

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Ivo Galić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, red. prof.,
ivo.galic@rgn.unizg.hr

Josip Kronja

Rudist d.o.o. Zagreb, mag. ing. rud., josip.kronja@outlook.com

Ivica Pavičić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, doc. dr. sc.,
ivica.pavicic@rgn.unizg.hr

Ivan Soldo

Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, mag.ing.rud., ivan.soldo@mingo.hr

Sažetak: Površinski kopovi mineralnih sirovina igraju ključnu ulogu u razvoju društva i gospodarstva. Međutim, njihova izgradnja i eksploatacija često imaju značajan otisak u okolišu, što uključuje fizičke, kemijske i biološke promjene u prirodnom okruženju. Ovaj rad istražuje utjecaje površinskih kopova na okoliš te naglašava važnost integralnog korištenja zahvaćenog prostora kako bi se minimizirali negativni učinci, a istodobno potakle njihove korisne funkcije. U radu su prikazani primjeri sanacije i prenamjene površinskih kopova i mogućeg multifunkcionalnog korištenja prostora.

Ključne riječi: površinski kopovi, okolišni otisci, integralno korištenje prostora, sanacija i prenamjena

Environmental footprints caused by the operation of open-pit mines and the possibility of multifunctional use of the occupied space

Abstract: Open-pit mines of mineral raw materials play a key role in the development of society and economy. However, their construction and operation often have a significant environmental footprint, which includes physical, chemical and biological changes in the natural environment. This paper investigates the environmental impacts of open-pit mining and emphasizes the importance of integral use of the affected area in order to minimize negative impacts and at the same time promote their beneficial functions. The paper presents examples of rehabilitation and repurposing of open-pit mines and the possible multifunctional use of space.

Key words: open-pit mining, environmental footprints, integral use of space, rehabilitation and repurposing

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

1. UVOD

Mineralne sirovine u izvornom obliku predstavljaju neobnovljiv prirodni resurs koji se nalazi primarno u neujednačenom prirodnom okruženju, a sekundarno pa čak i tercijarno u različitim transformiranim oblicima poput energenata, stanogradnje, infrastrukturnih objekata (ceste, mostovi, željeznica), automobila, plovila, zrakoplova, farmaceutskih i kozmetičkih proizvoda te plastičnih i drugih proizvoda široke potrošnje koji čine neizostavan dio ljudske civilizacije. Čovjek ostvaruje sve osnovom mineralnih sirovina ili pomoću njih dobivenih produkata. Stoga su mineralne sirovine nužne ne samo za razvoj nego i za opstanak društva u cjelini. Pitanje energije i mineralnih sirovina ne smije se i ne može se promatrati jednostrano već sveobuhvatno prema načelu održivog razvoja [1,2]. Svjetska komisija za okoliš i razvoj (engl. World Commission on Environment and Development - WCED) objavila je 1987. godine svoje izvješće i predstavila novi pojam održivog razvoja koji se definira na sljedeći način: „Održivi razvoj je takav razvoj, koji zadovoljava današnje potrebe, a da ne ugrožava buduće generacije i njihove potrebe“ [3].

U vrijeme velikog rasta broja stanovnika i smanjivanja životnog prostora, jasno je da se mora voditi računa o prostornom planiranju i visokoučinkovitoj zaštiti okoliša. Budući da su rudarski radovi predodređeni mjestom pojavljivanja mineralnih sirovina, a ograničeni realnim mogućnostima i htjenjima društvene zajednice, stručnjaci, rudari i geolozi moraju se aktivno uključiti u prostorno planiranje i ukazati na potencijalne lokacije aktiviranja da bi se na temelju toga mogla donijeti odluka o prioritetu njihove namjene [2,4,5,6]. Potrebno je utvrditi realne mogućnosti eksploatacije jer rudarski rad pod svaku cijenu je prošlost koja se ne smije zaboraviti, ali se ne može više niti ponavljati. Prema tome streme i trendovi razvoja društva koji će poticati samo humanu, gospodarski i ekološki prihvatljivu eksploataciju [7]. Eksploatacija mineralnih sirovina izvodi se površinskim i/ili podzemnim kopovima. Površinska eksploatacija, a ponekad i podzemna posljedično dovodi do izmjene krajobraza što predstavlja jedan od glavnih otisaka u okolišu. No, pored rudarskih zahvata, brojni energetske, hidrotehnički i infrastrukturni objekti izmjenom krajobraza ostavljaju veliki otisak u okolišu, odnosno otisak na površinski dio litosfere. Izmjenom krajobraza javljaju se posljedično i drugi utjecaji na okoliš kao što je utjecaj na bioraznolikost.

