem normi na europskoj razini, započela u kamenarstvu.

Obzirom na potencijal, rezerve, kapacitete i mogućnosti plasiranja proizvoda na domaće i strano tržište, arhitektonsko-građevni kamen spada među značajnije privredne resurse. Prema eksploatiranim količinama u ukupnoj proizvodnji čvrstih mineralnih sirovina sudjeluje samo 1%, ali to čini čak 22% ukupne tržišne vrijednosti eksploatiranih sirovina.

Otvaranje novih eksploatacijskih polja u znatnoj je mjeri uvjetovano prostorno-planskom dokumentacijom pri donošenju koje ova djelatnost nikako ne bi smjela biti zanemarena. Podloga izradi prostornih planova trebale bi biti detaljne geološke karte, sa ispitanim ležištima mineralnih sirovina, prema kojima bi se dugoročno planirao razvoj prostora, te ostavljala mogućnost njihova iskorištavanja. Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama, čije je donošenje u zakonskoj proceduri, trebala bi dati jasne smjernice i omogućiti razvoj kamenarske industrije, a time i kvalitetnije primjene kamena u graditeljstvu.

Zbog velikog broja bitnih faktora koji povezuju procese dobivanja, obrade i gradnje, za kvalitetno projektiranje u kamenu potrebna su široka (i specijalizirana) stručna znanja. Sve navedene specifičnosti kamena navode na potrebnu sustavnog i

multidisciplinarnog pristupa primjeni kamena u graditeljstvu kako bi se izbjegle degradacije kamenih površina, odnosno estetska i funkcionalna oštećenja izvedenih objekata. S tim u vezi postavlja se pitanje kvalitete projekata kamenih oblaganja (i potrebe stručne revizije), te stručnog nadzora nad izvedbom radova oblaganja, ali i nužnosti dodatnog školovanja i specijalizacije stručnog kadra za radove s prirodnim kamenom². To sve ukazuje na potrebu donošenja tehničkog propisa kojim bi se obuhvatilo: zahtjeve u vezi sadržaja projekta kamene fasade, pravila izvođenja radova montaže i učvršćivanja ploča (pravila struke za oblaganja po raznim sistemima), te načine rješavanja različitih karakterističnih detalja. Upravo stoga, u knjizi *Građenje prirodnim kamenom* autor daje *Smjernice za postavljanje i polaganje prirodnog kamena* koje služe za praktično izvođenje i osiguranje sigurnosti rada i stabilnosti izvedenih radova, daju sažete spoznaje i dugogodišnja iskustva članova Odbora za prirodni kamen pri HZN, te su bitna pretpostavka za normiranje postojećih postupaka oblaganja.

U proteklih nekoliko mjeseci saznao sam mnoštvo detalja o svojstvima, vađenju, obradi i ugradnji kamena, a još ljepše od tog, otkrio mnoga nova pitanja. Bio je užitak i izazov preko jedne naizgled uske teme, samo jednog materijala, (pokušati) povezati tako široko područje. Geologija i petrologija, rudarstvo, tehnologija obrade, zaštita baštine, klesarstvo, dizajn, arhitektura i graditeljstvo.

7. PRILOZI

7.1. KLASIFIKACIJA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

U praktičnoj primjeni uglavnom se ne koristi genetska klasifikacija stijena (klasifikacija po postanku), već razne pojednostavljene, komercijalne klasifikacije. One se dijelom temelje na petrološkim značajkama stijena, a znatno više uključuju značajke kamena s gledišta fizičko-mehaničkih svojstava, obradivosti, namjene i trajnosti nakon ugrađivanja. U svim tim podjelama osnovu čine grupe graniti i mramori, koje obuhvaćaju i one stijene koje često s geološkog i petrološkog gledišta ne pripadaju ovim prirodnim tvorevinama.

7.1.1 Proširena i praktična podjela

Proširena i praktična podjela stijena (prema Bilbiji)² koje se upotrebljavaju kao arhitektonski kamen temelji se djelomice na petrološkim značajkama stijena, ali uključuje i značajke kamena s gledišta fizičko mehaničkih svojstava, obradivosti, primjene i trajnosti nakon ugrađivanja. Stijene su podijeljene u sedam skupina, a skupina mramor sadrži četiri podskupine.

GRANITI. Ova skupina ujedinjuje sve izrazito tvrde silikatne stijene za obradu kojih se koristi tehnologija obrade granita. Zajedničko im je svojstvo trajnost i nepromjenjivost izgleda, što vrijedi čak i za obojene varijetete koji sadrže stabilne prirodne pigmente. Najvećim dijelom glačaju se i poliraju do visokog sjaja, ali mogu biti obrađeni i na druge načine. S obzirom na fizičko-mehanička svojstva imaju široku primjenu, te se svestrano koriste za oblaganje horizontalnih i vertikalnih površina eksterijera i interijera, za spomen-obilježja i arhitekturu groblja.

