



LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U REPUBLICI HRVATSKOJ

prof.dr.sc. **Trpimir Kujundžić**, dipl.ing.rud.
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Sažetak: U radu će se prikazati najznačajnija ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj te ukratko istaknuti posebnosti koje uvjetuju način otvaranja i razrade odnosno način eksploatacije. Na kraju će se prikazati neki primjeri podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj i svijetu.

Ključne riječi: rudarstvo, arhitektonsko-građevni kamen, ležište, podzemna eksploatacija

DEPOSITS OF DIMENSION STONE IN THE REPUBLIC OF CROATIA

Abstract: The paper will present the most significant deposits of dimension stone in the Republic of Croatia and shortly point out the specifics that determine methods of their opening and development, or exploitation. Some examples of underground exploitation of dimension stone in the Republic of Croatia and in the world will be presented in the end.

Key words: mining, dimension stone, deposit, underground exploitation



1. UVOD

Pogodnost za eksploataciju bilo koje mineralne sirovine definirana je prije svega postojanjem ležišta, ali i s mogućnošću rentabilne proizvodnje. Ekonomski isplativ proizvod kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena je veliki zdravi kameni blok, pa i ležište mora imati cjelovitu stjensku masu koja omogućuje vađenje takvih blokova. Temeljno izvorište hrvatskih ležišta arhitektonskog kamena je šire jadransko područje s posebice produktivnim naslagama gornje krede. Poseban je problem u tim naslagama, pronaći stjensku masu koja je "očuvana od tektonskih poremećaja", a s tim u svezi može se zaključiti kako su ograničene mogućnosti pronalaženja ekonomski isplativih ležišta arhitektonskog kamena. Uzmu li se u obzir uvjeti koje trebaju zadovoljiti potencijalna ležišta arhitektonskog kamena (uz zanemarenje niza elemenata, kao što su npr. podatnost različitim načinima mehaničke i abrazivne obrade, sposobnost poliranja do visokog sjaja, trajnost...), uviđa se da nalaženje novih ležišta arhitektonskog kamena predstavlja složenu i osjetljivu problematiku, te da se ne treba zanositi mišlju o postojanju velikog broja ležišta regionalno lociranih prema našim zamislima ili htijenjima.

2. ZNAČAJNIJA LEŽIŠTA I VRSTE KAMENA

Tržišne kategorije arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj različiti su vapnenci i karbonatni klastiti, prije svega kredne starosti, a manje jurske i paleogenske. U Hrvatskoj nema ležišta kamena silikatnog sastava koja bi bila eksploatibilna kao ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, a također nema ni ležišta mramora u petrološkom smislu.

S obzirom na petrografski sastav i geološku građu, a s gledišta postojanja ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, Hrvatska se može podijeliti u 5 regija (Slika 1) sa zasebnim geološkim značajkama:

1. Sjeverozapadna Hrvatska (Hrvatsko Zagorje)
2. Sjeveroistočna Hrvatska (Slavonija)
3. Karlovačko-goransko-lička regija
4. Istra
5. Južna Hrvatska (Dalmacija)



Slika 1. Regije Republike Hrvatske s obzirom na postojanje ležišta arhitektonsko-građevnog kamena