Veliki utjecaj na okoliš predstavlja i ugljični otisak koji se događa emisijom ugljičnog dioksida pri dobivanju energije iz fosilnih izvora (goriva) i drugim tehnološkim procesima. Uprkos nastojanjima znanstvenih, gospodarskih, društvenih i ekoloških organizacija produkcija ugljičnog dioksida je u stalnom porastu, bilo da se radi o stabilnim postrojenjima, najčešće termoelektranama ili o prometnim sredstvima. Potrebe potrošačkog društva i porast broja stanovnika rezultiraju većim zahtjevima za energijom što dovodi do neuravnoteženosti s nastojanjima smanjenja emisije stakleničkih plinova, dominantno ugljičnog dioksida.

Površinski kopovi igraju ključnu ulogu u razvoju društva i gospodarstva. Međutim, njihova izgradnja i eksploatacija često ima značajan otisak u okolišu, što uključuje fizičke, kemijske i biološke promjene u prirodnom okruženju. Stoga, ovaj rad ima za cilj istražiti utjecaje površinskih kopova na okoliš s naglaskom na važnost integralnog korištenja zahvaćenog prostora kako bi se minimizirali negativni učinci, a potaknule korisne funkcije.

Površinski kopovi kao mjesta gdje se izvodi eksploatacija mineralnih sirovina za dobivanje građevinskih materijala i infrastrukturni objekti (prometnice, javne mreže i dr.) u su uzajamnoj povezanosti. Izgradnja infrastrukturnih objekata nemoguća je bez eksploatacije odnosno korištenja mineralnih sirovina. Pri gradnji infrastrukturnih objekata površinski kopovi iz kojih se eksploatira tehničko-građevni kamen ili građevni pijesak i šljunak nalaze se što bliže mjestu ugradnje zbog značajnog udjela troškova transporta u ukupnoj cijeni gradnje objekta [8]. Takvi površinski kopovi mogu se označiti kao mjesta (ležišta) primarnog dobivanja mineralnih sirovina za građevinski materijal (beton, asfalt, nasip, tampon i dr.).

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

U području Dinarida nalaze se brojni površinski kopovi obuhvata više od 10 000 ha na kojima se primarno izvodila eksploatacija boksita, mineralne sirovine koja se koristi za dobivanje aluminija, poboljšanje svojstava cementa, dobivanje sredstava za čišćenje, rijetkih kemijskih elemenata i sl. Ležišta krških tipova boksita često su prekrivena karbonatnim stijena te ih je potrebno ukloniti odnosno odložiti kako bi se mogla otkopati ruda boksita. Stoga se kao posljedica eksploatacije ležišta boksita u Dalmaciji i Hercegovini često nalaze, uz površinske kopove, manja ili veća odlagališta krovinskih stijena koje predstavljaju sekundarnu mineralnu sirovinu za dobivanje građevinskog materijala [9]. Posebno je zanimljivo što takva mjesta nisu sanirana na primjeren način te samim time ne mogu biti prenamijenjena za druge korisne funkcije. Stoga se na takvim površinskim kopovima bilježi krajobrazni otisak bez valjanog opravdanja.

Načelo održivog razvoja obvezuje civilizaciju na savjestan odnos prema svim prostorima. Stoga se svaki prostor mora valorizirati integralno, što znači da se treba razmotriti mogućnost multifunkcionalnog korištenja zahvata (površinskog kopa i odlagališta), kako bi se krajobrazni otisak minimalizirao odnosno učinio nužno prihvatljivim za društvo u cjelini [10]. Kao opravdanu mogućnost valja razmotriti i ideju korištenja površinskih kopova za dobivanje obnovljivih izvora energije te atraktivnih i funkcionalnih sadržaja koji bi doprinijeli kvaliteti života. Upravo u cilju oglednog modela multifunkcionalnog korištenja prostora zahvaćenog rudarskim radovima (površinskim kopovima i odlagalištima) u ovom radu obrađen je primjer eksploatacije ležišta boksita u Zapadnoj Hercegovini.