Kvarcit. Iz grupe granita se zbog svoje izrazite tvrdoće, odnosno visokog sadržaja kvarca, u novije vrijeme izdvaja i u posebnu samostalnu grupu svrstava kvarcit, metamorfna stijena nastala kontaktnom ili dinamotermalnom metamorfozom pješčenjaka i rožnjaca. Čisti kvarciti se sastoje gotovo samo od kremena, dok su prijelazni oblici sastavljeni od zrnastog kvarca (kremena) s mjestimično manje ili više liskuna ili tinjca, te ostalih primjesa. Temeljna im je značajka velika statička čvrstoća, kako zbog čvrstoće samog kremena, tako i zbog zrnaste strukture, koja je zubičasta, upravo kao i u mramora. To su kemijski i na visokim temperaturama veoma otporne stijene. Porozne vrste kvarcita su laganije i veoma otporne na atmosferilije. Mogu biti sivobijele, žućkaste i smeđe boje.

MRAMORI. Ova skupina ujedinjuje kategorije tvrdih i srednje tvrdih karbonatnih, kalcitnih i dolomitnih stijena sedimentnog i metamorfnog postanka. To su stijene koje se vrlo dobro i relativno lako obrađuju tehnologijom obrade mramora. Prema svojim fizičko-mehaničkim svojstvima prikladnije su za uređenje interijera, premda se veći broj vrsta obilno koristi i za oblaganje vanjskih površina. Nepostojane su prema djelovanju atmosferilija, posebno u urbanom okolišu, gdje glačane površine gube sjaj, a stalnost boje ovisi o stabilnosti prirodnog pigmenta. S obzirom na petrološke značajke, fizičko-mehanička svojstva i lakoću obrade, izdvajaju se četiri podskupine:

Mramori u petrološkom smislu, dakle metamorfne karbonatne, kalcitne i dolomitne stijene. U pravilu su to kompaktne stijene, bilo homogene, bilo slabije ili jače naglašene škriljave teksture i trakastog izgleda s time što plohe škriljavosti ne

predstavljaju površine diskontinuiteta duž kojih bi došlo do pločastog raspadanja. Izrazite su granoblastične strukture, sitnije ili krupnije veličine zrna. Za obradu, a posebno za skulpture, povoljniji su srednjozrnasti i sitnozrnasti varijeteti. To je kamen za upotrebu u eksterijerima i interijerima, posebice za oblaganje vertikalnih površina, jer nije dovoljno otporan na habanje. Polirane površine u eksterijeru brzo gube sjaj, površine često postaju fino hrapave, ali boju zadržavaju dulje vrijeme jer sadrže stabilnije prirodne pigmente. Mramori različito nijansirano sivih boja polagano izbljeđuju jer kao prirodni pigment sadrže grafitičnu tvar koja je stabilnija od organske bituminozne supstancije.

Tvrđi vapnenci obuhvaćaju karbonatne sedimentne stijene koje su kompaktne, čvrste i izrazito otporne na habanje, ponajprije mikritske i biomikritske građe. Teže su obradive od mramora (u petrološkom smislu). Mogu se glačati do visokog sjaja. Obzirom na spomenuta svojstva, primjenjuju se za oblaganje podova. Bjeličaste vrste gustih vapnenaca imaju primjenu u interijerima i eksterijerima. Obojeni vapnenci, posebno kad kao pigment sadrže organogenu bituminoznu supstanciju, strogo su ograničeni za primjenu u interijerima, zbog nestabilnosti pigmenta.

Reprezentantima ove skupine možemo, smatrati gusti mikritski vapnenac *kirmenjak* boje slonovače te rudistni vapnenac *rasotica* različito nijansirane smeđe boje. Kirmenjak se polira do visokog sjaja, površina poprima porculanasti izgled, a kako ne sadrži nestabilan pigment, primjenjuje se u eksterijeru. Rasotica se polira praktički do briljantnog sjaja, ali je, s obzirom na to da sadrži nestabilan pigment, njezina primjena strogo ograničena na oblaganje interijera jer se u eksterijeru degradira njezina dekorativnost, odnosno gubi iznimnost i jedinstvenost izgleda.

Srednje tvrđi vapnenci obuhvaćaju karbonatne sedimentne stijene koje su umjereno porozne, srednjih čvrstoća i manje otporne na habanje od prethodne podskupine. Lako se obrađuju i glačaju, ali se glačanjem ne postiže toliko visoki sjaj kao kod tvrdih vapnenaca. Primjenjuju se za oblaganje vertikalnih površina interijera i eksterijera. Na pročeljima mogu pod djelovanjem atmosferilija biti zahvaćene destrukcijom. I za ovu podskupinu vrijedi da se za oblaganje eksterijera ne mogu upotrebljavati vrste koje su obojene nepostojanim pigmentima. S obzirom na opisana svojstva, primjena za horizontalna oblaganja je ograničena.

Tipični predstavnici ove podskupine jesu rudistni vapnenci, biomikriti i biospariti gornjokredne starosti, kao: *veselje unito*, *veselje fiorito* i *visočani unito*.

Konglomerati i breče obuhvaćaju kompaktne i čvrste klastične sedimentne stijene iz skupine psefita, ponajprije karbonatnog sastava. O klastičnim sastojcima, česticama i valuticama te o vezivu ovise njihova obradivost i sjaj postignut glačanjem te primjena. O tim elementima ovisi i njihova dekorativnost.

Po dekorativnosti se, s obzirom na boju valutica i veziva, izdvajaju konglomerati *multikolor* i *rozalit*. Kamen ove podskupine koristi se prije svega za oblaganje interijera, što posebno vrijedi za dolomitnu breču *oklad*.