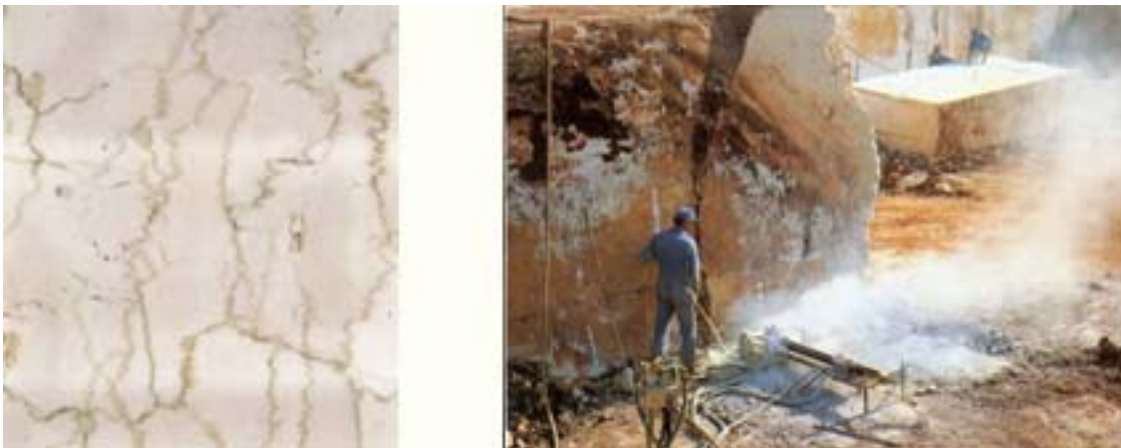


Sjeverozapadna Hrvatska (Hrvatsko Zagorje) pripada strukturnom kompleksu Unutarnjih Dinarida ili Supradinaridiku. Raznovrsne je geološke građe, a starije su stijene jako poremećene. Zbog toga su kamenolomi arhitektonsko-građevnog kamena bili smješteni u mlađim tercijarnim sedimentima. U njima su eksploatirani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

Sjeveroistočna Hrvatska (Slavonija) pripada Panonskim strukturama Pre-Alpskog strukturnog kompleksa. Odlikuje se velikom zastupljenošću eruptivnih, metamornih i sedimentnih stijena, ali u njoj nema kamenoloma arhitektonsko-građevnog kamena zbog jake tektonske poremećenosti naslaga.

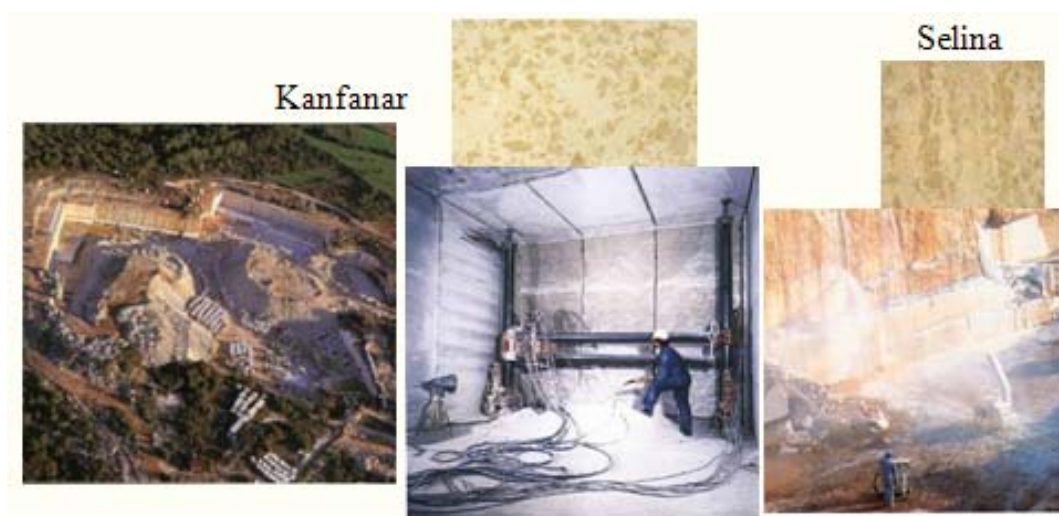
Karlovačko - goransko - ličku regiju karakteriziraju razvijene karbonatne stijene mezozoika, ali ima i eruptiva. Sjeverni dio regije pripada Supradinaridiku, a s obzirom na geološku građu i intenzivne deformacije stijena u tom dijelu regije nema mogućnosti nalaženja ležišta arhitektonsko-građevnog kamena. Južni dio regije pripada strukturnom kompleksu Dinarske karbonatne platforme, Dinarikumu. Intenzivna tektonika i navlačne strukture su ograničavajući čimbenici nalaženja većih ležišta arhitektonsko-građevnog kamena. U prošlosti su se u blizini Brušana eksploatirali klastični sedimenti karbona kao klesanci za gradnju kuća. Isto tako su eksploatirani i karbonatni konglomerati kod Sv. Roka, a iz razdoblja jure je kao arhitektonsko-građevni kamen značajan litotis vapnenac, eksploatiran u Cvitušu kraj Lovinca i Gradini kraj Ričica. Nedaleko Gospića se eksploatirao gusti vapnenac smeđosive boje prošaran bjeličastim i crvenkastim žilicama, komercijalno nazvan *velebit portoro*, a nedaleko Donjeg Lapca crvenkasti vapnenac komercijalno nazvan *unarot*. Postoje realne mogućnosti reaktiviranja ovih starih i pronalaženja novih ležišta u ovom ličkom dijelu regije. Sjeverno od Obrovca u kamenolomu Romanovac eksploatiraju se crvenkasti i smeđasto sivi brečasti vapnenci i vapnenačke breče *romanovac* i *tulovac*.