2. ANALIZA UTJECAJA I OTISAKA NA OKOLIŠ TE MOGUĆNOSTI MULTIFUNKCIONALNOG KORIŠTENJA PLANIRANIH ZAHVATA

Izgradnja infrastrukturnih objekata, prvenstveno prometnica, u uzajamnoj je vezi s izvorom dobave materijala za gradnju, odnosno površinskim kopovima na kojima se eksploatiraju mineralne sirovine za proizvodnju građevinskih materijala. U području Dinarida uglavnom se radi o brdovitim terenima gdje se nalaze pretežno karbonatne stijene koje se iskapaju i najviše koriste kao tehničko-građevni kamen. Prema metodama iskopa stijena, izgradnja prometnica i radovi na površinskim kopovima tehničko-građevnog kamena približno jednako utječu na okoliš te ih se stoga može staviti pod jednak nazivnik do određene faze razvijenosti. Međutim, prema namjeni i trajnosti bitno se razlikuju jer je funkcija površinskog kopa vremenski ograničena na vrijeme izgradnje objekata dok su prometnice puno duljeg vijeka trajanja, odnosno koriste se višestruko dulje vrijeme od vremena izgradnje. Procjena utjecaja na okoliš provodi se prema državnim propisima koji se odnose na okoliš, u formi zakonskih i podzakonskih akata (pravilnika i uredbi) te na temelju ocjene studije o utjecaju na okoliš planiranog zahvata. U studiji o utjecaju na okoliš planiranog zahvata analiziraju se pojedinačni utjecaji kao i očekivane posljedice na okoliš te mjere zaštite [11,12]. Prema očekivanim utjecajima na okoliš mogu se modelirati njihovi otisci izraženi mjerljivim vrijednostima te utvrditi mogućnosti smanjenja utjecaja na eko sustav kako kroz mjere zaštite tako i planiranjem multifunkcionalnog korištenja planiranih zahvata. Stoga su u nastavku ovog rada razmotreni utjecaji površinskih kopova i drugih iskopa na okoliš, ekološki otisak kao zbirni pokazatelj, pojedinačni otisci na okoliš te primjena načela multifunkcionalnog korištenja planiranih zahvata u svrhu smanjenja analiziranih otisaka na okoliš.

2.1. Utjecaji površinskih kopova na okoliš

U širem smislu biosfera je prostor na kojem žive organizmi našega planeta, a uz litosferu (površinski dio kamene ploče), hidrosferu (sve vode) i atmosferu (troposfera) biosfera čini okoliš. Prema članku 4. Zakona o zaštiti okoliša (NN 78/15, 12/18, 118/18) utvrđeno je

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

sljedeće: „Okoliš je prirodno i svako drugo okruženje organizama i njihovih zajednica, uključivo i čovjeka koje omogućuje njihovo postojanje i njihov daljnji razvoj: zrak, more, vode, tlo, zemljina kamena kora, energija te materijalna dobra i kulturna baština kao dio okruženja koje je stvorio čovjek; svi u svojoj raznolikosti i ukupnosti uzajamnog djelovanja. Sastavnice okoliša su: zrak, vode, more, tlo, krajobraz, biljni i životinjski svijet te zemljina kamena kora“ [13]. Stoga radovi na površinskim kopovima mogu imati različite utjecaje na ljude, bioraznolikost (biljni i životinjski svijet), vodu, tlo, zrak i krajobraz, a utjecaj ovih čimbenika detaljno je opisan u nastavku ovog rada.

Utjecaj na ljude

Bilo koji utjecaj pa tako i utjecaj na ljude može se promatrati kao izravan i neizravan utjecaj. Neizravan utjecaj na ljude događa se uz pomoć drugih utjecaja, tijekom kraćeg ili duljeg vremena rada. No, ovdje se naglašava izravan utjecaj na ljude koji se nalaze u okolišu, a odražava se izravnom ugrozom života ljudi od tehnološkog procesa rada, kao na primjer od miniranja, utovarnih i transportnih sredstava i sl.

Utjecaj na bioraznolikost

Utjecaj na bioraznolikost jedan je od najvećih utjecaja rudarskih i drugih popratnih radova u okolišu kao što su geotehnički radovi i izgradnja prometnica koji uslijed iskapanja tla i stijena rezultira gubitkom prirodnih staništa divljih vrsta. Praktično na površini zahvata dolazi do potpunog gubitka bioraznolikosti što može imati dugoročne posljedice na lokalne ekosustave, uključujući gubitak staništa za mnoge vrste i promjene u strukturi ekosustava. Utjecaj na bioraznolikost može se odraziti i izvan područja zahvata, onečišćenjem površinske i podzemne vode teškim metalima.

