

1. ARHITEKTONSKI GRAĐEVNI KAMEN

Hrvatskim Zakonom o rudarstvu (pročišćeni tekst NN 35/95) svrstane su mineralne sirovine, obzirom na vrstu i potencijal, u 7 grupa. Pri tom je tehnički građevni kamen svrstan u sedmu grupu zajedno s građevnim pijeskom i šljunkom te opekarskom glinom, dok arhitektonski građevni kamen tvori zasebnu četvrtu grupu. Uredbom o procjeni utjecaja na okoliš (NN 34/97) i Pravilnikom o procjeni utjecaja na okoliš (NN 59/2000) ta se petrografski "istovrsna" mineralna sirovina (kamen) također različito tretira. Prema Pravilniku o procjeni utjecaja na okoliš obvezna je procjena utjecaja na okoliš za ležišta tehničko građevnog kamena s ukupnim zalihama od 100000 m³ odnosno za godišnji kapacitet od 20000 m³/god. i više. Tu je procjenu potrebno provesti za kamenolome arhitektonsko građevnog kamena s godišnjim kapacitetom od 1000 m³/god. i više. Podjela kamena na tehnički građevni (engl. crushed stone) i arhitektonski građevni (engl. dimension stone) u Zakonu o rudarstvu kao i u Pravilniku o utjecaju na okoliš potpuno je logična budući da se istraživanje, eksploatacija, prerada i namjena tehničko-građevnog (tehničkog) i arhitektonsko-građevnog (arhitektonskog) kamena potpuno razlikuju.

1.1. NAMJENA

Tehnički se kamen koristi kao: drobljeni kamen za održavanje cesta, drobljeni kamen za izradu donjih nosivih (tamponskih) slojeva na cestama, 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 kao npr. za veziva i termoizolacijske materijale. Osim u građevinarstvu upotrebljava se u metalurgiji, proizvodnji abrazivnih sredstava, kao punila u proizvodnji boja, lakova, emajla, polimera, papira itd., kao podloga u proizvodnji pesticida, za mineralna gnojiva, stočnu hranu, keramiku i lijekove itd. Za svaki slučaj namjene taj je kamen zdrobljen, mljeven, usitnjen ili kad su mu dimenzije najveće lomljen u nepravilne komade.

Arhitektonski se kamen naprotiv koristi kao blokovski, zatim u pločama za unutarnja i vanjska horizontalna i vertikalna oblaganja tj. kao dekorativno-zaštitni i dekorativno-funkcijski element građevnih objekata svih namjena, zatim za arhitekturu spomen-obilježja, arhitekturu groblja i kiparstvo, te za različite proizvode zanatske djelatnosti. U suvremenom graditeljstvu je klasični način primjene kamena gotovo potpuno istisnut. Kod klasičnog načina građenja kamen je bio nosivi element konstrukcije objekta ili se primjenjivao u veoma debelim pločama za oblaganje. U suvremenom graditeljstvu kao nosiva konstrukcija koristi se uglavnom armirani beton, a kamen se koristi kao ukrasno zaštitna obloga te konstrukcije. Temeljni oblik pri takvom suvremenom korištenju kamena kao arhitektonsko-građevnog elementa su ploče najčešće debljine 2 do 4 cm. Korištenjem kamena kao tanke kamene obloge prvenstveno betonskih konstrukcija, on poprima dekorativno-funkcijsku odnosno dobiva dekorativno-zaštitnu ulogu. Od arhitektonskog kamena se znači izrađuju ploče različito obrađenih površina (štokano, žljebano, zubasto, šarirano, rustično, piljeno, glodano, brušeno, polirano, pjeskareno, paljeno), za vanjska zidna i podna oblaganja (trgova, slobodnih terasa oko kuća, krovnih terasa, balkona, lođa, stubišta, itd.), za unutarnja vertikalna i horizontalna oblaganja i za pokrivanje krovova. Od arhitektonskog kamena se izrađuju nadalje kameni okviri za prozore i vrata; kameni okviri lukovi i vijenci, stupovi i pilastri, prozorske klupčice, itd. Koristi se također u

kiparstvu, zatim za izradu grube i fine klesarije, različitih predmeta zanatskog karaktera, nadgrobnih ploča i ostalih elemenata grobne arhitekture, te za restauratorske radove na sakralnim i profanim objektima. Za sve namjene bilo da se radi o oblaganju interijera ili eksterijera, vertikalnih ili horizontalnih površina, stubišta, uređenog okoliša ili izgradnji spomen obilježja, arhitektonski kamen prvenstveno služi za oplemenjivanje čovjekovog okoliša. Za svaki slučaj namjene temeljni proizvod iz kojeg se izrađuju naznačeni proizvodi je kameni blok.