Područje Istre pripada Jadranskoj karbonatnoj platformi ili Adrijatiku. Istra je okarakterizirana brojnim ležištima arhitektonsko-građevnog kamena i brojnim aktivnim kamenolomima. Tako se u vapnencima gornje jure eksploatira u kamenolomu Kirmenjak kamen poznat pod tim nazivom, ali isto tako i pod nazivom orsera (Slika 2).



Slika 2. Kamenolom Kirmenjak

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 (Slika 3).



Slika 3. Kamenolomi Kanfanar i Selina

U naslagama gornje krede eksploatiraju se rudistni vapnenci u Bujskoj antiklinali: Sveta Lucija i Grožnjan-kornarija u kamenolomu Kornarija u blizini mjesta Marušići (Slika 4).



Slika 4. Kamenolom Kornarija

Gornjokredni rudistni vapnenci eksploatiraju se i u kamenolomu Valtura sjeveroistočno od Pule i Vinkuran jugoistočno od Pule (Slika 5).



Slika 5. Kamenolomi Valtura i Vinkuran



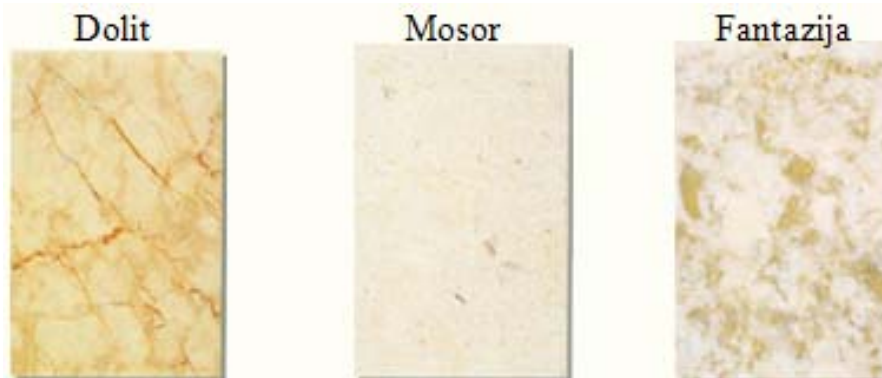
Južna Hrvatska (Dalmacija). U ovoj regiji, koja također pripada Adrijatiku, danas su u naslagama gornje krede eksploatacijom obuhvaćeni rudistni vapnenci, u kojima se nalaze brojni aktivni kamenolomi u kontinentalnom dijelu i na otocima.

U kontinentalnom dijelu u okolici Trogira nalaze se kamenolomi Seget, Plano i Vrsine s istoimenim nazivima kamena (Slika 6).



Slika 6. Kamenolomi Seget, Plano i Vrsine

U kontinentalnom dijelu 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 (Slika 7).



Slika 7. Arhitektonsko građevni kamen iz područja Zagorskih Poljica

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 i manje 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, Slika 8) 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.



Slika 8. Kamenolom Punta-Barbakan

U kamenolomu Kupinovo-Kupinovo istok (Slika 9) eksploatiraju se isti bijeli "brački mramori". Na tržište također dolaze u dvije inačice pod nazivom Kupinovo (Veselje) Unito i Kupinovo Fiorito.



Slika 9. Kamenolom Kupinovo-Kupinovo istok

U kamenolomu Sivac-Sivac jug (Slika 10) 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 kavernoznosti naslaga eksploatacija je karakterizirana neprekidnom zaštitom (injekcijske zavjese) dubinskog dijela kamenoloma od prodora mora.