Utjecaj na vodu

Površinski kopovi tijekom izvođenja radova, a ponekad i nakon prestanka radova mogu imati značajan utjecaj na vodne resurse uključujući površinske i podzemne vode. Tijekom eksploatacije sulfidnih ruda dolazi do njihova otapanja u vodi čime nastaju kisele rudničke vode koje sadrže sulfidne ione i ione metala što dovodi do kontaminacije površinskih i podzemnih voda. Padaline i površinsko otjecanje prenose kontaminirane čestice tla u rijeke, jezera i druge vodene tokove čime se dodatno smanjuje kvaliteta vode.

Utjecaj na tlo

Onečišćenje tla pri eksploataciji mineralnih sirovina najčešće je uzrokovano teškim metalima poput olova, bakra i cinka koji dolaze iz jalovine i rudničkih otpadnih voda. Navedeni teški metali mijenjaju kemijske značajke tla te mogu imati štetan učinak na biljke i životinje koje žive u tom okolišu. Erozija tla također može predstavljati značajan problem pri rudarskim radovima, a uzrokovana je prirodnim procesima poput kiše i vjetra, ali i aktivnostima koje uključuju iskop i premještanje zemljanog materijala. Erozija dovodi do gubitka tla i smanjuje njegovu plodnost te uzrokuje trajnu degradaciju okoliša.

Utjecaj na zrak

Tijekom rada na površinskim kopovima u atmosferu se ispuštaju razne onečišćujuće tvari uključujući prašinu, lebdeće čestice, plinove poput sumporovih i dušikovih oksida (SO_x, NO_x) te druge štetne kemikalije. Takvi onečišćivači pridonose smanjenju kvalitete zraka, ali i

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

dugoročno utječu na klimatske promjene i zdravlje ljudi. Kisele kiše, koje nastaju dugotrajnim emisijama SO_x i NO_x uzrokuju zakiseljavanje tla i vode, a negativno utječu i na vegetaciju što može rezultirati degradacijom šuma i usjeva. Lebdeće čestice koje sadrže teške metale i druge štetne kemikalije talože se u blizini izvora emisije, ali mogu biti prenesene i na udaljenija područja ovisno o atmosferskim uvjetima. Takvi onečišćivači mogu ozbiljno ugroziti zdravlje ljudi jer se čestice udišu i talože u plućima. Dugotrajno izlaganje ovakvim tvarima povezano je s respiratornim problemima, ali i sa smanjenjem bioraznolikosti u okolnim područjima zbog oštećenja staništa. Glavni izvori onečišćenja zraka pri iskopu uključuju bušenje, miniranje, transport sirovina te postupke oplemenjivanja pri čemu se koriste suhi postupci koji povećavaju emisiju prašine [14].

Buka i vibracije

Bušenje, miniranje, utovar i transport mogu rezultirati visokom razinom buke koja ometa ljudske aktivnosti, a također negativno utječe i na ekosustave. Životinjske vrste mogu napustiti svoja staništa ili mijenjati prirodno ponašanje zbog stalnog prisustva buke. Tijekom detonacije eksplozivnog punjenja oslobađa se velika količina energije koja se pretvara u kinetičku energiju seizmičkih valova i zračnih udara. Takvi utjecaji mogu uzrokovati oštećenja na obližnjim objektima kao i uznemirenost stanovništva u blizini izvora [14].

Utjecaj na krajobraz

Razvojem površinskog kopa izravno se utječe na krajobraz te sve sastavnice okoliša koje se nalaze na zahvaćenom prostoru. Ovisno o površini i obujmu otkopanog materijala, zahvati mogu jače ili slabije narušavati prirodno okruženje, a u ovom slučaju estetsku vrijednost krajobraza. Nesanirani kopovi ne uklapaju se u prvobitni pejzaž te mu umanjuju estetsku vrijednost, ali i onemogućavaju povratak funkcije bioraznolikosti odnosno regeneracije divljih vrsta što zahvaćeni prostor čine beskorisnim [15,16]. U krajobraznom vrednovanju vodotoci s pripadajućim vegetacijskim pojasom i dolinom odnosno kanjonom kroz koji protječu smatraju se jednom prostornom i strukturnom cjelinom. Stoga je u takvim prostorima potrebno namjeravane zahvate usklađivati i provoditi uvažavanjem krajobraznih vrijednosti i obilježja. Prirodne vodne krajolike i vodne ekosustave potrebno je sačuvati u najvećoj mogućoj mjeri kao iznimno vrijedne i kao nositelje prepoznatljivosti i identiteta područja pri čemu treba izbjegavati geometrijsko reguliranje vodotoka. Potrebno je sprječavati degradaciju krajolika kod energetskog korištenja vodotoka (niski vodostaj), odnosno uspostaviti kompromis između energetskih i pejzažnih, a time i turističko-rekreativnih argumenata. Šume su od posebnog značaja i vrijednosti za krajolik te ih je u najvećoj mjeri potrebno sačuvati kao jedan od najbitnijih i vizualno dominantnih dijelova krajobraza. Postojeće šume treba maksimalno zaštititi i očuvati pa nije dopuštena njihova prenamjena i krčenje [16].