MEKANE STIJENE. U ovoj podskupini nalaze se u prvom redu mekane stijene karbonatnog sastava, koje se odlikuju znatnom do visokom poroznošću, malim čvrstoćama i slabom otpornošću na habanje. Izvanredno lako se obrađuju, ali se ne glačaju jer ne primaju sjaj. Primjenjuju se gotovo isključivo za oblaganje vertikalnih površina u prvom redu interijera, ali i eksterijera, gdje su podložne jačem prljanju, posebno u onečišćenoj atmosferi urbanog okoliša. S obzirom na visoku poroznost i postojanost na mraz, treba ih pozorno upoznati, kako laboratorijski, tako i na starim objektima.

Tipični su predstavnici ove skupine intrabiosparit *bihacit* i biosparit *vinkuran*, oba dokazano otporna na mraz. Spomenici izrađeni od bihacita iz doba Japoda zadržali su svoju reljefnost do danas, a vinkuran je svoju postojanost dokazao na nizu građevina u urbanim okolišima.

TRAVERTINI. Travertini predstavljaju skupinu kemijskih karbonatnih sedimentnih stijena koje se s obzirom na genezu odlikuju oštro naglašenom trakastom građom i znatnom šupljikavošću. Lako se obrađuju i dobro glačaju. Primjenjuju se prije svega za oblaganje vertikalnih površina interijera i eksterijera. U oblogama eksterijera ponašaju se kao ostale karbonatne stijene, a ugrađeni na starim građevinama u urbanim okolišima pokazali su svoju postojanost i trajnost.

ONIKSI. Oniks mramori predstavljaju skupinu kemijskih karbonatnih sedimenata. Gusti su i kompaktni te izrazite trakaste grade. Mogu biti različito obojeni, pretežno su zelenkasto i smeđasto nijansirani. Poliraju se do visokog sjaja i prozračni su. Upotrebljavaju se ponajprije za kamenu galanteriju i luksuznije oblaganje vertikalnih površina interijera.

ŠKRILJAVCI. Škriljavci pripadaju niskometamornim stijenama, izrazite su škriljave teksture i lepidoblastične strukture. Paralelno sa škriljavosti mogu se lako cijepati u ploče debljine do nekoliko milimetara. U ovoj skupini nalazi se *argilošist* koji se u obliku tankih ploča upotrebljava u prvom redu za pokrivanje krovova.

PJEŠČENJACI. Pješčenjaci obuhvaćaju klastične sedimentne stijene skupine psamita. Silikatnog su ili rjeđe karbonatnog sastava. Rijetko se obrađuju kao prirodni kamen, prije svega zbog velike tvrdoće i što se ne mogu glačati, osim ako su karbonatnog sastava.

7.1.2 Komercijalna podjela prema načinima obrade

Najzastupljenija komercijalna podjela u praksi razvrstava arhitektonsko-građevni kamen u četiri grupe (tablica 7.1.) temeljene u najvećoj mjeri na njihovim mehaničkim svojstvima, prvenstveno rezivosti (piljivosti). Unatoč nedostacima sa stručnog i znanstvenog gledišta, te nedefiniranog i dvoznačnog nazivlja (npr. grupa kamen) ova je podjela gotovo općeprihvaćena, poglavito u opisima tehnoloških procesa dobivanja i obrade kamena.

Tablica 7.1. Sažeti prikaz komercijalne podjele arhitektonsko-građevnog kamena

GRANIT	KVARCIT	MRAMOR	KAMEN
Homogeni	M	Mramori s.s*	S Pješčenjaci
Orijentirani	M	Oniksi	S Vapnenci i vapneni tufovi
Venozni	S	Vapnenci	S Konglomerati i breče
	S	Travertini	M Škriljci
			M Gnajsi
			E Porfiri
			E Bazalti
			E Trahiti
			E Vulkanske stijene

* mramori u petrografskom smislu

** M - metamorfne, S - sedimentne, E - eruptivne stijene

7.1.3 Komercijalna podjela na granite i mramore

Arhitektonsko-građevni kamen se prema komercijalnom nazivlju dijeli se u dvije skupine: granite i mramore, premda proizvodi svrstani u ove dvije grupe često s geološkog i petrološkog gledišta ne pripadaju ovim prirodnim tvorevinama. Prema ovoj podjeli:

GRANITI obuhvaćaju sve silikatne stijene bez obzira na njihovu genezu; prije svega eruptivne i metamorfne.

MRAMORI obuhvaćaju sve karbonatne stijene, bez obzira na genezu; kako sedimentne stijene (vapnence i dolomite), tako i metamorfne stijene (mramore u petrološkom smislu)

7.2. ISPITIVANJE SVOJSTAVA KAMENA

Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi²⁷ propisuju se jedinstveni kriteriji za utvrđivanje, evidentiranje i prikupljanje podataka o rezervama mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj. Rudarska poduzeća i samostalni poduzetnici, nositelji prava istraživanja i eksploatacije mineralnih sirovina, dužni su podatke o rezervama mineralnih sirovina utvrđivati i evidentirati na način određen ovim pravilnikom za ležišta kod kojih je istraživanje prekinuto, za ležišta čije je istraživanje završeno, za ležišta u eksploataciji i za ležišta izvan eksploatacije koja nisu iscrpljena.

Kakvoća arhitektonsko-građevnog kamena se u ležištu određuje analiziranjem uzoraka. Za svako ležište ili njegov dio određuje se putem optimalnih metoda (eksperimentalno, iskustveno ili na osnovi propisa) način uzimanja uzoraka.