Prema asortimanu proizvodnje svjetsko tržište arhitektonsko-građevnog kamena koristi kamene proizvode prema namjeni približno onako kako je prikazano u tab. 1.1. Utrošene količine i odnosi za pojedinu namjenu mjenjaju se iz godine u godinu, ali te razlike nisu velike što je ilustrirano tab. 1.2.

1.2. STRUKTURNI SKLOP

Budući da je proizvod kamenoloma tehničkog kamena usitnjeni kamen on se može dobiti i iz tektonski poremećenog ležišta. Štaviše uslojeni izlomljeni strukturni sklop ležišta, koje je ispresjecano velikim brojem diskontinuiteta, odnosno ima više sustava pukotina i prslina veće gustoće, uglavnom pogoduje svrhovitoj eksploataciji, jer se pri primarnom dobivanju ostvare, velike količine kamena sitnije granulacije, što je dobar temelj za ostvarenje povoljnih tehnoloških čimbenika u daljnjoj preradi. Bitno obilježje ležišta je kakvoća kamena, tj. njegove fizičko-mehaničke značajke, a ne njegov strukturni sklop.

Naprotiv kod arhitektonsko-građevnog kamena, proizvod kamenoloma je masivni blok, pa se kakvoća kamena (fizičko mehaničke-značajke) ne može razdvojiti od karaktera njegovog ležišta. Kakvoća kamena sama za sebe nema nikakvo značenje ako se taj kamen ne može izdvojiti iz ležišta u obliku pogodnom za industrijsko korištenje. Njegova kakvoća je uzajamno povezana uz kakvoću stijenske^(*) mase, odnosno uz strukturni sklop ležišta. Prema tome arhitektonsko-građevni kamen ima svoju punu vrijednost samo ako se iz stijenske mase odnosno ležišta mogu vaditi kameni blokovi pogodni za industrijsku preradu. Zato ležište arhitektonsko-građevnog kamena mora karakterizirati masivnost, bankovitost i kompaktnost stijenske mase, tj. ležište mora imati takav strukturni sklop koji omogućava vađenje ekonomski značajnih količina zdravih blokova pogodnih za industrijsku preradu u ploče i elemente spomeničke i memorijalne arhitekture. Općenito pukotinski sustavi imaju negativni značaj, jer gusta mreža pukotina razbija stijenu na manje nepravilne komade, pa se (i bez dodatnih oštećenja izazvanih eksploatacijom) vade manji nepravilni blokovi i tomboloni, kojima je komercijalna vrijednost niska, a otkopni gubici su veliki. Ponekad pukotinski sustav ima i pozitivan značaj, jer olakšava dobivanje blokova. Kod tektonski očuvanijih ležišta, rijetka mreža pukotina kod koje su razmaci između pukotina veliki, a diskontinuiteti međusobno paralelni i okomiti, omogućava i olakšava vađenje komercijalnih blokova optimalnih dimenzija.

(*) U petrologiji se razlikuju nazivi "stijena" i "kamen", zato što je stijena sastavni dio Zemljine kore, dakle samostalno geološko tijelo, a kamen je samo komad ili dio stijene od koje je odbijen ili izrezan. Zato je pravilno kad se kaže da je Moslavačka Gora sagrađena od granitnih stijena, a neki kip izrađen od kamena. Takvo nazivlje imaju i drugi jezici: engleski - "rock" (stijena), "stone" (kamen); francuski - "la roche", "la pierre"; talijanski - "rocce", "pietra"; njemački - "das Gestein", "der Stein"; ruski - "poroda", "kamn"; češki - "hornina", "kamen", slovenski - "hribina" ili "kamenina", "kamen".