2.2. Otisci u okolišu

Promjenom krajobraza posljedično se utječe na sve druge sastavnice okoliša. Stoga se u jednostavnom modelu kao kvantitativni pokazatelj odnosom dobara koja se ostvaruju određenom aktivnosti i površine zahvata (m³/m² ili kg/m² i sl.) može prikazati krajobrazni otisak. S druge strane, kvaliteta zraka ocjenjuje se kvantitativnim pokazateljima emisije štetnih i klimatski nepovoljnih plinova (kg/ekvivalentna jedinična mjera). U novijim istraživanjima posebna pažnja posvećuje se emisiji stakleničkih plinova, prije svega ugljičnog dioksida, zbog posljedične ugroze ozonskog omotača i klimatskih promjena. Emisija ugljičnog dioksida izražava se kao ugljični otisak u okolišu. U nastavku ovog rada bit će definiran ekološki i ugljični otisak u okolišu.

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Ekološki otisak u okolišu

Ekološki otisak (eng. Ecological Footprint) je metoda kojom se određuje koliko su ljudi ovisni o prirodnim resursima. To je mjera koja pokazuje koliko je resursa iz okoline potrebno za održavanje određenog načina života ili poslovanja. Pojednostavljeno rečeno, ekološki otisak označava količinu ljudskog pritiska na prirodne resurse koji su im dostupni u njihovoj okolini. Općenito se izražava u globalnim hektarima (gha) i omogućuje stručnjacima da odrede površinu zemlje koja je potrebna svakom čovjeku da u dovoljnoj mjeri zadovolji svoje potrebe. To se može prikazati kao potražnja koju zahtijevaju ljudi i ponuda koju nudi priroda. Ekološki otisak se obično koristi za izračunavanje održivosti entiteta, kao što je regija, pojedinac ili tvrtka. Također se može izraziti kao količina potrošenih resursa. Prvi put pojam ekološkog otiska predstavljen je 1992. godine od strane Williama Reesa, a ideja o izračunavanju ekoloških otisaka osmišljena je za procjenu utjecaja aktivnosti koje provode ljudi na okoliš [17]. Ista analitičarima omogućuje određivanje stope kojom ljudi troše resurse i stvaraju otpad [18]. Ekološki otisak je mjera kojom se ocjenjuje odnos potražnje i ponude prirode, a kako bi se odredila potražnja, otisak zbraja sve proizvodne elemente za koje se stanovništvo obično natječe. To uključuje svu biološku i ekološku imovinu koja bi funkcionalnom stanovništvu bila potrebna za proizvodnju prirodnih resursa za preživljavanje. Uključuje sve prirodne resurse kao što su stoka i riba, drvo i ostali proizvodi od drva, biljna hrana te prostor za izgradnju infrastrukture. Ekološki otisak može se izračunati za regije, zemlje, gradove, pojedince, tvrtke te u cjelini za cijeli planet. Za izračun opskrbe, ekološki otisak agregira ukupni raspoloživi biokapacitet, uključujući sva kopnena i morska područja, šumska zemljišta, usjeve, ribolovne regije i sva zemljišta na kojima je dovršena gradnja. Na osobnoj razini, ekološkim otiskom određuje se koliko se konzumira i koliko se održivo određeni proizvodi proizvode, a kao takav igra vrlo važnu ulogu u pomaganju organizacijama i državama da odrede koliko im je produktivnog zemljišta dostupno.