Kakvoća mineralne sirovine određuje se kemijskim sastavom te određivanjem fizičko-kemijskih, fizičko-mehaničkih i drugih svojstava u skladu s propisanim standardima. Fizičko mehanička svojstva ispituju se na svim uzorcima prema propisanim standardima i na temelju njih se daje ocjena o kakvoći i upotrebljivosti arhitektonsko-građevnog kamena

Tehnološka ispitivanja arhitektonskoga građevnog kamena izvode se po režimu redovne proizvodnje, odnosno svi uzeti uzorci režu se u ploče, glačaju i oblikuju. Analizira se ponašanje arhitektonskoga građevnog kamena pri obradi i proračunava postotak iskorištenja sirovih blokova pri preradi.

Ako je za pojedini dio stijene koja se eksploatira izvršeno tehnološko ispitivanje mineralne sirovine u industrijskom ili polu-industrijskom opsegu i u praksi potvrđeno da između nje i ostalih rudnih tijela u istom ležištu nema bitnih razlika, za ostala rudna tijela u istom ležištu dovoljno je obaviti tehnološka ispitivanja u laboratorijskom opsegu.

Preuzimanjem europskog sustava ocjene sukladnosti, odgovornost za dokaz kvalitete kamenih proizvoda postaje obveza proizvođača. Proces potvrđivanja sukladnosti detaljnije je objašnjen u poglavlju 5.7 Tehnička regulativa.

Jedini ispitni laboratorij u Hrvatskoj akreditiran od strane Hrvatske akreditacijske agencije za područje ispitivanja prirodnog kamena prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025:2004 Hrvatskoj koji vrši ispitivanja svojstava arhitektonsko-građevnog kamena je Laboratorij za kamen u sklopu Cestograđevnog laboratorija Instituta građevinarstva Hrvatske u Zagrebu. Ovlašnica se izdaje na period od 4 godine, a laboratorij je akreditiran za područje ispitivanja odabranih fizičko-mehaničkih

svojstava asfalta, bitumena, bitumenskih hidroizolacijskih traka, prirodnog kamena i kamenog agregata. Ocjene sukladnosti tehničkih zahtjeva izdana od akreditiranog laboratorija osigurava prepoznatljivost, prihvaćanje i priznavanje hrvatskih proizvoda izvan granica Republike Hrvatske.

U Hrvatskoj ne postoje tehnički propisi kojima bi se detaljnije regulirao sustav ocjenjivanja sukladnosti kamenih proizvoda te obveza dobivanja i izrade uvjerenja o kvaliteti. U praksi to znači da je jedina zahtijevana kontrola kvalitete kamena koji se ugrađuje na nekom objektu obveza posjedovanja dokaza o uporabljivosti materijala (bilo u obliku izvještaja o kvaliteti, izvještaja o pogodnosti materijala ili pak uvjerenja o kvaliteti kako je to bilo regulirano po DIN-u i provedeno kod nas u praksi) pri izvođenju radova (koja se prilaže i čuva kao dio gradilišne dokumentacije).

Tržišna inspekcija bi svojim radom trebala osigurati da se na tržištu ne nalaze proizvodi koji nemaju valjane dokaze u uporabljivosti. Uvjerenje o kvaliteti se (prema prihvaćenim uzusima iz DIN-a) izdavalo se na rok od pet godina za arhitektonsko-građevni kamen, a na jednu godinu za eksploataciju tehničko-građevnog kamena. Kako je zbog iznimne raznolikosti i varijabilnosti svojstava različitih vrsta kamena i njihove primjene nemoguće utvrditi općenit kriterije uporabljivosti (ocjene kvalitete), oni moraju biti određeni i ispitani za svaki projekt posebno. Zbog svih prije navedenih karakteristika kamena kao prirodnog materijala valjan dokaz o uporabivosti kamena stoga nikako ne bi smio biti nalaz o ispitivanju samo jedne ploče kamena izvršen prije desetak godina, kao što je to, i kod vrlo velikih projekata, slučaj kod nas u praksi.

Čak i u slučaju uvoza arhitektonsko-građevnog kamena, izvještaj o svojstvima kamena kojeg dobavljač prilaže uz isporučeni materijal treba biti provjeren ispitivanjem određenog broja uzoraka od strane ovlaštenog laboratorija, da bi se potvrdila sukladnost dostavljenog materijala i priloženih svojstava.

Odgovornost je projektanta da ovisno o projektnim zahtjevima, kriterijima i uvjetima kojima će kamen biti izložen (mikroklima, lokacija, predviđeno opterećenje kod oblaganja gaznih površina, i slično) ispita pogodnost određenog materijala za namjeravanu upotrebu, odnosno zatraži valjano uvjerenje o kvaliteti.

OCJENA KVALITETE kamena sadrži podatke o komercijalnom nazivu kamena, vremenu izrade analize (a prije i o roku trajanja uvjerenja), opće podatke o kamenu (naziv kamenoloma, točna lokacija), podatke o naručitelju (i osobi koja je odgovorna za izbor uzoraka), te ostale opće podatke. U uvjerenju se daje prikaz ispitanih vrijednosti fizičko-mehaničkih svojstava kamena (maksimalne, minimalne, te prihvaćene srednje vrijednosti), uz podatke o normama po kojima su ispitivanja vršena, a potom i mineraloško-petrografska analiza (sa determinacijom uzorka kamena), uz mišljenje, odnosno ocjenu podobnosti obzirom na predviđenu namjenu, (i moguća ograničenja).