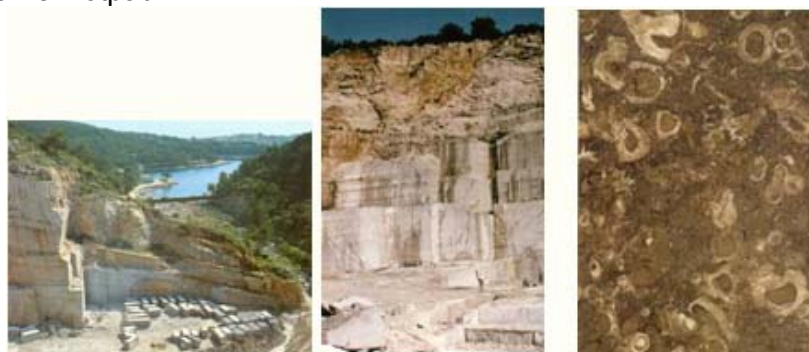
Slika 10. Kamenolom Sivac–Sivac jug

Na istočnom dijelu otoka Brača na području općine Selca nalaze se kamenolomi Glave, Zečevo i Žaganj Dolac. Kamenolomi Glave i Zečevo (Slika 11) nalaze se u slijedu naslaga Sivac kao i pučiški kamenolom Sivac-Sivac jug, pa se u njima eksploatira kamen sličan pučiškom Sivcu. Sličnost naravno podrazumijeva i neke razlike pa zbog toga 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.



Slika 11. Kamenolomi Glave i Zečevo

U kamenolomu Žaganj Dolac (Slika 12) eksploatira se rudistni vapnenac na tržištu poznat kao Rasotica. Veoma je dekorativna inačica kamena, koja sadrži veliku količinu rudista i rudistnog kršja, koji se svojom svjetlijom bojom posebice ističe u tamnosmeđem matriksu. Kamen Rasotica se svrstava u grupu kamena izuzetnog i jedinstvenog izgleda. Ta njegova dekorativna značajka znatno povećava vrijednost (tektonski poremećenog) ležišta tako da se zbog nje prodaju mali blokovi koji inače u drugim kamenolomima zbog svojih dimenzija predstavljaju kameni otpad.



Slika 12. Kamenolom Žaganj Dolac

Ista vrsta kamena kao i u kamenolomu Sivac eksploatira se na zapadnoj strani otoka Brača u kamenolomu Milovica (Slika 13). U formaciji gornje krede oko 3 km od kamenoloma Milovica nalazi se kamenolom Dragonjik u kojemu se također eksploatira kamen tipa Sivac sa znatno drugačijim izgledom, pa na tržište dolazi pod imenom Dračevica.



Slika 13. Kamenolomi Milovica i Dragonjik

Rudistni vapnenci gornje krede protežu se i na najjužnijem dijelu regije. U kontinentalnom području najjužnijeg dijela regije sjeverozapadno od Dubrovnika nalazi se kamenolom Visočani (Slika 14) u kojemu se eksploatira fosiliferizirani rudistni vapnenac po izgledu sličan bračkom "mramoru".



Slika 14. Kamenolom Visočani

U sedimentima paleogena u kontinentalnom dijelu regije eksploatira se konglomerat Rozalit u Pakovom selu kraj Drniša, sličan konglomerat Marići u kamenolomu Marići istočno od Obrovca. U blizini Radošića kraj Sinja eksploatira se povremeno i izvanredno dekorativni vapnenac Alkasin, koji se javlja u više inačica (Slika 15).



Slika 15. Arhitektonsko građevni kamen Rozalit, Marići i Alkasin

Na Mosoru kraj mjesta Dolac Donji, uz opisana ležišta gornje krede, eksploatira se u naslagama paleogena u kamenolomu Putišići kamen komercijalnog naziva Jadran zeleni (Slika 16).



Slika 16. Jadran zeleni

3. OTVARANJE I RAZRADA LEŽIŠTA

Arhitektonsko-građevni kamen se, kao i ostale mineralne sirovine, eksploatira površinski i podzemno. Neka se ležišta mogu otvarati i kombiniranim načinom, tj. površinskim i podzemnim kopom. Plića se ležišta redovito eksploatiraju površinski, a dublja podzemno. Razvojem mehanizacije prikladne za uklanjanje i odvoz velikih količina jalovine omogućena je površinska eksploatacija do većih dubina. S gledišta ekonomskog uspjeha, veći su površinski kamenolomi imali prednost. 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.