Biokapacitet svakog pojedinca izračunava se na temelju raspoložive produktivne površine (izražene u hektarima), produktivnosti svake površine i broja ljudi koji je dijele. Međutim, ako je ekološki otisak stanovništva veći od biokapaciteta koji ga opslužuje, toj regiji prijeto opasnost od deficita biokapaciteta ili ekološkog deficita [18]. Jednostavno rečeno, potražnja za dobrima i uslugama premašuje brzine kojima se ekosustavi regije mogu obnoviti. U ovom slučaju, regija može razmotriti servisiranje potražnje uvozom dobara, prekomjernom potrošnjom vlastitih ekoloških dobara ili sudjelovanjem u aktivnostima koje štete okolišu na ovaj ili onaj način. Bez procjene ekološkog otiska, vladama i organizacijama može biti teško pratiti potrošnju ekoloških resursa i poduzeti korake prema održivoj budućnosti. Smatra se da ukupni ekološki otisak čovječanstva iznosi više od 50% Zemljinog kapaciteta. Prema navedenim podatcima, za potrebe ljudi, već je sada potreban još jedan planet za život.

Nekoliko je varijabli koje se uzimaju u obzir pri izračunu ekološkog otiska, a u nastavku je prikazana jednadžba koja se pri izračunu često koristi [19]:

$$EF = \sum Ti/Yw \times EQFi \quad (1)$$

gdje je:

Ti - godišnja potrošnja (u tonama) proizvoda i od strane nacije;

Yw - svjetski prosječni prinos za proizvod i;

EQFi - faktor ekvivalencije za proizvod i.

Važno je napomenuti da danas postoji nekoliko modela za određivanje ekološkog otiska. Standardi ekološkog otiska, uvedeni 2006. godine, navode da ekološki otisak izračunava

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

količinu biološki produktivnog područja potrebnog za proizvodnju resursa koji bi bili potrebni ljudskoj populaciji, a istovremeno apsorbira emisije stakleničkih plinova. Na primjer, da bismo izračunali ekološki otisak pojedinca ili tvrtke, izračunali bismo sve njihove zahtjeve, poput potrebe za zemljištem za uzgoj usjeva ili potrebe za šumskim zemljištem za korištenje drva i apsorbiranje emisija ugljika. Zatim se svi proizvedeni materijali i otpad moraju prevesti u brojku izraženu u globalnim hektarima (gha). Dakle, ekološki otisak nacije, skupine ljudi u gradu, samo je zbroj svih ekoloških otisaka svih stanovnika ili članova unutar skupine [18]. Ekološki otisak pokazatelj je održivosti jedne organizacije. Sve veća je potreba tvrtki za poduzimanjem potrebnih koraka kako bi se iste usredotočile na održivi razvoj. Stoga, mnoge tvrtke sve više ulažu u procese i obnavljaju svoju infrastrukturu kako bi smanjile svoj ekološki otisak. Razumijevanje ekološkog otiska organizacije prvi je korak za poduzimanje koraka za njegovo poboljšanje. Kretanje prema poslovnom modelu koji učinkovito koristi resurse također pomaže u izgradnji povjerenja i čini organizacije transparentnijima među dionicima, a što je još važnije osigurava da organizacija igra svoju ulogu u poboljšanju budućnosti.

Ugljični otisak

Ugljični otisak proizašao je iz šireg pojma ekološkog otiska [20]. Kako je prema [21] emisija ugljičnog dioksida (CO₂) prepoznata kao glavni pokretač globalnog zagrijavanja, odnosno negativnog utjecaja na okoliš ugljični otisak ubrzo je postao ključna komponenta u raspravama o održivom razvoju i klimatskim promjenama. Stoga je mjerenje i identifikacija glavnih izvora emisija izuzetno bitna za razvoj strategije smanjenja negativnih utjecaja na okoliš [14]. Ugljični otisak se definira kao ukupna količina emisija CO₂ i drugih stakleničkih plinova generiranih izravno ili neizravno ljudskim djelovanjem. Koristi se za kvantificiranje utjecaja različitih aktivnosti na okoliš, od proizvodnje i transporta do svakodnevnih aktivnosti poput korištenja energije u domaćinstvu. Njegovim mjerenjem moguće je odrediti koliko pojedina osoba, organizacija ili industrija pridonosi globalnim emisijama stakleničkih plinova te prepoznati ključne točke na kojima je moguće smanjiti taj utjecaj [14, 22].

