Mogućnosti podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dinaridima

Kosović, Kristian

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:074759

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij rudarstva

MOGUĆNOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U DINARIDIMA

Završni rad

Kristian Kosović

R4193

Zagreb, 2020.

KLASA: 602-04/20-01/92
URBROJ: 251-70-03-20-2
U Zagrebu, 16.09.2020.

Kristian Kosović, student

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/20-01/92, UR.BR. 251-70-12-20-2 od 28.04.2020.. godine priopćujemo temu završnog rada koja glasi:

MOGUĆNOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U DINARIDIMA

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o završnom ispitu dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Ivo Galić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Doc. dr. sc. Dubravko Domitrović

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor Kuhinek

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Završni rad

MOGUĆNOSTI PODZEMNE EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U DINARIDIMIA

Kristian Kosović

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U završnom radu biti će opisane mogućnosti podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dinaridima. Opisat će se neki od dosadašnjih podzemnih rudarskih radova u okruženju. Prikazati će se galerije iz okruženja te se osvrnuti na podzemnu eksploataciju u Istri te na području Crvene Stijene kod Jajca. Prikazat će se područja u Hrvatskoj gdje postoji mogućnosti eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena i dati prijedlog daljnjih aktivnosti.

Ključne riječi: Dinaridi, podzemna eksploatacija, arhitektonsko-građevni kamen, potencijalnost.

Završni rad sadrži: 29 stranica, 23 slike.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Trpimir Kujundžić, redoviti profesor RGNF
Dr. sc. Davor Pavelić, redoviti profesor RGNF

Datum obrane: 28. rujna 2020., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SADRŽAJ

1. UVOD 6

2. OPĆENITO O PODRUČJU ISTRAŽIVANJA 7

2.1. Zemljopisni položaj 7

2.2. Geološke značajke 8

2.3. Klimatske značajke 8

3. PRIMJERI DOSADAŠNJE PODZEMNE EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U HRVATSKOJ I BLIŽEM OKRUŽENJU 9

3.1. Početak podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Istri 10

3.2. Kanfanar 11

3.3. Hotavlje 12

3.4. Sežana 13

3.4. Carrara 15

4. PRIMJERI PERSPEKTIVNIH LEŽIŠTA ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U HRVATSKOJ I BLIŽEM OKRUŽENJU 16

4.1. Eksploatacijsko polje Crvene Stijene 16

4.2. Istražni prostori Ljut i Sreser II 19

5. RUDARSKO-GEOLOŠKA I PROSTORNO-PLANSKA ANALIZA PERSPEKTIVNIH PODRUČJA ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU A-G KAMENA 21

5.1. Prijedlog daljnjih aktivnosti u cilju pokretanja podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena 27

6. ZAKLJUČAK 28

7. LITERATURA 29

POPIS SLIKA

Slika 2-1 Karta Dinarida (https://www.dinarskogorje.com/planine.html) 7
Slika 2-2 Geološke subregije Dinarida (https://bs.wikipedia.org/wiki/Dinaridi#Geologija) 8
Slika 3-1 Podzemni kop Sveti Stjepan (Kristian Kosović, 2019)..... 10
Slika 3-2 Eksploatacijsko polje Kanfanar (Google Earth) 11
Slika 3-3 Podzemni kop Kanfanar (https://www.kamen.hr/hr/kamenolomi/kanfanar/)..... 12
Slika 3-4 Otvorene galerije na ležištu Hotavlje..... 13
Slika 3-5 Otvorene galerije na ležištu Marmor Sežana 13
Slika 3-6 Visoke galerije s nepravilnim rasporedom stupova, Marmor Sežana, Slovenija. 14
Slika 3-7 Područje Carrare, Apuanske Alpe (Google Earth)..... 15
Slika 3-8 Podzemna prostorija u podzemnom kamenolomu na području Carrare (https://www.gigling.de/the-marble-quarries-in-fantiscritti-carrara/?lang=en)..... 15
Slika 4-1 Istražna galerija na ležištu a-g kamena Crvene Stijene (Dragičević i dr., 2015). 17
Slika 4-2 Raspored zaštitnih stupova na ležištu a-g kamena Crvene Stijene (Čavar, 2011). 18
Slika 4-3 Prikaz 3D modela galerija, Crvene stijene (Čavar, 2011)..... 18
Slika 4-4 Geološka karta šireg područja predloženog istražnog prostora arhitektonsko-građevnog kamena „Ljut“ i „Sreser II“ , prema OGK SFRJ M 1:100 000, list Korčula (Korolija i dr., 1975)..... 19
Slika 4-5 Legenda kartiranih jedinica (Korolija i dr., 1975). 20
Slika 4-6 Poprečni presjek galerija na IP Ljut (Galić, 2020)..... 20
Slika 4-7 Idejno rješenje rasporeda galerija na IP Ljut (Galić, 2020). 20
Slika 5-1 Potencijalnost AGK i TGK u Zadarskoj županiji (https://www.hgi-cgs.hr/Zadarska-zupanija.htm). 21
Slika 5-2 Pregledna karta ograničene geološke potencijalnosti sirovina Istarske županije. (https://www.hgi-cgs.hr/istarska_zupanija.html). 22
Slika 5-3 Karta ograničene geološke potencijalnosti mineralnih sirovina Primorsko-goranske županije (https://www.hgi-cgs.hr/primorsko_goranska.html). 23
Slika 5-4 Karta geološke potencijalnosti mineralnih sirovinia na području Šibensko-kninske županije (https://www.hgi-cgs.hr/Sibensko-kninska-zupanija.htm)..... 24
Slika 5-5 Karta potencijalnosti mineralnih sirovina Splitsko-dalmatinske županije (https://www.hgi-cgs.hr/MS_potencijalnosti/splitska.html)..... 25
Slika 5-6 Karta valorizacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dubrovačko-neretvanskoj županiji (https://www.hgi-cgs.hr/Dubrovacko-neretvanska-zupanija.htm). 26

1. UVOD

U završnom radu bit će opisani dosadašnji podzemni rudarski radovi u okruženju i metode koje se koriste u svijetu. Prikazat će se primjeri iz okruženja i osvrnuti na neke od njih. Fokus će biti na područje Dinarida, koje ulazi u sastav Hrvatske, Bosne i Hercegovine te Slovenije.

Arhitektonsko-građevni kamen jedna je od najvrjednijih nemetalnih mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj. Osnovne karakteristike eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj su:

- relativno veliki broj eksploatacijskih polja;
- relativno mala ulaganja u objekte prerade (kamene ploče, kamena galanterija i ostali oblici prerade za krajnju potrošnju);
- pogodne lokacije za izvoz (blizina mora);
- mala iskoristivost izvađene mineralne sirovine (u prosjeku približno 20%);
- dugogodišnja izobrazba kadrova;
- sporo uključivanje novih tehnoloških postupaka eksploatacije i prerade (Živković i dr., 2008).

Predviđen je rast od 4% kao procjena proizvodnje do 2035. godine, dok je procjena da će potražnja za arhitektonsko-građevnim kamenom porasti za 3-4 puta u sljedećih 20 godina u odnosu na današnju proizvodnju.

Cilj završnog rada je prikazati mogućnosti podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dinaridima. Kroz rudarsko-geološku i prostornu-plansku analizu područja u Dinaridima bit će prikazane sve prednosti i nedostatci ovog tipa eksploatacije. Glavni orijentiri za određivanje potencijalnih mikrolokacija i litološki najpovoljnijih područja na kojima nalazimo kvalitetan blokoviti arhitektonsko-građevni kamen su litološke karte potencijalnih zona izdvojenih na temelju geoloških karata mjerila 1:100 000 i kriterija iz prostornih planova te formalno-pravni uvjeti koji će omogućiti jednostavno ishođenje potrebnih dozvola za rad. Nakon osvrta na provedene analize dat će se prijedlog daljnjih aktivnosti koje će voditi prema gospodarski i ekološki prihvatljivoj eksploataciji.