7.3. PROPISI IZ PODRUČJA RUDARSTVA

Popis važećih propisa iz područja rudarstva

Zakon o rudarstvu-pročišćeni tekst, NN 190/03

Pravilnik o istraživanju mineralnih sirovina, NN 125/98

Pravilnik o eksploataciji mineralnih sirovina, NN 125/98

Odluka o sadržaju dugoročnog programa i godišnjeg programa, te sadržaju rudarskih projekata, NN 196/03

Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi, NN 48/92

Pravilnik o katastru istražnih prostora i eksploatacijskih polja, te o načinu vođenja evidencije, zbirke isprava i popisa rudarskih poduzeća, NN 44/91

Odobrenja i dozvole potrebne za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena

Prema Zakonu o rudarstvu za eksploataciju mineralnih sirovina potrebno je ishoditi:

1. odobrenje za eksploatacijsko polje,
2. rudarsku koncesiju za izvođenje rudarskih radova,
3. građevinsku dozvolu za građenje rudarskih objekata i postrojenja,
4. dozvolu za upotrebu rudarskih objekata i postrojenja s propisanom elektronskom kolnom vagom.

Odobrenje za eksploatacijsko polje

Zahtjev za izdavanje odobrenja za eksploatacijsko polje sadrži:

- vrstu mineralne sirovine koju se namjerava eksploatirati;
- podatke o utvrđenim količinama i kakvoći mineralne sirovine;
- kratak opis načina eksploatacije;
- položaj, oblik, veličinu i granice zatraženog eksploatacijskog polja;
- prijedlog uređenja i oblikovanja prostora tijekom i po završetku eksploatacije;
- planiranu godišnju proizvodnju mineralne sirovine.

Zahtjevu za izdavanje odobrenja potrebno je priložiti i:

- izvod iz sudskog registra, odnosno izvod iz obrtnog registra iz kojeg je vidljivo da je podnositelj zahtjeva registriran za eksploataciju mineralnih sirovina;
- potvrdu Komisije o utvrđenim zalihama mineralne sirovine;
- zemljovid eksploatacijskog polja u mjerilu 1:5000 (ili većem) s ucrtanim granicama, površinskim objektima, poznatim rudarskim radovima, te nazivom eksploatacijskog polja.

UKLAPANJE U PROSTORNE PLANOVE. Uz zahtjev za odobrenje eksploatacijskog polja za eksploataciju arhitektonsko-građevni kamen potrebno je priložiti mišljenja županijskih upravnih tijela o uklapanju te gospodarske djelatnosti u gospodarske i prostorne planove županije.

JAVNA RASPRAVA. Prije izdavanja odobrenja za eksploatacijsko polje, tijelo državne uprave nadležno za poslove rudarstva kojemu je podnesen zahtjev za izdavanje odobrenja održat će javnu raspravu. Predstavnici tijela državne uprave ili pravnih osoba koja gospodare ili imaju na zatraženom eksploatacijskom polju svoje objekte, sudjeluju u određivanju uvjeta, odnosno ograničenja, uz koja se može obavljati eksploatacija mineralnih sirovina. Ti uvjeti, odnosno ograničenja, moraju se uvažavati pri izradi projektne dokumentacije, i sastavni su dio rješenja kojim se odobrava eksploatacija.

Rudarska koncesija

Pravo na istraživanje ili eksploataciju mineralnih sirovina na određenom području trgovačko društvo i obrtnik ostvaruju na osnovi odobrenja ili rudarske koncesije tijela državne uprave nadležnog za poslove rudarstva. Zahtjevu za dodjelu rudarske koncesije za izvođenje rudarskih radova potrebno je priložiti:

1. ODOBRENJE ZA EKSPLOATACIJSKO POLJE,
2. GLAVNI RUDARSKI PROJEKT s izjavom o obavljenoj provjeri i prihvatanju projektnih rješenja (rudarski projekt s revizijskom klauzulom nadležnog tijela državne uprave),
3. LOKACIJSKU DOZVOLU koju izdaje županijski ured za prostorno uređenje uz pribavljenu suglasnost Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Postupak izdavanja lokacijske dozvole te može bitna potreba izrade procjene utjecaja na okoliš propisan je odredbama Zakona o prostornom uređenju i Zakona o zaštiti okoliša, te Pravilnikom o procjeni utjecaja na okoliš.
4. SUGLASNOSTI i mišljenja tijela i trgovačkih društava koja su na provedenoj javnoj raspravi sudjelovala u određivanju uvjeta, odnosno ograničenja uz koja se može obavljati eksploatacija,
5. DOKAZ O PRAVU VLASNIŠTVA ili pravu služnosti na nekretnini, odnosno dokaz o pravu korištenja zemljišnih čestica unutar odobrenoga eksploatacijskog polja i to za razdoblje od najmanje pet godina.

Prilikom dodjeljivanja rudarske koncesije za izvođenje rudarskih radova tijela državne uprave koja ju dodjeljuju trebaju prosuditi:

- poslovni ugled podnositelja zahtjeva,
- sposobnost podnositelja zahtjeva za ostvarivanje koncesije,
- financijsku povoljnost ostvarivanja koncesije,
- utjecaj ostvarivanja koncesije na očuvanje i zaštitu prirodnog okoliša.