Pri odluci o načinu otvaranja temeljna misao vodilja mora biti najekonomičniji i najsigurniji način što potpunijeg vađenja blokova iz kamenoloma. Temelj za izbor načina otkopavanja je samo ležište, odnosno polje mineralne sirovine sa svim svojim podzemnim i površinskim značajkama. To su uglavnom slijedeći čimbenici: kakvoća i količina kamena, dekorativnost i ujednačenost boje, položaj slojeva, ujednačenost debljine slojeva, raspored i prostorni odnos diskontinuiteta, zemljopisni položaj i konfiguracija terena, kapacitet proizvodnje, životna dob ležišta itd. Narav naslaga koje prekrivaju eksploatacijski sloj kamene mase, stupanj kompaktnosti, tvrdoća, žilavost, vodonosnost, poglavito debljina tih naslaga, često su odlučujući čimbenici izbora površinskog ili podzemnog otvaranja kamenoloma. Prednost podzemnoj eksploataciji daje se u slučaju debelih jalovih pokrova velike čvrstoće, poglavito kad je konfiguracijski položaj takav da se jednom dijelu ležišta može prići bez uklanjanja takve jalovine.



Kamenolomi s podzemnim načinom eksploatacije dijele se samo po metodi eksploatacije, iako se uglavnom svi eksploatiraju sa komorno-stupnom metodom otkopavanja. Pri primjeni ove metode dijele se na one koji imaju pravilan i na one koji imaju nepravilan raspored zaštitnih stupova.

Klimatske prilike također utječu na izbor otvaranja podzemnog kamenoloma. Zimi se na površinskim kamenolomima ne može piliti zbog smrzavanja vode. Veliki broj podzemnih kamenoloma u području Carrare otvoren je baš iz tog razloga. Najčešće isti vlasnik ima površinski kamenolom u kojem radi veći dio godine, dok se u podzemlju radi sezonski - uglavnom zimi. Pri donošenju odluke je li bolje otvoriti kamenolom s površinskim ili podzemnim načinom rada, ne smiju se zanemariti ni poteškoće pri rješavanju imovinsko pravnih odnosa nadasve sve stroži zahtjevi očuvanja prirode. S tih motrišta prednost ima podzemna eksploatacija poglavito u područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti, gdje je i najveći broj naših kamenoloma.

3.1. Zauzimanje prostora

Najveći ekološki problem je zauzimanje prostora u svrhu eksploatacije i prijevoza kamena. Zbog promjene konfiguracije terena uslijed rudarskih radnji, dolazi do trajne promjene krajolika u estetskom smislu. Pejzažne promjene započinju tijekom rudarenja i u pretežitom dijelu ostaju stalno prisutne. Izgled ležišta arhitektonskog kamena, za razliku od ležišta tehničkog kamena, ne predstavlja izrazito nagrđivanje okoliša, jer pravilno ispiljene površine, ostavljaju dojam središtenosti i čistoće okoliša. Nedostatak ležišta arhitektonskog kamena (u odnosu na ležišta tehničkog kamena) u pogledu zauzimanja prostora je što se u njima, javljaju velike količine kamenog otpada ("jalovine"), pa su potrebna i veća odlagališta. Mogućnost dobivanja blokova arhitektonskog kamena ovisi prije svega o raspucalosti stijenske mase (blokovitost ležišta). Pukotinski sustavi pri eksploataciji arhitektonskog, za razliku od tehničkog kamena, imaju općenito negativan značaj, jer razbijaju stijensku masu na manje nepravilne komade što smanjuje mogućnost dobivanja većih blokova, odnosno povećava količinu otkopnih gubitaka. Zbog toga, eksploataciju arhitektonskog kamena karakterizira nastanak velikih količina kamenog otpada koji 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.