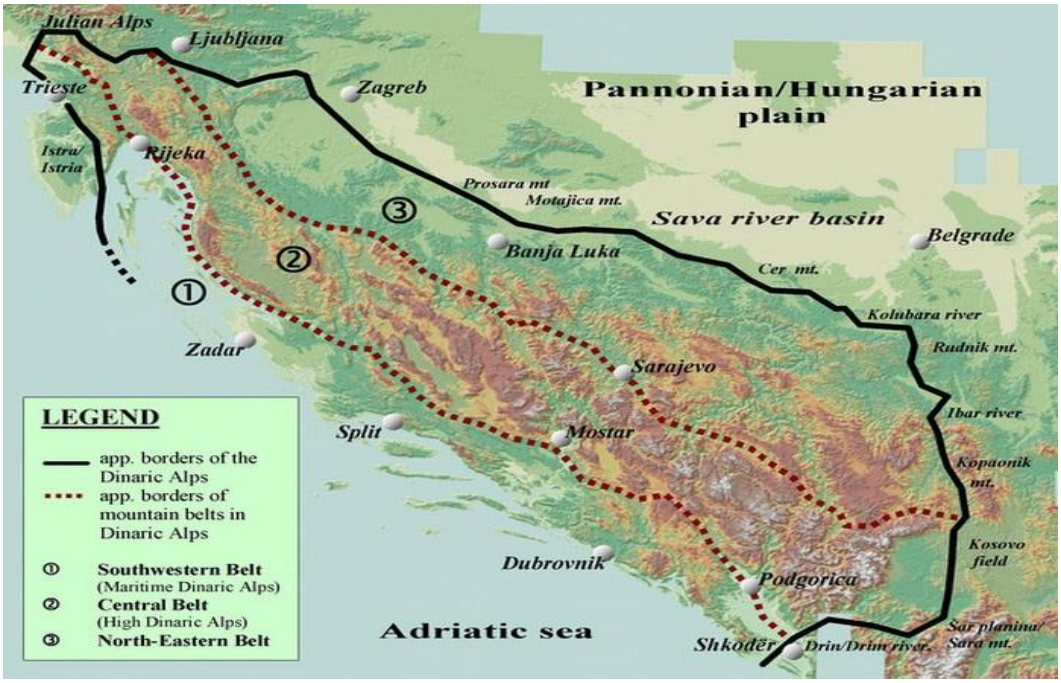
2. OPĆENITO O PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

Pojam Dinaridi obuhvaća Dinarsko gorje između rijeke Soče na sjeverozapadu i crte Skadar-Peć na jugoistoku. Protezanje Dinarida je u smjeru sjeverozapad-jugoistok osim u srednjodalmatinskom prostoru gdje je, mjestimično, smjer pružanja istok-zapad.

2.1. Zemljopisni položaj

Područje Dinarida prekriva oko 200 000 km^2 i proteže se 645 km kroz južnu i jugoistočnu Europu pritom ulazeći u sastav 7 država: Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Srbije, Crne Gore, Kosova i Albanije (Slika 2-1).

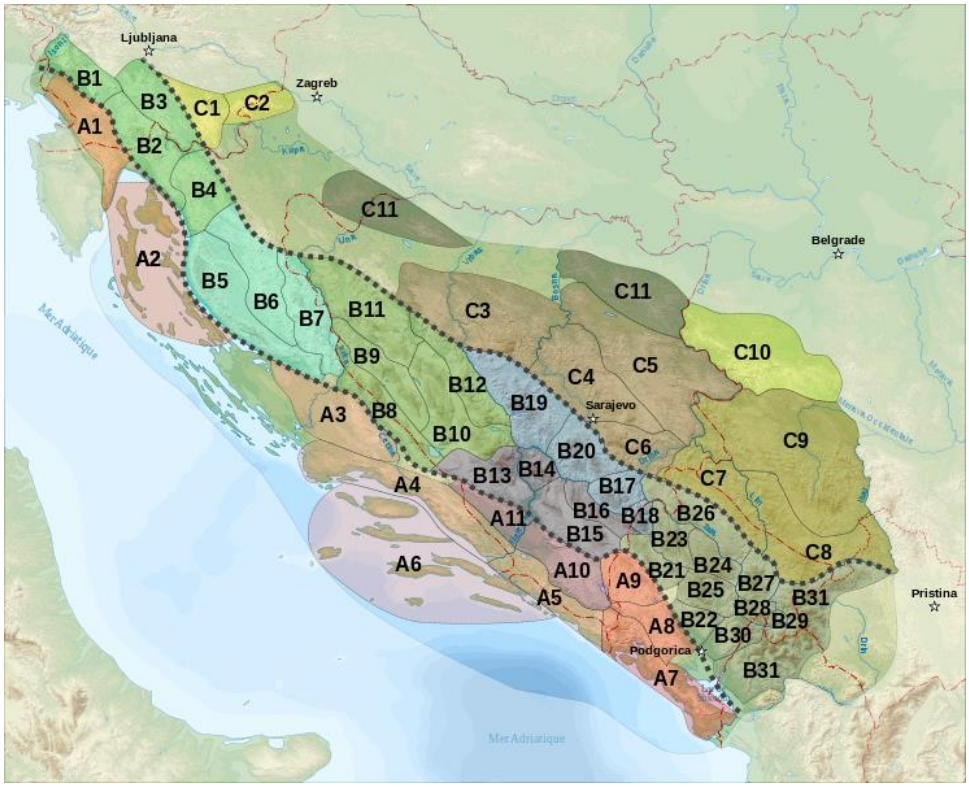
Dinarsko gorje možemo podijeliti na primorski, središnji i sjeveroistočni pojas. Primorski pojas nalazi se neposredno uz obalu Jadranskog mora te obuhvaća planine sjevernog Jadrana, Dalmacije, središnje Crne Gore te područje niske Hercegovine. U središnji pojas možemo svrstati krške visoravni Slovenije i Hrvatske, planine Like, Dinaru, planine zapadne Bosne, planine visoke Hercegovine, središnje bosansko – hercegovačke planine te planine Crne Gore i Prokletije. Sjeveroistočni pojas obuhvaća planine slovenske Dolenjske i sjeverozapadne Hrvatske, planine srednje i istočne Bosne, planine Starog Vlaha i Raške, planine sjeverozapadne Srbije te Peripanonske planine.



Slika 2-1 Karta Dinarida (https://www.dinarskogorje.com/planine.html)

2.2. Geološke značajke

U primorskom pojasu prevladavaju kredni i eocenski vapnenci te eocenski fliš. Središnji je pojas građen ponajviše od mezozojskih vapnenaca (na površini krednih, a u unutrašnjosti trijaskih) i dolomita sa zavalama jezerskih sedimenata iz mlađeg tercijara. Dinarsko gorje sastoji se iz vapnenačkog područja na jugozapadu, u kojem prevladava krš (rijetki površinski vodeni tokovi), i područja na sjeveroistoku s pokrivenim kršem (gusta riječna mreža). Krš je najjače razvijen u primorskom pojasu Dinarskog gorja, od srednje Soče do Bojane i Skadarske kotline. Najviši dijelovi Dinarskog gorja pružaju se usporedno s Jadranskim morem od sjeverozapada prema jugoistoku. Na slici 2-2 vidimo podjelu Dinarida na geološke subregije gdje se oznaka A odnosi na primorski pojas, oznaka B na središnji pojas te oznaka C na sjeveroistočni pojas (Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020).



Slika 2-2 Geološke subregije Dinarida (https://bs.wikipedia.org/wiki/Dinaridi#Geologija)

2.3. Klimatske značajke

Duž područja Dinarida možemo pronaći sve tipove klime, pa tako u hrvatskim dinarskim planinama prevladava planinska klima, a u primorju i dijelu zaleđa sredozemna klima. Na području sjevernog Jadrana djeluje submediteranska klima, kao i u Dalmatinskoj zagori.

3. PRIMJERI DOSADAŠNJE PODZEMNE EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U HRVATSKOJ I BLIŽEM OKRUŽENJU

U Hrvatskoj se ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, koja se eksploatiraju, nalaze uglavnom u primorskom dijelu na području Istre i Dalmacije, poglavito na otoku Braču i Korčuli. Postoji 44 različita varijeteta prirodnog kamena u Hrvatskoj koji se eksploatiraju na 114 eksploatacijskih polja (Živković i dr., 2008). Dominantni način eksploatacije je površinskim kopovima, osobito po zastupljenosti broja eksploatacijskih polja. No, po udjelu količine, odnosno intenzitetu eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena može se utvrditi da je odnos podzemne i površinske eksploatacije oko 1:3. Dominantni udio u eksploataciji imaju eksploatacijska polja pod upravom Kamen d.d. Pazin: Kanfanar i Korenići, gdje se dobiva oko 30 000 m^3/god. blokova arhitektonsko-građevnog kamena. Površinskom eksploatacijom u Hrvatskoj se dobiva oko 60 000 m^3/god. blokova arhitektonsko-građevnog kamena. Podzemna eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena izvodi se komorno-stupnom metodom, poznatom kao galerijskom metodom. Eksploatacijom blokova izrađuju se prostrane galerije, čije su dimenzije uvjetovane geološkim značajkama ležišta i tehnološkim zahtjevima, s ostavljanjem ili gradnjom potpornih stupova. Takvim načinom eksploatacije dobiva se velika količina blokova uz postizanje sigurnih uvjeta rada i učinkovito iskorištenje ležišta. Kopovi se otvaraju na mjestima gdje je topografija terena takva da se u korisnu masu može ući direktno sa usjekom (Dunda i Kujundžić, 2003).