Razdoblje za koje se dodjeljuje rudarska koncesija određuje se na temelju količine i rasprostiranja utvrđenih bilančnih rezervi mineralne sirovine na odobrenom eksploatacijskom polju, a koje omogućuju trgovačkom društvu, odnosno obrtniku trajanje eksploatacije najviše 40 godina, uz planiranu godišnju proizvodnju navedenu u zahtjevu.

Odobrenje za izvođenje rudarskih radova i građenje rudarskih objekata i postrojenja

Dokumentacija potrebna za dobivanje odobrenja za izvođenje rudarskih radova i građenje rudarskih objekata i postrojenja obuhvaća dokumentaciju potrebnu za dobivanje rudarske koncesije (točke 2-5) te suglasnosti i mišljenja ostalih tijela i trgovačkih društava za koje nadležno tijelo ocijeni da su potrebna.

Istražni prostor dodjeljuje se po ispunjenju uvjeta onom pravnom subjektu koji je ispunio sve propisane uvjete. Koncesionaru koji je ishodio istražni prostor osigurava se pravo prednosti da u daljnjem postupku ishodi i eksploatacijsko polje.

7.4. PROPISI IZ PODRUČJA PROSTORNOG UREĐENJA

Popis temeljnih propisa iz područja prostornog uređenja:

Zakon o prostornom uređenju, NN 30/94, 68/98, 61/00, 32/02 i 100/04

Uredba o određivanju građevina od važnosti za Republiku Hrvatsku, NN 6/00 i 68/03

Pravilnik o određivanju zahvata u prostoru za koje se ne izdaje lokacijska dozvola, NN 86/04, 138/04

Uredba o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora, NN 128/04

Zakon o prostornom uređenju

DOKUMENTI PROSTORNOG UREĐENJA

Dokumentima prostornog uređenja određuje se svrhovita organizacija, korištenje i namjena prostora te mjerila i smjernice za uređenje i zaštitu prostora Države, županija, Grada Zagreba, općina i gradova. Imaju snagu i pravnu prirodu podzakonskog propisa.

Dokumenti prostornog uređenja su:

1. Strategija i Program prostornog uređenja Države
2. prostorni planovi
 - Prostorni plan županije i Grada Zagreba
 - Prostorni plan područja posebnih obilježja
 - Prostorni plan uređenja općine i grada
 - Generalni urbanistički plan
 - Urbanistički plan uređenja
 - Detaljni plan uređenja.

Uredba o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja mora

Izbor odredbi koje se odnose na obavljanje gospodarske/rudarske djelatnosti:

I. OPĆE ODREDBE

Zaštićeno obalno područje (ZOP) obuhvaća sve otoke, pojas kopna u širini od 1000 m od obalne crte i pojas mora u širini od 300 m od obalne crte i ucrta se na Hrvatskoj osnovnoj karti (zemljovidu) dopunjenoj ortofoto (aerofotogrametrijskim) prikazom.

Osnovne planske smjernice na kojima se temelji planiranje i uređenje prostora Zaštićenog obalnog područja, a odnose se na gospodarsku djelatnost su:

- ✦ ograničavanje gradnje proizvodnih i energetskih građevina radi zaštite i očuvanja prostornih vrijednosti,
- ✦ saniranje postojeća napuštena eksploatacijska polja mineralnih sirovina i industrijskih područja prvenstveno pejzažnom rekultivacijom ili planiranjem ugostiteljsko-turističke i sportsko-rekreacijske namjene.

II. UVJETI I MJERE ZA IZRADU I PROVEDBU PROSTORNIH PLANOVA

U ZOP-u se ne može planirati gradnja, niti se može graditi pojedinačna ili više građevina namijenjenih za: istraživanje i iskorištavanje mineralnih sirovina, osim morske soli.

Ova odredba ne odnose se na područje otoka koje je udaljeno od obalne crte više od 1000 m i rekonstrukciju građevina izgrađenih na temelju građevinske dozvole ili drugog odgovarajućeg akta nadležnog tijela državne vlasti.

Istraživanje i iskorištavanje mineralnih sirovina na području otoka koje je udaljeno od obalne crte više od 1000 m dozvoljeno je samo u svrhu građenja na otoku.