Kvantificiranje stakleničkih plinova određuje se proračunom koji se temelji na podacima o aktivnosti, poput količine potrošenog dizelskog goriva, uz primjenu odgovarajućih faktora emisija i pretvorbe. Sve emisije stakleničkih plinova mogu se prikazati kao ekvivalentne emisije ugljičnog dioksida (CO_{2ekv}) jer nastaju iz istih izvora. Kako bi se uzeli u obzir različiti utjecaji koje pojedini plinovi imaju na efekt staklenika, emisije svakog plina množe se s njegovim stakleničkim potencijalom. Time se ukupne emisije mogu zbrojiti te prikazati kao ekvivalentne emisije ugljičnog dioksida (CO_{2ekv}) [14, 23].

Emisije CO_{2ekv} računaju se na sljedeći način:

$$E_{sp} = P_{dg} \times FE \quad (2)$$

gdje je:

E_{sp} - emisija stakleničkih plinova, kg CO_{2 ekv};

P_{dg} - potrošnja dizelskog goriva, GJ;

FE - faktor emisije, kg/GJ CO_{2 ekv}.

U proračunu emisije stakleničkih plinova navodi se faktor emisije FE = 84,728723 kg/GJ CO_{2 ekv} koji je preuzet iz metodologije Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja [14, 23].

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Trenutno stanje planeta (bioraznolikosti)

Izveštaj o stanju planeta upozorava da će tijekom sljedećih pet godina biti potrebni veliki zajednički naponi za rješavanje dvostruke krize klimatskih promjena i gubitka bioraznolikosti [24]. Prema Izveštaju o stanju planeta došlo je do katastrofalnog prosječnog pada od 73 % u populacijama promatranih divljih vrsta u samo 50 godina odnosno u periodu od 1970. do 2020. godine [24]. Izveštaj je objavljen 10. listopada 2024. u cijelom svijetu, a u njemu se upozorava kako će tijekom sljedećih pet godina biti potrebni veliki zajednički naponi za rješavanje dvostruke krize klimatskih promjena i gubitka bioraznolikosti dok se Zemlja približava opasnim prijelomnim točkama koje predstavljaju ozbiljnu prijetnju čovječanstvu.

Indeks živućeg planeta, koji je izradilo Zoološko društvo u Londonu, uključuje gotovo 35 000 populacijskih trendova za 5 495 vrsta od 1970. do 2020. godine. Najveći pad zabilježen je u slatkovodnim ekosustavima (85%), zatim u kopnenim (69%) i morskim (56%). Gubitak i degradacija staništa, uglavnom uzrokovana ljudskim prehrambenim sustavom, predstavlja najveću prijetnju populacijama divljih vrsta diljem svijeta. Slijedi prekomjerno iskorištavanje, invazivne vrste i bolesti. Klimatske promjene predstavljaju dodatnu prijetnju populacijama divljih vrsta u Latinskoj Americi i na Karibima, gdje je zabilježen zapanjujući prosječni pad od 95 %. Pad populacija divljih vrsta može poslužiti kao rani pokazatelj povećanog rizika od izumiranja i potencijalnog gubitka zdravih ekosustava. Kada su ekosustavi oštećeni, oni prestaju pružati dobrobiti o kojima ovisimo - čisti zrak, vodu i zdravo tlo za hranu - i postaju osjetljiviji na prijelomne točke. Prijelomna točka događa se kada se ekosustav gurne iznad kritičnog praga što dovodi do značajnih i potencijalno nepovratnih promjena [25].

3. MOGUĆNOSTI MULTIFUNKCIONALNOG KORIŠTENJA PROSTORA U SVRHU SMANJENJA OTISAKA U OKOLIŠU PLANIRANIH ZAHVATA

Održivo gospodarenje

Održivo gospodarenje podrazumijeva integraciju ekoloških, ekonomskih i socijalnih faktora u procesu planiranja i eksploatacije. Prvi korak u tom smjeru je pravilno prostorno planiranje koje osigurava minimiziranje utjecaja na okoliš, a uključuje pažljiv odabir lokacija za rudarenje, smanjenje površina koje su pod utjecajem te implementaciju tehnologija koje smanjuju štetne emisije u zrak, vodu i tlo.

Prostor se mora sagledati integralno, što podrazumijeva izradu takvih prostornih planova uređenja općine/grada/županije u kojima će se odrediti mogućnosti multifunkcionalnog korištenja prostora u svrhu smanjenja otisaka u okolišu.