U nastavku se opisuje i prikazuje nekoliko znakovitih primjera podzemne eksploatacije iz Hrvatske i okruženja.

3.1. Početak podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Istri

Istra spada među rudarski najrazvijenije krajeve u Hrvatskoj. Eksploatacija mineralnih sirovina u Istarskoj županiji tradicionalna je gospodarska grana dok je izvoz arhitektonsko-građevnog kamena jedna od profitabilnijih djelatnosti. Budući da eksploatacija mineralnih sirovina ima veliki utjecaj na prostor i okoliš u županiji gdje je turizam primarna djelatnost, Istarska županija je u cilju očuvanja tradicionalne i važne gospodarske grane postavila jasne ciljeve i planove gospodarenja mineralnih sirovinama. Strateška vizija razvoja Istarske županije je smanjenje broja eksploatacijskih polja i to prvenstveno tehničko-građevnog kamena i davanje prednosti daljnjem istraživanju i eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena sa tendencijom prelaska na podzemne metode eksploatacije. Prvi podzemni kamenolom u Istri bio je kamenolom Sveti Stjepan (slika 3-1) koji je bio aktivan do 1960. godine kada je sirovina praktički iscrpljena. Kamenolom je danas napušten i dobro očuvan sa nizom ulaznih otvora i podzemnih galerija. Danas tvrtka Kamen d.d. Pazin aktivno eksploatira arhitektonsko-građevni kamen podzemnim metodama u kopovima Kanfanar i Korenići.

Slika 3-1 Podzemni kop Sveti Stjepan (Kristian Kosović, 2019)

3.2. Kanfanar

Eksploatacijsko polje Kanfanar (slika 3-2) nalazi se u Istri, kojim upravlja trgovačko društvo Kamen d.d. Pazin koji je predvodnik u podzemnoj eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj. Veliki dio polja eksploatirao se površinskim putem te se, zbog imovinsko pravnih odnosa i zaštite okoliša, na južnom dijelu prešlo na podzemnu eksploataciju.

Slika 3-2 Eksploatacijsko polje Kanfanar (Google Earth)

U podzemnom kopu, koristi se metoda eksploatacije sa nepravilno raspoređenim stupovima (slika 3-3). Kameni blokovi vade se lančanom sjekačicom iz neporemećenih zona dok se stupovi ostavljaju u zonama izrazitih diskontinuiteta. Širina galerija je približno 8,8 m dok su dimenzije stupova 5…6 x 5…6 m x 6 m. Nastojanja su da odnos površine horizontalnog presjeka stupa i otvorene površine galerija bude 1:8. Maksimalna širina prostorija ne smije prelaziti 12,3 m, dok minimalni presjek stupova ne smije biti manji od 12 m^2 (Cotman i Vujec, 2005). Ležište arhitektonsko-građevnog kamena Kanfanar se nalazi na istarskoj mirnoj ploči blagog nagiba od 4°˙ te spada u ležišta velikih mogućnosti. Kamen koji se eksploatira pripada donjokrednim vapnencima i poznat je pod nazivom „Istarski žuti“.

Poradi povoljne tektonike i debelo uslojenih, dobro očuvanih stijena, po pitanju diskontinuiteta, na eksploatacijskom polju „Kanfanar“ iskorištenje arhitektonsko-građevnog kamena je oko 55%.

Slika 3-3 Podzemni kop Kanfanar (https://www.kamen.hr/hr/kamenolomi/kanfanar/)

3.3. Hotavlje

Podzemna eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena u Sloveniji započela je u ležištu šarenog vapnenca paleozojske starosti, Hotavlje I 1993. godine, koji je pod upravom trgovačkog društva Marmor Hotavlje. Eksploatacija se obavlja komorno-stupnom metodom s nepravilno raspoređenim visokim stupovima. Kameni blokovi eksploatiraju se kombiniranom upotrebom lančane sjekačice i dijamantne žične pile koja se do sada pokazala kao ekonomski najučinkovitija. Podzemni kop Hotavlje (slika 3-4) prema veličini i prostoru vađenja spada među najveće u Sloveniji. Godišnja količina iskopanih blokova i tombolona iznosi oko 500 m^3. (Jesenko i dr., 2015)

Poradi nepovoljne tektonike i nejednoliko očuvanih stijena, po pitanju diskontinuiteta, na eksploatacijskom polju „Hotavlje“ iskorištenje arhitektonsko-građevnog kamena je promjenjivo i kreće se od 5 do, uglavnom 15%.

Slika 3-4 Otvorene galerije na ležištu Hotavlje

3.4. Sežana

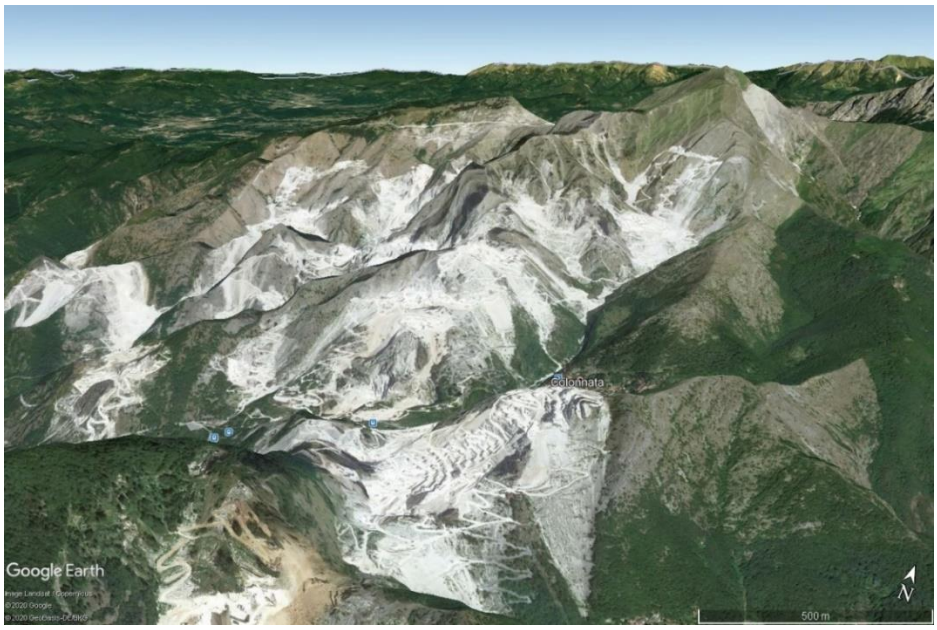
Podzemna eksploatacija gornjokrednog vapnenca na ovom području započela je 2005. godine. Najpoznatiji varijeteti kamena ovog područja su Lipica fiorito i Lipica unito koje eksploatira trgovačko društvo Marmor Sežana (slika 3-5). Visina galerija (slika 3-6) iznosi od 25 do 28 metara. U eksploatacijskom polju Lipica II korištena je komorno-stupna metoda sa nepravilnim rasporedom zaštitnih stupova, a za dobivanje blokova koriste se lančana sjekačica i dijamantna žična pila.

Slika 3-5 Otvorene galerije na ležištu Marmor Sežana

Slika 3-6 Visoke galerije s nepravilnim rasporedom stupova, Marmor Sežana, Slovenija

3.4. Carrara

Na području Carrare u Apuanskim alpama (slika 3-7) eksploatira se najpoznatiji svjetski kamen, donjojurski mramorizirani vapnenac, bijele do sive boje. Eksploatacija datira još iz rimskih doba te je kroz povijest bilo aktivno oko 730 kamenoloma. Danas ta brojka varira oko 160 dok je oko 80 na užem području Carrare. Usprkos padu broja aktivnih kamenoloma, proizvodnja blokova u stalnom je porastu zbog razvoja industrije i tehnologije. U novijoj povijesti, zbog podizanja ekološke svijesti i potrebe za novim rješenjima, sve više kamenoloma na području Carrare prelazi na podzemne metode eksploatacije. Danas podzemni prostori dosežu 120 m širine, 50 m dužine te 80 metara visine (slika 3-8).