7.5. MASIVNI KAMENI ELEMENTI

Oblici, dimenzije i načini obrade masivnih kamenih elemenata

ZIDNI ELEMENTI



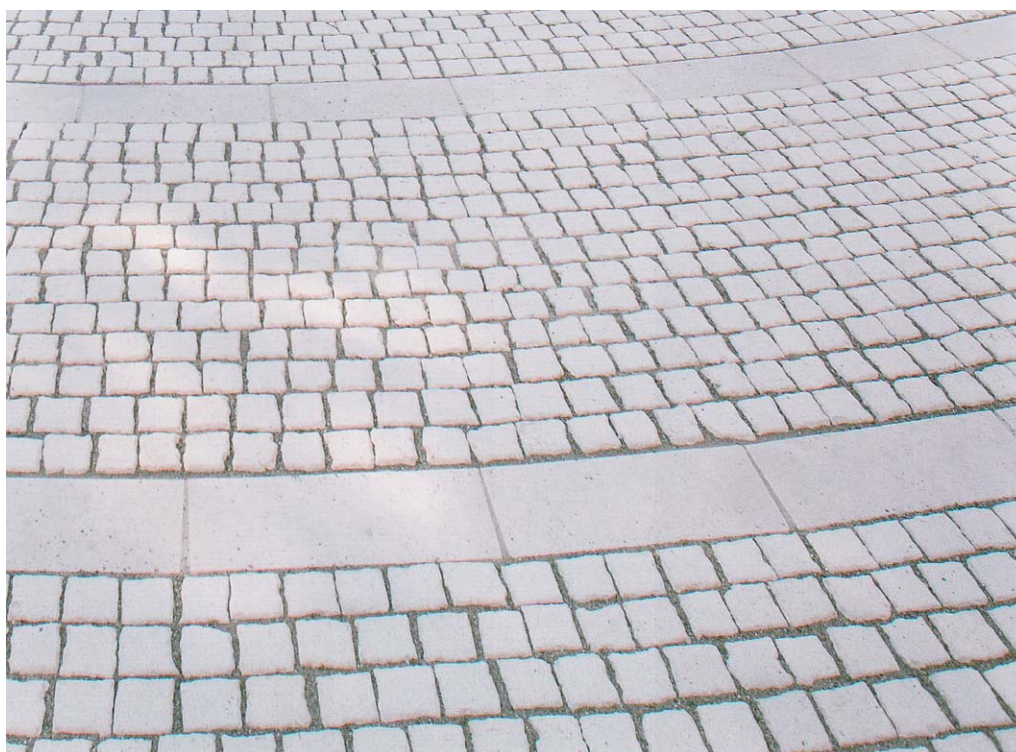
dužina	l	30-60
širina	h	6,8,10,15,20,22,28
debljina	t	8,10,15,20
2 površine kalane, 4 ruba rezana, 4 brida ručno klesana		

BUNJA



dužina	l	15-50
širina	h	6,8,10,15,20,25,30
debljina	t	3-6
1 površina bunjana*, 4 ruba rezana		

*strojno pilano pa cijepano

KOCKE ZA OBLAGANJE PODOVA^{III}

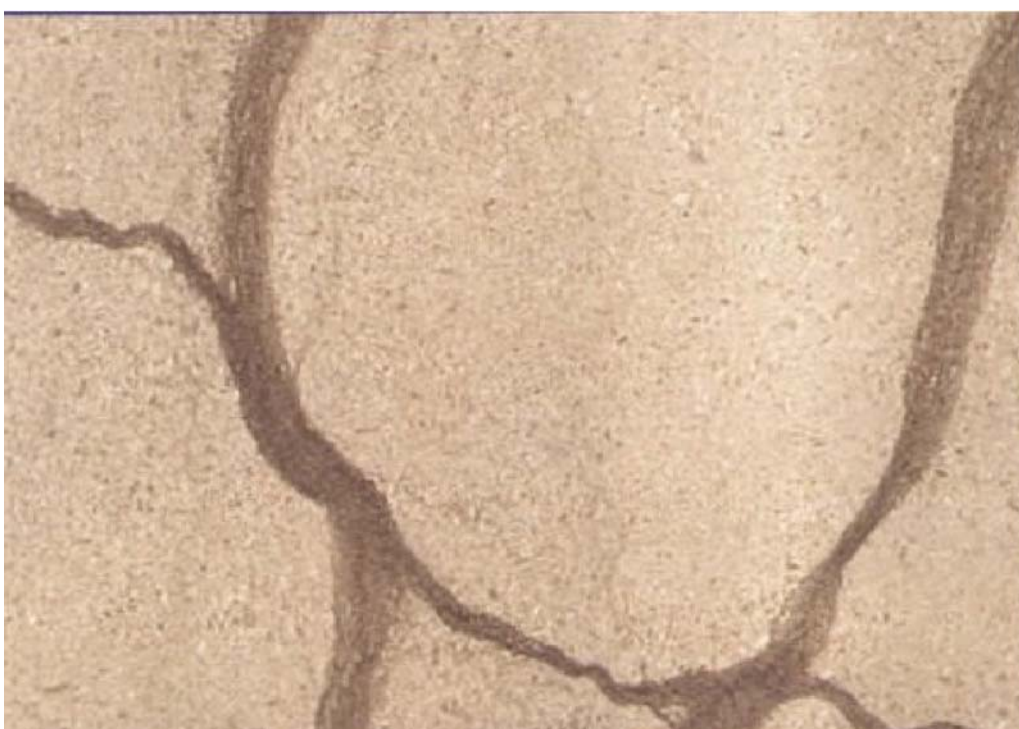
FORMATI	TIP	VISINA
	a x a	h
	6	4, 6, 8
	8	4, 6, 8
	10	4, 6, 8, 10
	15	4, 6, 8, 10, 15
	20	4, 6, 8, 10, 15
POVRŠINA	Rezana, paljena, štokovana, pjeskarena, antiko	

^{III} Prikazani masivni kameni elementi dio su proizvodnog programa poduzeća KAMEN Pazin

7.6. HRVATSKI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI KAMEN (IZBOR)



Slika 7.3.1 *Rasotica* (kamenolom Žaganj Dolac, Sumartin, Brač)



Slika 7.3.2 *San Giorgio Venato* (*San Giorgio E*, kamenolom Glave, Selca, Brač)



Slika 7.3.3 *San Giorgio (Zečevo) Venato* (kamenolom Zečevo, Selca, Brač)