1.3. DEKORATIVNOST

Slijedeća specifičnost arhitektonsko-građevnog kamena u odnosu, ne samo na tehnički kamen, nego na sve ostale mineralne sirovine je ta, da se izvađeni kamen mora odlikovati i dekorativnošću. Zato se ležišta arhitektonsko-građevnog kamena vrednuju, između ostalog i temeljem dekorativnog (umjetničkog) kriterija. Umjetnički kriterij, je često odlučujući i može izbaciti u prvi plan neka ležišta, koja inače imaju otežane uvjete otkopavanja i niski koeficijent iskorištenja stijenske mase, ali kamen zbog svoje dekorativnosti postiže visoku prodajnu cijenu.

1.4. ISKORIŠTENJE

Eksploataciju arhitektonskog kamena, za razliku od tehničkog kamena, karakterizira također nastanak velikih količina kamenog otpada (jalovine). Mogućnost dobivanja blokova arhitektonskog kamena ovisi prije svega o cjelovitosti stijenske mase (blokovitost ležišta). Pukotinski sustavi pri eksploataciji arhitektonskog, za razliku od tehničkog kamena, imaju uglavnom negativan značaj, jer razbijaju stijensku masu na manje nepravilne komade što smanjuje mogućnost dobivanja većih blokova, odnosno povećava količinu otkopnih gubitaka. Koeficijent iskorištenja blokovske mase pri eksploataciji arhitektonskog kamena je mali, jer je finalni proizvod kamenoloma zdravi blok iz kojeg se moraju izrezati maksimalne površine ploča koje se pri obradi i ugradnji neće lomiti. Koeficijent iskorištenja blokovske mase kreće se kod ležišta arhitektonsko-građevnog kamena silikatnog sastava od 20 do 65 %, a kod ležišta kamena karbonatnog sastava od 5 do 40 %. Preostali dio su otkopni gubici nastali unutar stijenske mase. Prema tome otkopni gubici eksploataбилne stijenske mase u ležištima kamena karbonatnog sastava, u koje spadaju i hrvatska ležišta, kreću se od 60 do čak 95 %. Ponekad je razlomljenost ležišta toliko intenzivna da je iskorištenje kamenoloma svega oko 5 %, ali je, zbog kakvoće i dekorativnosti kamena, ležište ekonomski isplativo.

1.5. OTKOPAVANJE

Obzirom na različitost proizvoda kamenoloma tehničkog kamena (usitnjeni kamen) i kamenoloma arhitektonskog kamena (kameni blok) potpuno su različiti načini dobivanja ove mineralne sirovine. Općenito pri eksploataciji tehničkog kamena, nakon uklanjanja površinske jalovine, korisna se mineralna sirovina dobiva masovnim miniranjem. Odmirana se stijenska masa, kod višetažnih kamenoloma, pregurava s viših etaža na osnovni utovarno transportni plato. Na tom se platou najčešće postavlja oplemenjivačko postrojenje. Oplemenjeni materijal različitih veličina zrna deponira se na osnovnom radnom platou, gdje se direktno utovara u prijevozna sredstva i otprema iz kamenoloma.

Na kamenolomima arhitektonskog kamena cilj je dobiti zdravi blok, pa je svrhovito primjeniti 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, tj. uporabi eksploziva samo pri skidanju otkrivke na manjem broju kamenoloma kod kojih je ta otkrivka izrazito debela. Nastanak naprezanja i deformacija isključuje primjena žičnih pila, pa je na kamenolomima arhitektonskog kamena najprihvatljiviji način dobivanja blokova piljenjem. Najopćenitija tehnološka shema eksploatacije na površinskim brdskim kamenolomima sastoji se od radnih operacija:

uklanjanje otkrivke, piljenje i prevrtanje primarnih blokova, dobivanje komercijalnih blokova, utovar i otprema komercijalnih blokova. Blokovi se, prema tome, dobivaju po različitim metodama piljenja primarnih blokova, njihovim prevrtanjem na etažni plato, te oblikovanjem (piljenjem ili cijepanjem) u komercijalne blokove.