Slika 3-7 Područje Carrare, Apuanske Alpe (Google Earth)

Slika 3-8 Podzemna prostorija u podzemnom kamenolomu na području Carrare (https://www.gigling.de/the-marble-quarries-in-fantiscritti-carrara/?lang=en).

4. PRIMJERI PERSPEKTIVNIH LEŽIŠTA ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA U HRVATSKOJ I BLIŽEM OKRUŽENJU

Područje Crvenih Stijena kod Jajca ima veliki potencijal za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena. Trenutno se na lokalitetu obavlja površinska eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena na kojima se eksploatira krupnozrnata karbonatna breča gornjokredne starosti. U kamenu je česta pojava fosiliziranih ostataka dok po boji varira od svjetlo sive do blago crvene boje.

Lokaliteti „Ljut“ i „Sreser II“ na Pelješcu također su primjeri perspektivnih ležišta gornjokrednog vapnenca. Ležišta su detaljno istražena te su u tijeku pripreme za podzemnu eksploataciju. Riječ je o ležištima koja se nalaze u zaštićenom obalnom pojasu i podzemna eksploatacija se pokazala kao realno rješenje za ekonomske, tehnološke i ekološke uvjete eksploatacije, što je uvjetovano prostorno-planskom dokumentacijom.

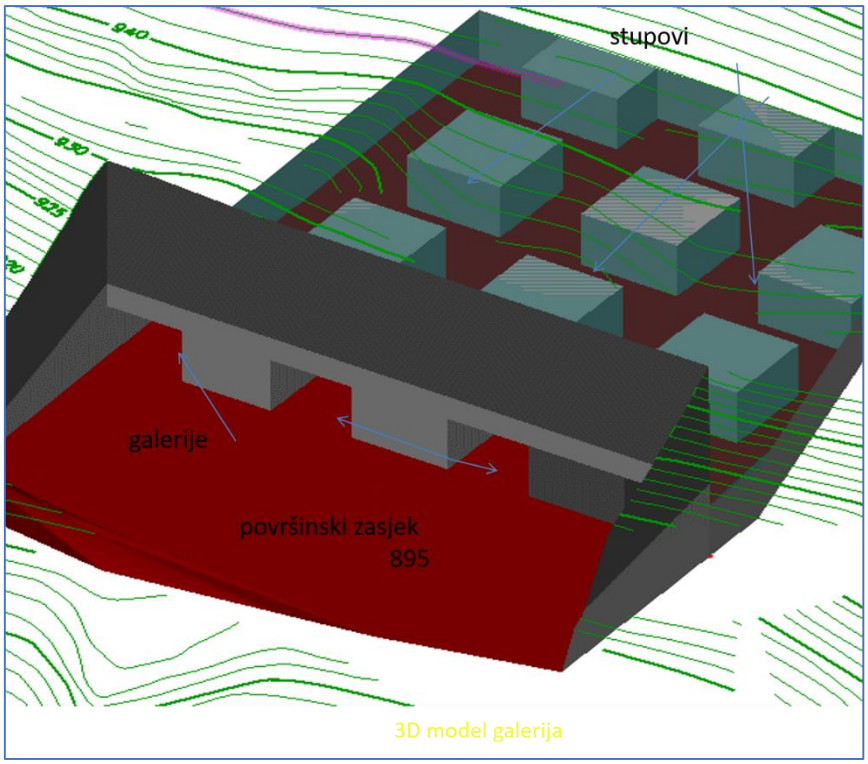
4.1. Eksploatacijsko polje Crvene Stijene

U okolici Jajca na boksitom bogatom lokalitetu Crvene Stijene se istražnim bušenjem ustanovilo kako bi prateća stijena (krovina) mogla biti povoljna za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena. Prva istraživanja su započela 2009. godine izradom probne galerije (slika 4-1) te se analizama utvrdilo kako je prateća stijena dovoljno kompaktna za eksploataciju blokova kamena bez raspucanosti i diskontinuiteta (Dragičević i dr., 2015). Riječ je o karbonatnim brečama koje svojom dekorativnošću mogu svojom visokom cijenom nadomjestiti otežane uvjete otkopavanja i niski koeficijent iskorištenja stijenske mase.

Slika 4-1 Istražna galerija na ležištu a-g kamena Crvene Stijene (Dragičević i dr., 2015).

Na lokaciji će se obavljati kombinirana površinska i podzemna eksploatacija, što će ovisiti o strukturi (debljini) krovinskih naslaga i tehno-ekonomskim uvjetima. Površinska eksploatacija je već započela 2017. godine, a podzemna eksploatacija će započeti nakon izrade pripremnog usjeka. Podzemna eksploatacija će se izvoditi galerijskim načinom otkopavanja. Pri izradi idejnog rješenja eksploatacije korišteni su ranije prikupljeni podaci te iskustveni podaci s drugih ležišta za određivanje dimenzija podzemnih galerija te zaštitnih stupova. Zaštitni stupovi pravilnog su rasporeda u obliku šahovske ploče (slike 4-2 i 4-3). Stupovi su kvadratnog presjeka dimenzija 13x13m, širina galerija 11m dok je visina galerija 4,5m zbog dimenzija lančane sjekačice i utovarivača (Čavar, 2011).

Slika 4-2 Raspored zaštitnih stupova na ležištu a-g kamena Crvene Stijene (Čavar, 2011).

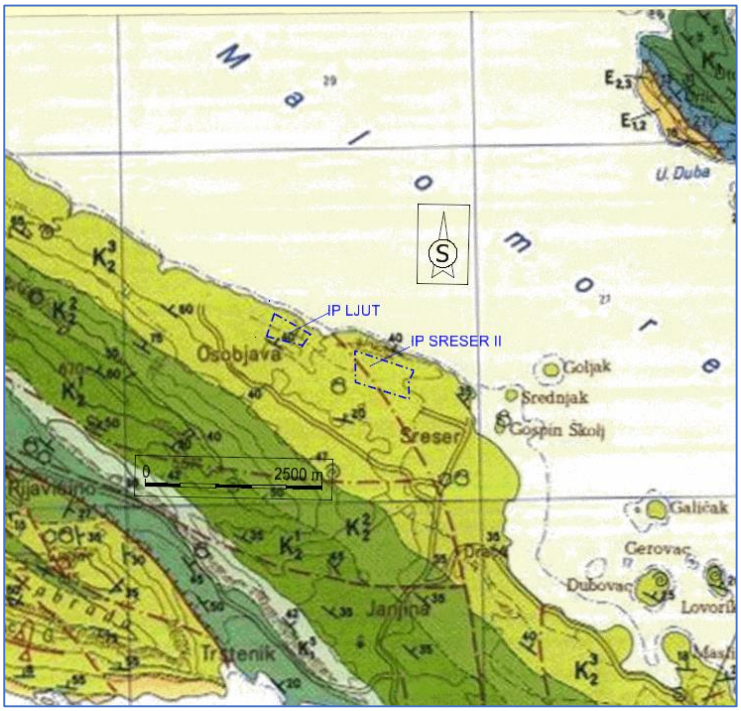


Slika 4-3 Prikaz 3D modela galerija, Crvene stijene (Čavar, 2011).

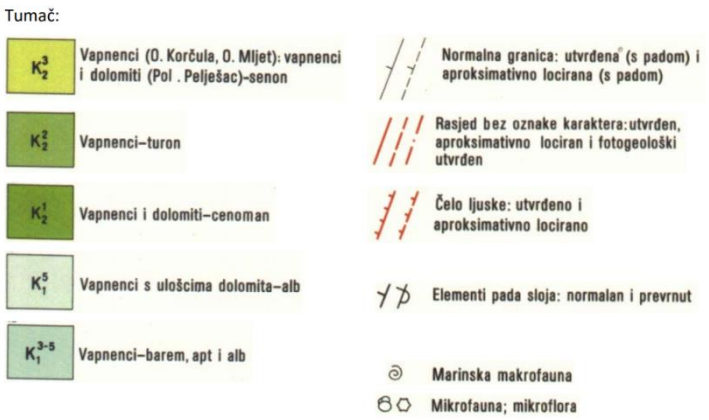
4.2. Istražni prostori Ljut i Sreser II

Istražni prostori Ljut i Sreser II nalaze se u sastavu općine Janjina na Pelješcu (slika 4-4 i 4-5). Prema važećem prostornom planu, moguće je odobrenje eksploatacijskih polja nakon istraživanja i provedene propisane procedure. Provedeno je istražno bušenje, probna eksploatacija te ispitivanje kakvoće mineralne sirovine. Probna eksploatacija neophodna je za određivanje tehnoloških uvjeta eksploatacije kao i za probu prerade kamena (Galić, 2020). Probnom eksploatacijom utvrđen je koeficijent iskorištenja ležišta, tehnološki parametri prerade blokova i postotak dobivanja ploča iz jedinice obujma bloka. Također je određen postotak blokova čije dimenzije odstupaju od standardnih. Oba ležišta detaljno su istražena.