Slika 7.3.4 *Jadran zeleni (Adria verde)*; kamenolom Putišići, Donji Dolac, Mosor)



Slika 7.3.5 Alkasin svijetli (Radošić, Sinj)



Slika 7.3.6 Alkasin crveni (Radošić, Sinj)

8. LITERATURA

LITERATURA

- ¹ S. Dunda: *Digitalni udžbenik: Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena*, RGN fakultet, Zagreb 2003
- ² B. Crnković, Lj.Šarić: *Građenje prirodnim kamenom*, Zagreb, 2003.
- ³ B. Udovč: *Granitna moć pomodnosti*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1998 ¾) 31-33
M. Dragović et. al: *Termofizička svojstva kamena kod suvremenih postupaka primjene*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1993 ½) 34-38
I. Tomašić, M. Fistrić: *Utjecaj teksturnih značajki na ugradnju kamena*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1998 ½) 61-66
T. Kujundžić et al: *Laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava kamena iz kamenoloma Zečevo*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2002 ½) 49-53
I. Tomašić, S. Galić: *Prirodni kamen Rosso Dalmatia*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2003 ½) 35-42
- ⁴ T. Hugues et al: *DETAIL Practice: Dressed stone*, 2005
- ⁵ B. Tušar: *Kamenolomi i okoliš*, Građevinar 54 (2002) 6, 355-363
- ⁶ J. Mesec: *Okvirni prijedlozi za praktičniji pristup u rješavanju problematike gospodarenja mineralnim sirovinama*, Časopis Mineral 6/2003
- ⁷ D. Krasić et al: *Rudarska djelatnost u Republici Hrvatskoj*, Klesarstvo i graditeljstvo (2005 ½) 6-15
- ⁸ *Zakon o rudarstvu-pročišćeni tekst*, NN 190/03
- ⁹ *Pravilnik o eksploataciji mineralnih sirovina*, NN 125/98
- ¹⁰ *Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske*, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja, Zavod za prostorno planiranje, Zagreb, 1997., 36.
- ¹¹ *Zakon o prostornom uređenju*, NN 30/94, 68/98, 61/00, 32/02 i 100/04
- ¹² *Zakon o zaštiti okoliša*, NN 82/94.
Zakon o izmjenama i dopunama zakona o zaštiti okoliša, NN 128/99
- ¹³ *Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš*, NN 59/00.
- ¹⁴ I. Cotman, marketing direktor poduzeća KAMEN Pazin
- ¹⁵ D. Krasić; S.Živković; J.Velić; D.Rajković; I.Galić: *Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske*, Kapitalni projekt Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2006.
- ¹⁶ N. Žunec, D. Krasić: *Atlas rudarstva Republike Hrvatske 2006*, Zagreb, 2006.
- ¹⁷ S. Dunda: *Obrada arhitektonsko-građevnog kamena*, Zagreb, 1989.
- ¹⁸ F. Marinović: *Kako komercijalizirati neoblikovane blokove-tombolone*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2000 ¾) 62-72
F. Marnović: *Novi način obrade kamenih površina*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1992 ½) 36-37
F. Marnović: *Uređaji i postrojenja za učvršćenje mramornih ploča*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2001 ½) 45-49
B. Crnković: *Školovanje kadrova za industriju kamena i klesarske radove*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1990 ½) 25-26
T. Bužančić: *Klesarski program za kuću*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1992 ½) 22-25
Z. Matijašić: *Klesarstvo je ljubav*, (2004 ½) 8-9
Z. Matijašić: *Unutarnji zaokret klesarske profilacije*, (1992 ¾), 34-41
F. Marinović: *Klesarski strojevi i alati*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1993 ½) 57-63
- ¹⁹ M. Fistrić: *Sustavni pristup odabiru arhitektonskog kamena*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2001 ½) 11-14
F. Bradley: *Natural stone: A Guide to Selection*, Firenza, 1998.

-
- ²⁰ A.Monaco: *Kamen u suvremenim građevinama: tri istaknuta primjera*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1994 $\frac{3}{4}$) 9-20
- ²¹ K.Tonković: *Gradenje kamenom*, rukopis, 1980.
- ²² LJ.Šarić: *Primjena klesanaca u suvremenoj gradnji kamenih obloga*, Klesarstvo i graditeljstvo, (1995 $\frac{3}{4}$) 22-26
- ²³ A.Frisa Morandini: *Tehnička svojstva arhitektonskog kamena: Normativi i tehnička ispitivanja*, prijevod: T.Bužančić, Klesarstvo i graditeljstvo, (1997 $\frac{1}{2}$) 28-41
I.Šmentanec: *Prilagodba hrvatskog tehničkog zakonodavstva iz područja građevnog proizvoda zakonodavstvu Europske unije*, diplomski rad, Građevinski fakultet, Zagreb, 2005.
- ²⁴ *Zakon o gradnji*, NN 175/03, 100/04
- ²⁵ *Gospodarstvo i proširenje EU: Što mogu očekivati tvrtke u Hrvatskoj i novim zemljama članicama*, publikacije Hrvatske gospodarske komore
- ²⁶ I.Tomašić: *Rad hrvatskog tehničkog odbora dznm/to 196, prirodni kamen*, Klesarstvo i graditeljstvo, (2003 $\frac{1}{2}$) 66-70
- ²⁷ *Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi*, NN 48/92