1.6. EKOLOGIJA

Rudarstvo arhitektonskog kamena je ekološki čisto u usporedbi s npr. rudarstvom teških metala, sulfidnih ruda ili velikih površinskih kopova ugljena. Ono je čistije i od eksploatacije tehničkog kamena, jer je pri eksploataciji arhitektonskog kamena izvađeni proizvod kameni blok, a ne usitnjeni kamen, pa je i tehnologija dobivanja arhitektonskog kamena ekološki prihvatljivija. U eksploataciji arhitektonskog kamena nema masovnih miniranja u onom smislu kao kod tehničkog kamena, pa ni štetnih efekata te radne operacije. Nema ni postrojenja za drobljenje, sijanje i mljevenje, pa ni onečišćenja, koja pri tim radnjama nastaju. Obzirom na raspucalost i razmrvljenost materijala, te oblik etaža lakše je ozeleniti ležišta tehničkog kamena. Kose (miniranjem raspucale) etažne ravnine pri eksploataciji tehničkog kamena omogućavaju jednostavnije ozelenjavanje svim načinima biološke obnove, nego što je to slučaj kod vertikalnih piljenih ploha u kamenolomima arhitektonskog kamena. Međutim, kamenolomi arhitektonskog kamena sa svojim horizontalnim i okomitim zdravim etažnim ravninama omogućuju bolju prenamjenu novonastalih prostora. Oblik i izgled tih kamenoloma u kojima se ističu geometrijski pravilni lokalni oblici i općenito prikladnije šire vizure, pružaju arhitektima velike mogućnosti kreiranja i uklapanja tih prostora u okolne prirodne sadržaje, odnosno dodatno vizualno i estetsko obogaćivanje krajolika. Nedostatak ležišta arhitektonskog kamena (u odnosu na ležišta tehničkog kamena), u pogledu zauzimanja prostora, je što se u njima, javljaju valike količine kamenog otpada - jalovine, koja se odlaže na jalovišta, a jalovišta zauzimaju i predstavljaju prostore koji svojim izgledom odudaraju od okoliša i nagrđuju ga poglavito u područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti, gdje se i nalazi najveći broj naših ležišta.

1.7. NAZIVLJE

Umjesto naziva arhitektonsko-građevni kamen ili skraćeno arhitektonski kamen, u Hrvatskoj se dugo vremena rabio izraz ukrasni kamen. Taj se izraz i danas koristi u govornoj komunikaciji, a susreće se i u pisanim materijalima, pa i u zakonskoj legislativi ali samo u zgradama kao dodatno objašnjenje. Budući da se arhitektonsko-građevni kamen koristi kao dekorativno-funkcijski element građevnih objekata, odnosno da on prvenstveno služi za oplemenjivanje čovjekovog okoliša kojeg ukrašava, izraz ukrasni kamen je primjereniji od izraza arhitektonsko-građevni kamen. Naziv ukrasni kamen ili njegov sinonim dekorativni kamen koristi se i u drugim jezicima. Tako se npr. u engleskom uz naziv dimension stone, susreću i nazivi ornamental stone ili decorative stone (ukrasni, dekorativni kamen). Rusi za arhitektonsko-građevni kamen uz naziv oblicovočn'iy kamn" (obložni kamen), ili bločnoe syr'e (blokovska sirovina) koriste također naziv estestvenny (ukrasni) ili dekorativnyy kamn". U talijanskom se također kaže pietre ornamentale ili pietre decorative, iako se najčešće koriste prošireni izrazi kao npr.: marmo, granito e altre pietre ornamentali (mramor, granit i ostali ukrasni kamen) odnosno marmi, graniti e altre pietre simile (mramori, graniti i ostali slični kamen) ili marmi, graniti e affini (mramori graniti i srodni kamen), a najčešće samo marmi, graniti e pietre. Koriste se

i nazivi ovisno o konkretnoj namjeni, kao npr, pietre funerarie (kamen za pogrebnu namjenu), zatim pietre per rivestimenti esterni (kamen za vanjska oblaganja) itd.