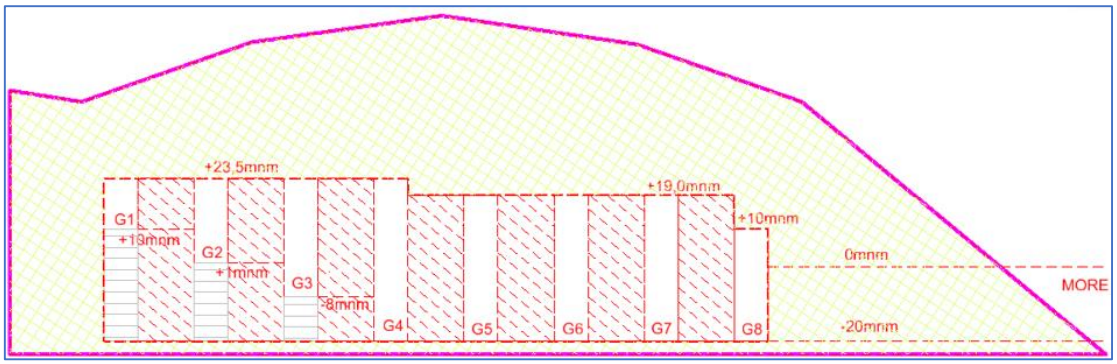
Na istražnom prosotru „Ljut“ planirana je podzemna eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena (Pavelić i Galić, 2019). Eksploatacija će dosezati i 20 m ispod razine mora (slika 4-6) dok će se za podzemnu eksploataciju koristiti komorno-stupna (galerijska) metoda eksploatacije sa pravilnim rasporedom zaštitnih stupova (slika 4-7) uz samohodne lančane sjekačice te otprašivač koji skuplja kamenu prašinu.



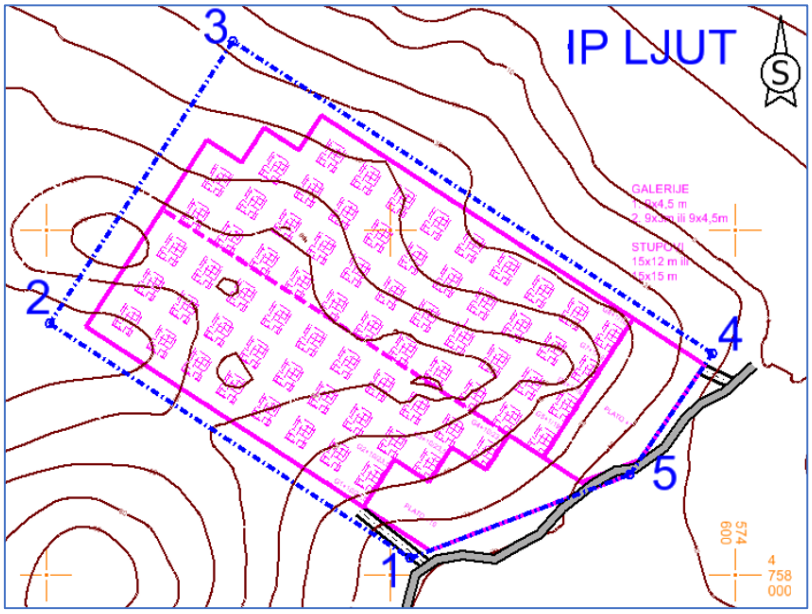
Slika 4-4 Geološka karta šireg područja predloženog istražnog prostora arhitektonsko-građevnog kamena „Ljut“ i „Sreser II“ , prema OGK SFRJ M 1:100 000, list Korčula (Korolija i dr., 1975).



Slika 4-5 Legenda kartiranih jedinica (Korolija i dr., 1975).



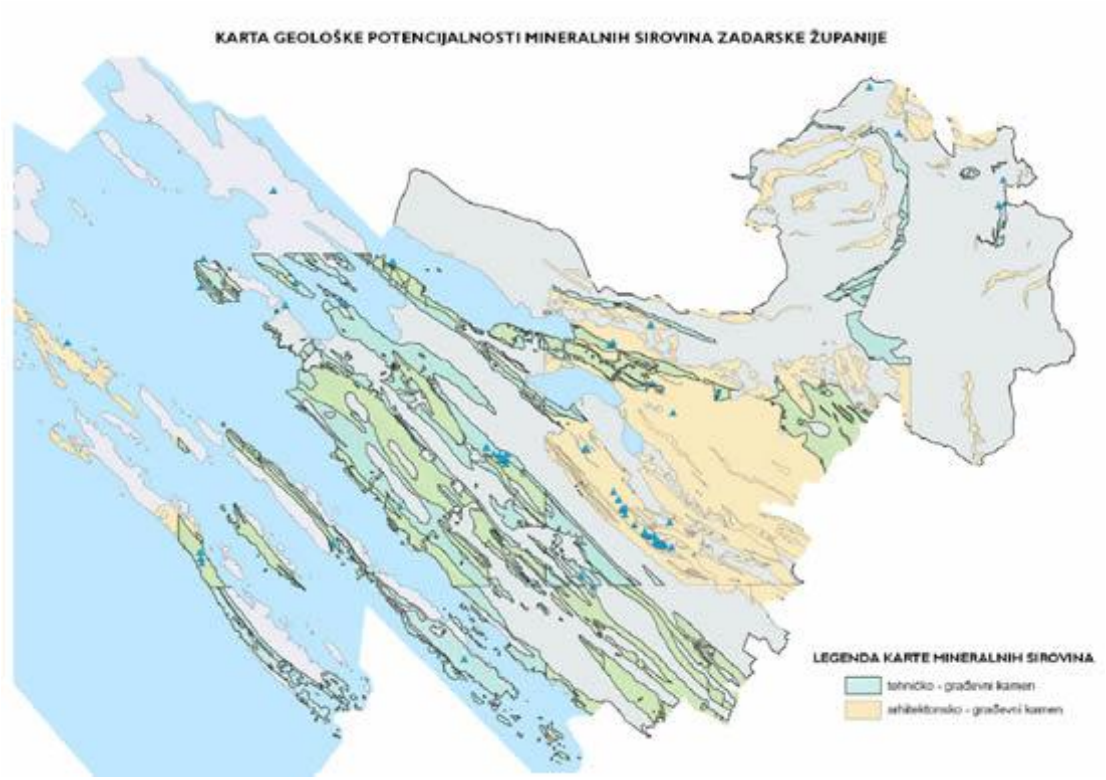
Slika 4-6 Poprečni presjek galerija na IP Ljut (Galić, 2020).



Slika 4-7 Idejno rješenje rasporeda galerija na IP Ljut (Galić, 2020).