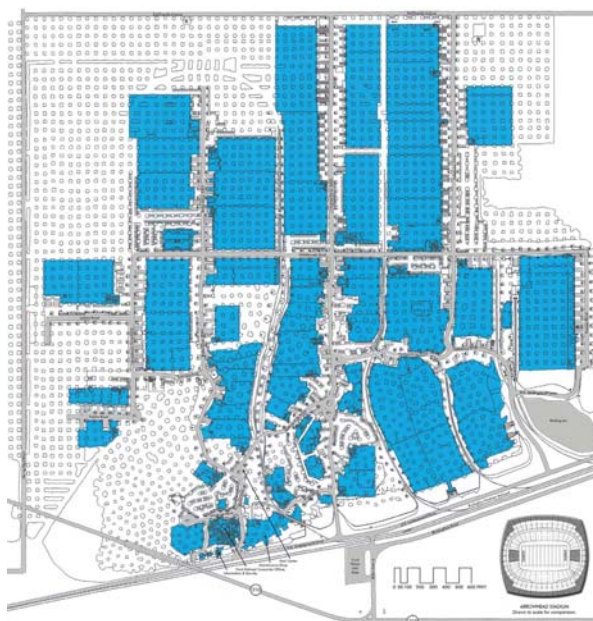
4. PODZEMNO OTKOPAVANJE

S ekološkog motrišta zaštite prirode i očuvanja okoliša najprihvatljivija je podzemna eksploatacija, poglavito u područjima naglašene pejzažne i turističke vrijednosti. Podzemnom eksploatacijom se u najmanjoj mjeri djeluje na tlo, biljni i životinjski svijet, čuva se reljef i gotovo ne mijenja cjelovita prepoznatljiva slika krajolika. Prilikom podzemne eksploatacije, ne dolazi do stvaranja velikih količina jalovog materijala što smanjuje potrebu za velikim odlagalištima, koja nagrđuju okoliš. Završene galerije koje karakterizira veliki slobodni čvrsti prostor pruža velike mogućnosti njegove prenamjene. Završeni prostori se mogu prenamijeniti (iznajmiti) dok u drugim traje eksploatacija. To omogućuje sam način otvaranja i razrada podzemnog ležišta. Veliki broj neovisnih ulaza i spojnih prostorija omogućava neovisno korištenje pojedinih prostora unutar kopa. Temperaturne prilike u tim prostorima također pogoduju njihovoj prenamjeni (primjerice za skladišta i slične namjene). Općenito se može reći da su prednosti podzemne eksploatacije sljedeće:

- smanjenje troškova proizvodnje,

- poboljšanje uvjeta rada (radi se s "krovom nad glavom"),
- smanjena potreba za velikim jalovištem,
- manji broj ljudi na eksploataciji,
- izvođač radova ne mora biti vlasnik zemljišnih parcela na površini,
- uporaba eksploatiranih podzemnih prostora (skladišta, odlagališta otpada...).

Najbolji primjer za prenamjenu podzemnog kamenoloma je najveći podzemni poslovni kompleks – Subtropolis (Slika 17), smješten blizu Kansas Cityja, multifunkcionalni prostor za industriju i skladištenje te kao poslovni prostor (Slike 18 i 19).



Slika 17. Karta Subtropolisa i usporedba njegove veličine s veličinom stadiona Arrowhead u Kansas Cityju koji prima 70.000 gledatelja



Slika 18. Skladišni prostor u Subtropolisu



Slika 19. Poslovni prostor u Subtropolisu

Subtropolis je napravljen na području 270 milijuna godina starog ležišta vapnenca koji se eksploatirao s najčešćom metodom podzemne eksploatacije, komorno-stupnom metodom. Prednosti Subtropolisa su:

- mali troškovi iznajmljivanja prostora,
- mali troškovi komunalija,
- ugodno okruženje za rad (sve je suho, ceste su popločene i veoma prostrane...) što automatski rezultira i većom produktivnosti rada.

Kao nedostatke podzemne eksploatacije može se istaknuti sljedeće:

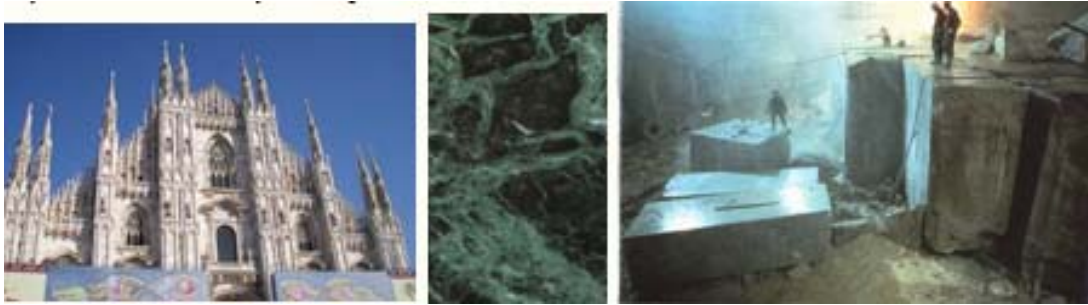
- veći početni troškovi otvaranja ležišta,
- osiguranje stabilnosti komora i stupova (stalna mjerenja, eventualno podgrađivanje otkopanih prostora),
- posebna mehanizacija,
- vjetrenje i eventualno odvodnjavanje,
- radna snaga osposobljena za rad u podzemlju.