Do zamjene naziva ukrasni kamen u arhitektonsko-građevni kamen u nas je došlo iz "ekonomske" potrebe. Naime, dogodilo se da je u jednom razdoblju promjene poreznih doprinosa neznanjem državne administracije taj kamen, zbog naziva ukrasni bio svrstan u grupu s dragim kamenjem, te bio opterećen visokim poreznim stopama. To je industriju tog kamena dovelo u nezavidan položaj. Trebalo je dosta vremena i truda, da se ta nelogičnost ispravi i taj kamen svrsta u grupu građevnih materijala. Da bi se izbjegle slične zabune napušten je naziv ukrasni kamen, i u zakonsku legislativu uveden naziv arhitektonsko-građevni kamen.

Danas se u Hrvatskoj, kao i u velikom broju drugih država koristi i naziv prirodni kamen (engl. natural stone, tal. pietre naturali, rus. prirodnyy kamn", slov. naravni kamen). U Francuskoj je nazivlje prirodnog kamena (pierre naturelle) normirano još 1973. god.^(**) Budući da je Europska unija također normirala^(***) naziv prirodni kamen, on i u Hrvatskoj poprima sve širu uporabu.

Taj je naziv primjeren za zemlje u kojima se kamen i proizvodi od kamena dijele s jedne strane na prirodni kamen (engl. natural stone product; talij. prodotti lapidei naturali), tj. kamen izvađen iz ležišta i s druge strane na umjetno napravljen kamen (hrv. polimramor; engl. aggregate stone materials; tal. materiali lapidei aggregati). U Hrvatskoj, obzirom na zakonsku podjelu mineralnih sirovina ali i obzirom na prethodno iznijete razlike između arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena, taj naziv nije prihvatljiv. Korištenjem naziva prirodni kamen za arhitektonsko-građevni kamen, moglo bi se pomisliti da tehničko-građevni kamen nije prirodni. Naprotiv on je sav prirodni, dok se u grupu arhitektonsko-građevnog kamena, ponegdje ubraja i tzv. polimramor tj. proizvod napravljen na bazi prirodnog kamena, ali svejedno umjetno napravljen proizvod. Polimramor se izrađuje u blokovima, koji se prerađuju kao i blokovi arhitektonsko-građevnog kamena, a namjena mu je (uz izuzeće: kiparstva, spomeničke i grobne arhitekture) identična namjeni arhitektonskog kamena, pa se zato i svrstava u "istu" vrstu, iako se radi o potpuno različitom proizvodu.

Slike – 1.1 do 1.10

^(**) Norme Française Homologuée; Produits de carrieres - Pierres naturelles - Vocabulaire; NF, B 10-101.

^(***) Prijedlog normi iz 2001. god. EN 12440 Denomination natural stone; EN 12670 Natural stones - Terminology.

Tablica 1.1. - Svjetska potrošnja kamenih proizvoda u 1994. god.

NAMJENA	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 količine kamena različitih debljina svedene na ekvivalentnu mjeru, tj. na ploče debljine 2 cm.

Tablica 1.2. - Promjene strukture svjetske potrošnje kamenih proizvoda tijekom desetogodišnjeg razdoblja

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



Slika 1.1 - Kamenolom tehničkog kamena - Vukov Dol, Geomid d.o.o.



Slika 1.2 - Kamenolom arhitektonskog kamena - Sivac, Jadrankamen d.d.



Slika 1.3 - Kamenolom tehničkog kamena - Rakalj, Maškun d d.



Slika 1.4 - Kamenolom arhitektonskog kamena - Milovica, Jadrankamen d.d.



Slika 1.5 - Kamenolom tehničkog kamena - Perun, Lavčević d d.



Slika 1.6 - Kamenolom arhitektonskog kamena - Žaganj Dolac, Jadrankamen d.d.

Površinski kop kamenoloma vapnenca Špica kraj Ljubeščice



Slika 1.7 - Kamenolom tehničkog kamena Špica - Kaming d d. Ljubeščica



Slika 1.8 - Spontano ozelenjeni kamenolom (Brač_eko slide 4)



Slika 1.9 - Kamenolom arhitektonskog kamena - Milovica, Jadrankamen d.d.



Slika 1.10 - Napušteni kamenolom vapnenca Rättvik adaptiran u kazališni prostor - Dalhalla (Brač_eko slide 5)