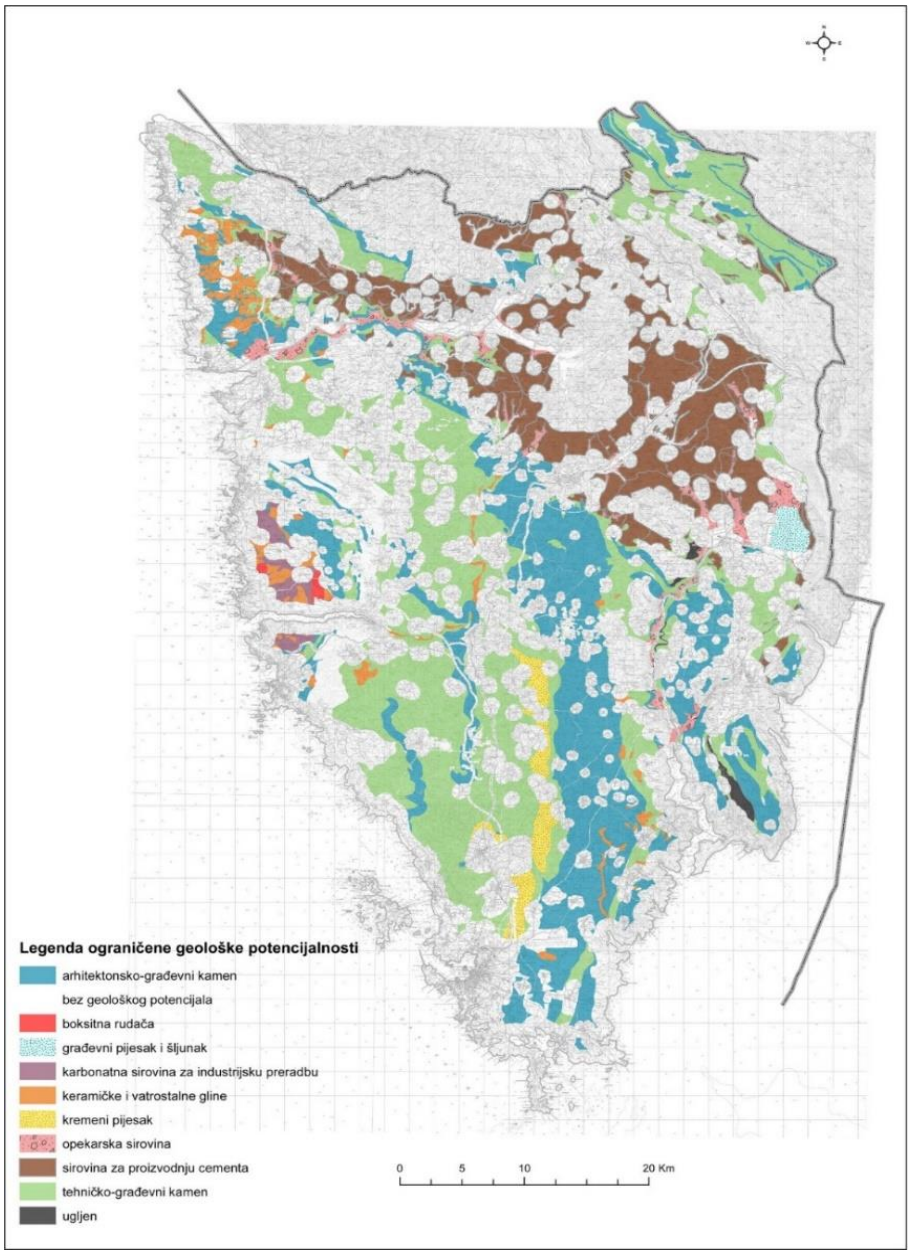
5. RUDARSKO-GEOLOŠKA I PROSTORNO-PLANSKA ANALIZA PERSPEKTIVNIH PODRUČJA ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU A-G KAMENA

Pregledom prostornih planova županija u Hrvatskoj u kojima postoji mogućnost eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena zamijećeno je da podzemni kopovi ne postoje kao lokacije za iskorištavanje mineralnih sirovina stoga se može zaključiti da podzemna eksploatacija nije predviđena. Na temelju rudarsko-geološke studije potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama svakoj od županija utvrdila se potencijalnost mineralnih sirovina prema odredbama za provođenje prostornih planova. Definiran je prostor na kojem je moguće istraživanje i eksploatacija mineralnih sirovina te postoji arhitektonsko-građevni kamen kao posebna stavka. Na priloženim kartama geološke potencijalnosti možemo vidjeti područja na kojima je moguća eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena uzimajući u obzir prostorno-planske uvjete korištenja prostora i geološke podatke pojavljivanja mineralnih sirovina (slike 5-1 do 5-3).



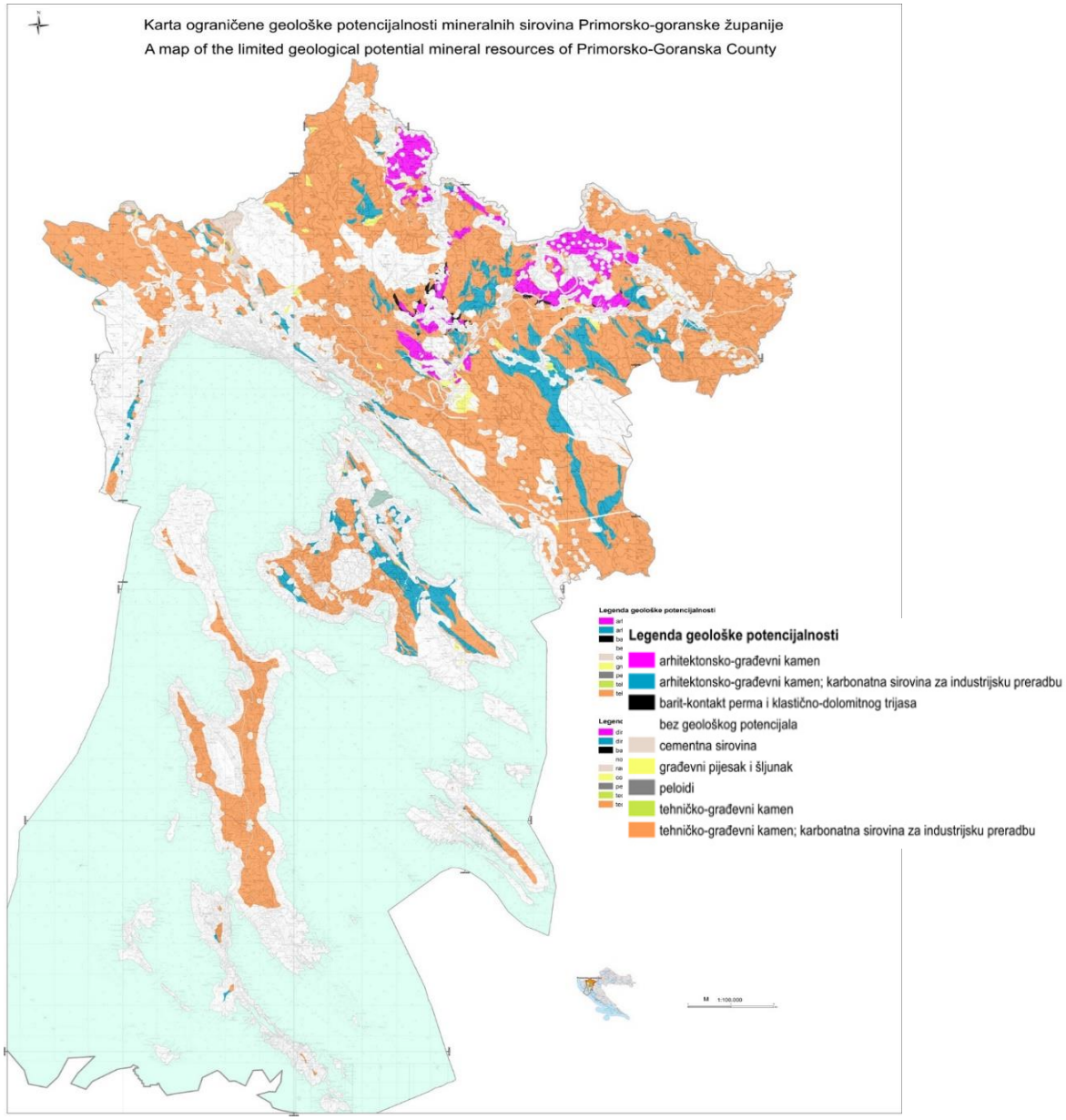
Slika 5-1 Potencijalnost AGK i TGK u Zadarskoj županiji (https://www.hgi-cgs.hr/Zadarska-zupanija.htm).

Istarska županija ima jasno izraženu viziju i smjer razvoja eksploatacije mineralnih sirovina. Preporučuje se metoda podzemne eksploatacije gdjegod je to tehnički izvodivo i tržišno opravdano. Utvrđene rezerve arhitektonsko-građevnog kamena u Istri omogućuju daleko veću proizvodnju od postojeće. Rezerve arhitektonsko-građevnog kamena u županiji su oko 10 000 000 m^3, a proizvodnja u županiji bila je oko 41 000 m^3 u 2011. godini (Ministarstvo gospodarstva, Sektor za rudarstvo, 2012). Postoji veliki broj napuštenih kopova koje je moguće reaktivirati poboljšanjem i modernizacijom tehnologija za preradu.