4.1. Primjeri podzemne eksploatacije AGK

U Italiji u Apuanskim alpama se u današnje vrijeme oko 10 % ležišta mramora eksploatira podzemno. Isto su tako dobro poznati primjeri podzemne eksploatacije u Candogli pokraj jezera Maggiore gdje se eksploatira kamen za restauraciju Milanske katedrale još od XV.



stoljeća te osim toga prekrasni serpentinizirani mramor „Verde Patrizia“ u Val d'Aosti (Slika 20).



Slika 20. Milanska katedrala, serpentinizirani mramor „Verde Patrizia“ i podzemni kamenolom u Carrari

U Velikoj Britaniji u pokrajini Devon kod mjesta Beer se eksploatirao kamen još od Rimskih vremena tijekom gotovo 2000 godina. Eksploatiran je kristalinični vapnenac za izgradnju 24 katedrale uključujući: Exetersku katedralu, Winchestersku katedralu, Sv. Pavla katedralu u Londonu, dijelove Westminsterske opatije, Londonsku kulu (Tower of London) i Hamptonšku palaču (Hampton Court). Podzemni kamenolom se prostire na površini od gotovo 30 hektara. Na slici 21 je prikazan dio podzemnog kompleksa još od vremena Tudora. Kamenolom je danas neaktivan.



Slika 21. Podzemni kamenolom pokraj mjesta Beer u Velikoj Britaniji

Pokraj grada Bath, također u Velikoj Britaniji, podzemno se otkopava zlatno obojeni srednje jurski vapnenac iz razloga znatno pooštrenih uvjeta zaštite okoliša (Slika 22).



Slika 22. Podzemni kamenolom pokraj mjesta Bath u Velikoj Britaniji



Portlandski vapnenac je korišten za izgradnju Sv. Pavla katedrale i Buckinghamske palače. Obzirom da se ležište zapravo nalazi na otoku 7 km dugačkom i 3 km širokom površinska eksploatacija nije više bila moguća pa se od 2002. kamen eksploatira podzemno pod reklamnim sloganom: Kriket na površini, a ispod rudarenje (Slika 23).



Slika 23. Podzemni kamenolom iz kojeg se eksploatira portlandski vapnenac

U Sloveniji se od 1993. godine pokraj mjesta Hotavlje 50 km sjeverozapadno od Ljubljane podzemno eksploatira obojeni mramor, a zapadno od Hotavlja, uz granicu s Italijom, se također razvijaju podzemna radilišta u kamenolomu „Lipica 2“ (Slika 24).



Slika 24. Podzemni kamenolomi u Republici Sloveniji, Hotavlje i Lipica 2

Sitnozrni vapnenac pod komercijalnim imenom „Belgijski crni“ se podzemno eksploatira pokraj mjesta Golzinne, jugozapadno od Brüssela još od 1928. godine (Slika 25). Kamen se trenutačno otkopava iz komora 10 metara širokih i 3,30 metara visokih na dubini od 70 metara ispod površine terena.



Slika 25. Izvoz blokova iz podzemnog kamenoloma kod mjesta Golzinne u Belgiji



Pentelički mramor za restauraciju akropole se od 1994. godine podzemno otkopava u kamenolomu Dionyssos pokraj Atene (Slika 26), a od 2007. također podzemno u kamenolomu Volakas pokraj grada Drame. Glavni razlog zašto se eksploatacija odvija podzemnim načinom je taj što se nije mogla dobiti dozvola za mjesto za odlaganje površinskih jalovih naslaga, odnosno jalovište.



Slika 26. Podzemna eksploatacija mramora pokraj Atene u Grčkoj

U Americi se pokraj grada Marble (*mramor*) u Coloradu podzemno eksploatira mramor pod imenom „Colorado Yule“ u, prema navodima, najvećem ležištu takvog tipa u svijetu.



Slika 27. Podzemna eksploatacija mramora u SAD-u



U sjeveroistočnom dijelu Brazila, oko 2.500 km od Sao Paula se podzemno eksploatira plavi kvarcit (Slika 28).