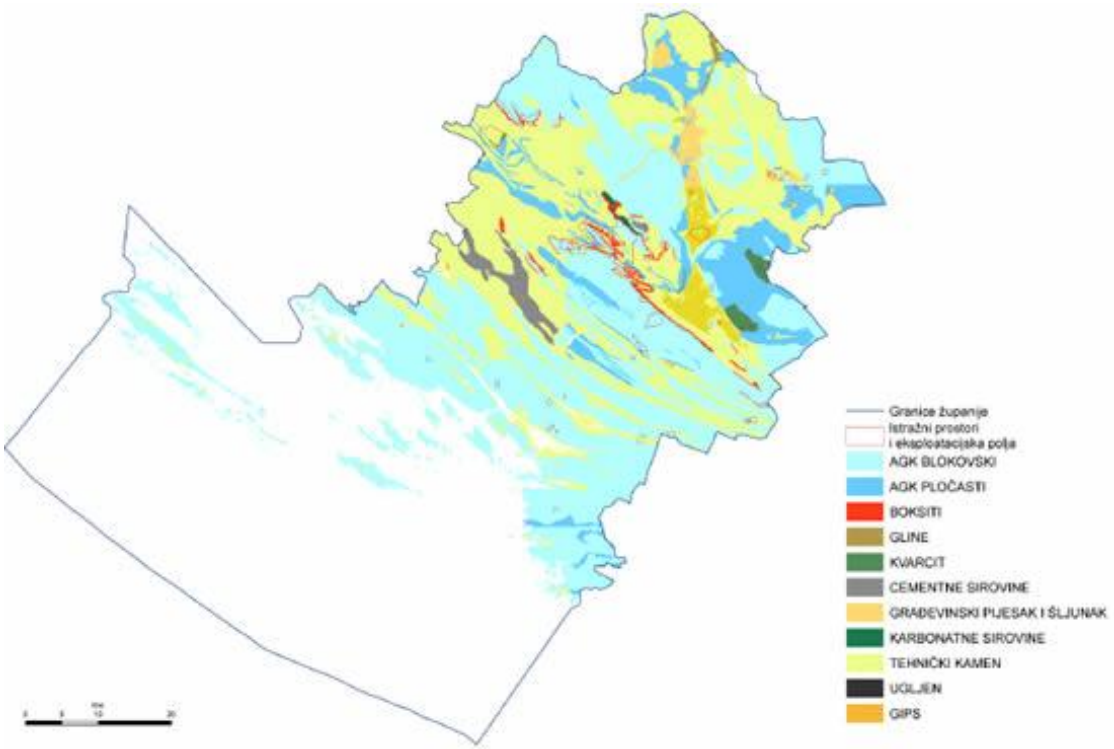
Slika 5-2 Pregledna karta ograničene geološke potencijalnosti sirovina Istarske županije. (https://www.hgi-cgs.hr/istarska_zupanija.html).

Primorsko-goranska županija ima veliki potencijal za podzemnu eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena zbog toga što u županiji trenutno postoji samo jedno aktivno eksploatacijsko polje dok potencijal postoji za mnogo više. Obzirom da se radi o turistički orijentiranoj županiji kao što su sve naše županije uz more, podzemna eksploatacija izvrsno bi se uklopila kao dodana vrijednost industriji. U kopnenom dijelu Primorsko-goranske županije značajne zone arhitektonsko-građevnog kamena su na širem prostoru Fužinskog Benkovca i Stalka. Ograničena geološka potencijalnost arhitektonsko-građevnog kamena u Primorsko-goranskoj županiji rasprostire se na 280,5 km^2 (Kruk i dr., 2012) **.**



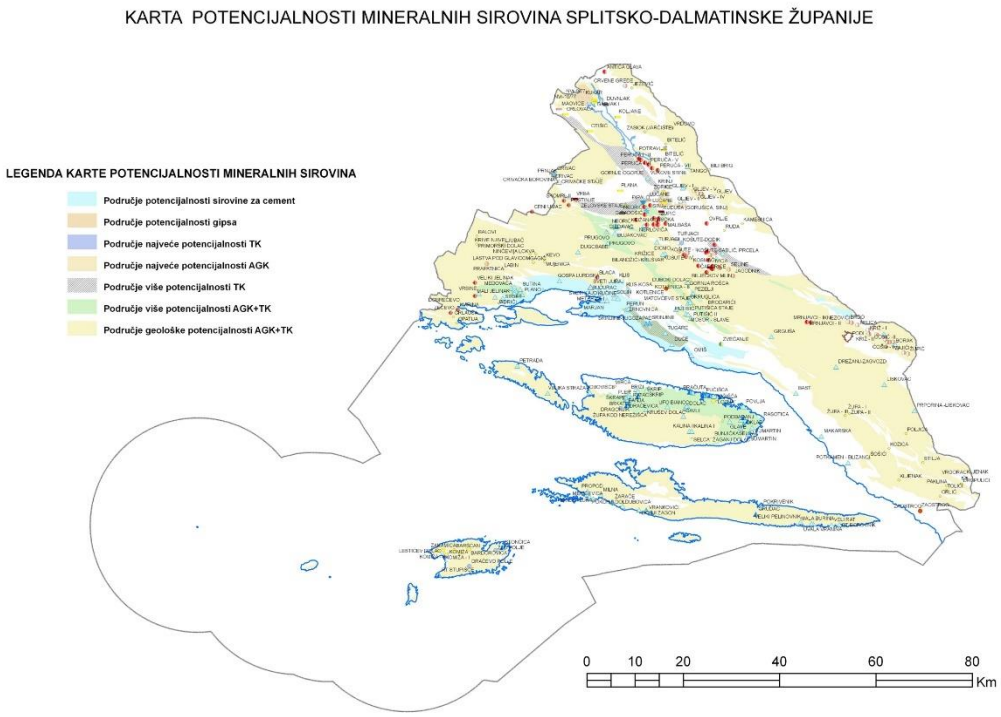
Slika 5-3 Karta ograničene geološke potencijalnosti mineralnih sirovina Primorsko-goranske županije (https://www.hgi-cgs.hr/primorsko_goranska.html).

Šibensko-kninska županija, pored brojnih površinskih kopova raznih mineralnih sirovina (gips, tehničko-građevni kamen, arhitektonsko-građevni kamen, karbonatna sirovina) ima veliki potencijal za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena što je i vidljivo na slici 5-4.



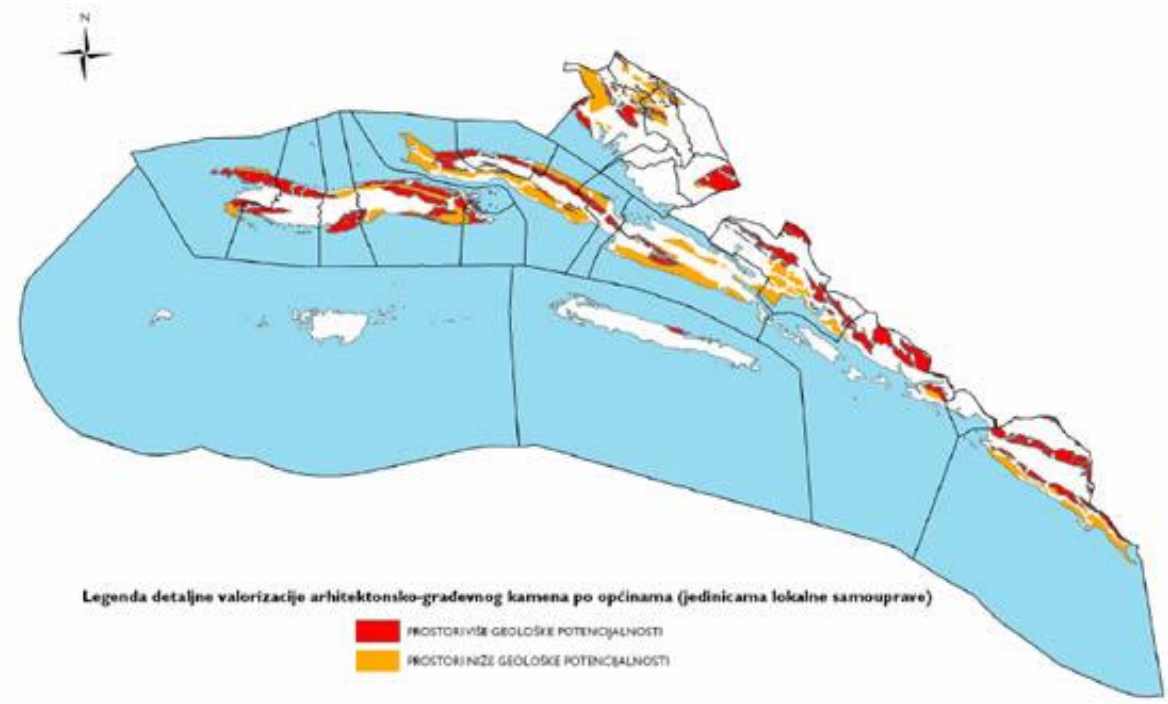
Slika 5-4 Karta geološke potencijalnosti mineralnih sirovinia na području Šibensko-kninske županije (https://www.hgi-cgs.hr/Sibensko-kninska-zupanija.htm).

Splitsko-dalmatinska županija je daleko najzastupljenija po broju i vrstama mineralnih sirovina, među kojima arhitektonsko-građevni kamen ima prioritet, što zbog povijesno kulturnog naslijeđa a napose zbog gospodarskog značaja. Ova županija obiluje površinskim kopovima uz priobalni pojas (okolica Splita, Trogira, Solina, otoci Brač, Hvar) koji je gusto naseljen i time ograničen za rudarsku djelatnost. No, prema geološkim uvjetima unutarnji, kopneni dio županije je itekako zanimljiv za planiranje podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevni kamena (slika 5-5).



Slika 5-5 Karta potencijalnosti mineralnih sirovina Splitsko-dalmatinske županije (https://www.hgi-cgs.hr/MS_potencijalnosti/splitska.html).

U Dubrovačko-neretvanskoj županiji najveći geološki potencijal arhitektonsko-građevnog kamena pronalazimo na prostorima Dubrovačkog primorja, Konavala, Ploča, Orebića te samog Dubrovnika (slika 5-6). Na ovim prostorima nalazi se oko 65% potencijala arhitektonsko-građevnog kamena u županiji.



Slika 5-6 Karta valorizacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dubrovačko-neretvanskoj županiji (https://www.hgi-cgs.hr/Dubrovacko-neretvanska-zupanija.htm).

5.1. Prijedlog daljnjih aktivnosti u cilju pokretanja podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena

5.2.

Prikazane karte potencijalnosti ukazuju na postojanje geološke osnove za detaljnije istraživanje mogućnosti eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dinaridima Hrvatske. No, prema prostorno-planskoj dokumentaciji to još uvijek ne znači da se na prikazanim područjima može istraživati i eksploatirati arhitektonsko-građevni kamen. Dok je površinska eksploatacija uveliko ograničena blizinom naselja i krajobraznim uvjetima, podzemna eksploatacija je nevidljiva.

Sigurno je da sve lokacije na kojima se nalaze povoljne geološke formacije (stijene) nisu pogodne za podzemnu eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena. Razlog tomu mogu biti nepovoljni ležišni uvjeti (topografija, nizak stupanj iskorištenja) i tehno-ekonomski uvjeti eksploatacije. Međutim, raznovrsnost, potražnja i cijena kamena otvaraju mogućnost velikih gospodarskih aktivnosti. Stoga bi svakako vrijedilo da se temeljem geoloških karata potencijalnosti (koje već postoje) detaljnije istraže lokacije na kojima postoji mogućnost otvaranja podzemnih kopova arhitektonsko-građevnog kamena. Te lokacije se mogu unijeti u prostorne planove kao područja predviđena za istraživanje i eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena, uz poštivanje svih ekoloških normi.

6. ZAKLJUČAK

Arhitektonsko-građevni kamen najvrjednija je nemetalna mineralna sirovina na području Dinarida. Na našim prostorima oduvijek postoji negativan stav prema eksploataciji mineralnih sirovina. Lokalne zajednice koje žive u blizini eksploatacijskih polja iskazuju nezadovoljstvo zbog prometa, prašine i buke. Uz to, eksploatacijska polja na ovim prostorima redovito su nepravilno ili nisu uopće sanirana, što dodatno pridonosi lošem mišljenju lokalnog stanovništva o eksploataciji mineralnih sirovina. Rješenje ovih problema nalazimo u čestoj i pravilnoj edukaciji stanovništva te prelasku na podzemne metode otkopavanja koje se već provode u Istri, kao i u mnogim kopovima u Italiji. Također, u Hrvatskoj postoji velik broj zaštićenih područja kojima se također ne bi narušavao krajobraz podzemnom eksploatacijom arhitektonsko-građevnog kamena.

Podzemna eksploatacija blokova arhitektonsko-građevnog kamena može za danas mnoge napuštene kopove prirodnog kamena, značiti mogućnost ponovnog oživljavanja, a za aktivne kopove alternativu s aspekta ekologije, ekonomije i mogućnosti daljnjeg razvoja, širenja i povećanja stečenih količina blokova prirodnog kamena. Iskoristivost stijenske mase pri eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena iznosi samo 20%, te je potrebno u budućnosti tražiti i razvijati nove tehnološke postupke kojima bi se povećala iskoristivost. Treba poticati prelazak na podzemnu eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena zbog efikasnosti rudarskih radova, manje devastacije okoliša, boljeg iskorištenja materijala i radne snage.

U tom pogledu treba poticati regionalne i lokalne samouprave da se u prostorne planove ugrade površine koje će se detaljnije istražiti i namijeniti za istraživanje i podzemnu eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena.

7. LITERATURA

Čavar, N. (2011): *Koncept eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju boksita Crvene stijene kod Jajca.* Diplomski rad. Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Dragičević, I., Galić, I., Pavičić, I., Deljak, G. (2015): *Elaborat o rezervama arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Crvene stijene“*. Elaborat. Rudnici Boksita Jajce.

Dunda, S. & Kujundžić, T. (2003): Digitalni udžbenik: Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena. U: Bužančić, T. (ur.) Klesarstvo i graditeljstvo.

Galić, I. (2020): *Idejni projekt eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“.* Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Jesenko, J., Pivk, S., Kotrnik, J. (2015): *Analiza troškova površinskog i podzemnog vađenja blokova prirodnog kamena u kamenolomu Hotavlje I.* Mineral 106

Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Korčula, Tumač za list Korčula (B. Korolija, I. Borović, I. Grimani i S. Marinčić, 1968), Institut za geološka istraživanja Zagreb.

Kruk, B., Dedić, Ž., Kruk, L., Miko, S., Kastmuller, Ž. & Kovačević Galović, E. (2012); *Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama na području Primorsko-goranske županije*. Hrvatski geološki institut. Studija.

Pavelić, D., Galić, I. (2019): *Program ukupnih istražnih radova arhitektonsko-građevnog kamena u istražnom prostoru „Ljut“.* Zagreb. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Živković, S.A., Krasić, D., Dekanić, I., Golub, M., Nuić, J., Rajković, D., Saftić, B., Sečen, J., Velić, J., Vrkljan, D., Galić, I., Karasalihović Sedlar, D., Bohanek, V., Kurevija, T., Marković, S., Maros, M., Maurović, L., Pećina, D., Strahovnik, T., Svrtan, M., Vidić, D., Kotur, V., Kirin, D., Globan M., V. Šolar, S., Šinkovec, B., Krebel, K. (2008): *Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama u Republici Hrvatskoj.* RGN. Ostalo.

Karta Dinarida https://www.dinarskogorje.com/planine.html

Geološke subregije Dinarida https://bs.wikipedia.org/wiki/Dinaridi#Geologija

Potencijalnost AGK i TGK u Zadarskoj županiji https://www.hgi-cgs.hr/Zadarska-zupanija.htm

Pregledna karta ograničene geološke potencijalnosti sirovina Istarske županije

https://www.hgi-cgs.hr/istarska_zupanija.html

Karta ograničene geološke potencijalnosti mineralnih sirovina Primorsko-goranske županije https://www.hgi-cgs.hr/primorsko_goranska.html

Karta geološke potencijalnosti mineralnih sirovinia na području Šibensko-kninske županije https://www.hgi-cgs.hr/Sibensko-kninska-zupanija.htm

Karta potencijalnosti mineralnih sirovina Splitsko-dalmatinske županije

https://www.hgi-cgs.hr/MS_potencijalnosti/splitska.html

Karta valorizacije arhitektonsko-građevnog kamena u Dubrovačko-neretvanskoj županiji https://www.hgi-cgs.hr/Dubrovacko-neretvanska-zupanija.htm