Slika 28. Ulaz u podzemni kamenolom kvarcita u Brazilu

Ispod sjevernog predgrađa glavnog grada Moldavije, Kišinjeva, se podzemno eksploatira vapnenac od 1969. godine. Interesantno je da je podzemni kamenolom (Slika 29) otvoren nakon što se u napuštenom rudniku htjelo otvoriti vinski podrum pa se prilikom obnove podzemnih hodnika ustanovilo da okolne stijene tvori bijeli vapnenac izvrsnih karakteristika za upotrebu kao arhitektonsko građevni kamen. Eksploatabilni sloj je debljine 8 do 10 metara, a nalazi se na dubini od 60 do 80 metara ispod površine. Ukupno dokazane rezerve iznose gotovo 44 milijuna kubičnih metara.



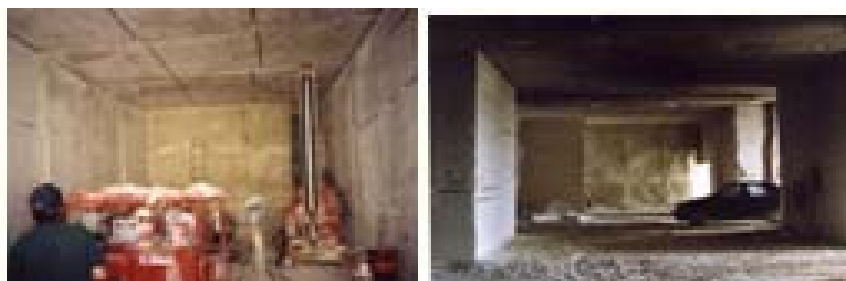
Slika 29. Podzemni kamenolom vapnenca u Moldaviji

U dolini rijeke Mirne zapadno od Buzeta, nizvodno od njezina kanjonskog dijela (Željezna vrata), iznad sela Sveti Stjepan nalazi se istoimeni napušteni dobroočuvani podzemni kamenolom arhitektonsko građevnog kamena s nizom ulaznih otvora i podzemnih galerija (Slika 30). Procjenjuje se da je kamenolom otvoren polovicom XVIII. stoljeća, a radio je aktivno do 1960. godine, kada je sirovina bila praktički iscrpljena. Ušćuvane galerije s potpornim (sigurnosnim) stupovima i vidljivim, jasno izraženim, strukturnim sklopom stenske mase starog kamenoloma Sveti Stjepan, korisno su poslužili pri izučavanju elemenata i parametara pri otvaranju podzemne eksploatacije u ležištu Kanfanar.



Slika 30. Napušteni podzemni kamenolom Sveti Stjepan u Istri

Jedino aktivno ležište koje se danas eksploatira podzemnim načinom otkopavanja je ležište Kanfanar u Istri. Probna podzemna eksploatacija u ležištu Kanfanar započela je 1995. Probni je kamenolom otvoren ispod male otkrivke, jer je to bilo jedino mjesto gdje se moglo raditi bez utjecaja na redovnu proizvodnju.



Slika 31. Podzemna eksploatacija u ležištu Kanfanar u Istri

LITERATURA

1. Dunda, S., Kujundžić, T., Globan, M., Matošin, V. Eksploatacija arhitektonsko građevnog kamena, Digitalni udžbenik, URL: http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/knjiga.html (datum pristupa:25.07.2013.)
2. Daniel, P., Careddu, N. Underground mining in perspective. URL: <http://www.litosonline.com/en/articles/en/126/underground-mining-perspective> (datum pristupa: 25.07.2013.)
3. Hunt Midwest. SubTropolis, The World's largest Underground Business Complex. URL: <http://www.huntmidwest.com/subtropolis> (datum pristupa:10.08.2013.)



4. S.A. „Mina din Chisinau“. Technology. URL:
<http://www.mina.md/index.php?go=technology> (datum pristupa:15.08.2013.)
5. Sava, M., 2009. FINALE marbre noir belge. URL:
http://artsrtlettres.ning.com/photo/finale-marbre-noir-belge?xg_source=activity (datum pristupa: 15.08.2013.)
6. West, I.,2011. Geology of the Wessex Coast of Southern England. URL:
<http://www.southampton.ac.uk/~imw/Portland-Quarries.htm> (datum pristupa: 15.08.2013.)