U cilju multifunkcionalnog korištenja prostora potrebno je usvojiti i provoditi sljedeće aktivnosti:

1. prostorno planiranje lanca opskrbe mineralnim sirovinama s prioritetom korištenja napuštenih i/ili nesaniranih kopova iz kojih je moguće dobiti sirovinu za proizvodnju građevinskog materijala (pravilo uštede, ne povećavati ekološki i ugljični otisak);
2. integralno vrjednovanje ležišta mineralnih sirovina i okolnog prostora;
3. iskorištavanje svih vrsta mineralnih sirovina iz ležišta po načelu „bez ostatka“ (engl. without the rest);
4. saniranje (tehničko i biološko) svih lokacija na kojima se nalaze krateri i odlagališta, bilo da se radi o legalnoj ili nelegalnoj eksploataciji mineralnih sirovina;
5. prenamjena saniranih prostora (površinskih kopova i odlagališta) u prihvatljive i korisne sadržaje (elektrana za obnovljive izvore energije, objekti za sport i rekreaciju, zabavni park, scenski prostor, skladište i dr.).

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Provedba navedenih aktivnosti mora biti koordinirana između tijela javne uprave (općine/grada, županije i države), gospodarskih subjekata i ostalih sudionika u postupcima odobravanja zahvata u prostoru kako bi bili zadovoljeni gospodarski i opći interesi. Parcijalni interesi ne smiju biti sami sebi svrha već dio komplementarnog rješenja koje nudi zadovoljenje interesa svih dionika u prostoru (tzv. „win-win“ situacija). Time će se u bitnome smanjiti ekološki otisak te ostvariti zajednički cilj, a to je održivo gospodarenje i briga o okolišu.

Sanacija prostora

Prihvatljiva sanacija je jedino ona koja sadrži obavezno tehničko uređenje, a po potrebi i biološku rekultivaciju. Izvođenje sanacijskih radova mora biti uneseno u polazišnu dokumentaciju, projekte i rješenja [5]. Svaki prostor, pa i onaj na kojem se izvode rudarski radovi mora se sagledati integralno [16]. Bitno je naglasiti i ranije spomenutu važnost prostorno planske dokumentacije u koju mora biti unesena i odgovarajuća prenamjena saniranih prostora za društveno korisnu dobrobit. Mogućnosti za to su velike i mogu sadržavati sve sadržaje, od sportsko rekreacijskih centara, kina na otvorenom, ugostiteljskih objekata, parkova, biciklističkih staza, gospodarskih i trgovačkih djelatnosti pa na dalje. Prenamjena odnosno ciljana sanacija može ne samo oplemeniti prostor, nego i utjecati na odluku o prihvatljivosti eksploatacije na određenoj lokaciji. Oblikovanje površinskog kopa u fazi sanacije mora biti ekonomski opravdano. Uz ekonomsku opravdanost najvažniji čimbenici su stabilnost prostora dobivena sanacijom i riješen sustav odvodnje voda. Sve ranije navedeno se većinom odnosi na tehničku sanaciju. Biološka sanacija se izvodi na kraju tehničke sanacije i prvenstveno se odnosi na postupak u kojem se na stijenskom materijalu nanosi tlo pogodno za razvoj biljaka odnosno flore i faune. Biološka sanacija te njena kvaliteta, a samim time i uspješnost će u mnogočemu ovisiti o vrsti stijena na kojima se ona provodi.

Prenamjena površinskih kopova nakon eksploatacije

Prenamjena prostora eksploatacijskih polja mineralnih sirovina, nakon obustave eksploatacije mineralnih sirovina i provedene redovne sanacije, mora biti usklađena s interesima šire društvene zajednice. Proces prenamjene tih prostora ključan je korak u smanjenju negativnih posljedica rudarenja i u poticanju održivog razvoja, što predstavlja veliku priliku za regeneraciju okoliša i razvoj novih funkcija u zajednici.

Prenamjena površinskih kopova podrazumijeva u osnovi izvođenje određenih tehničkih zahvata, kojima se otkopani prostori i odlagališta jalovine po završetku eksploatacije preuređuju za namjene i sadržaje koji su predviđeni prostorno-planskom dokumentacijom. Za koju vrstu sadržaja će otkopani prostor po završetku eksploatacije biti namijenjen, ovisi o njegovoj veličini, izgledu, položaju u prostoru, udaljenosti od urbanih, poljoprivrednih, šumskih, morskih ili riječnih područja, putnih pravaca i slično.

Najčešći modeli prenamjene površinskih kopova uključuju rekultivaciju i vraćanje poljoprivrednim ili šumskim funkcijama, turističke i rekreativne sadržaje, industrijske i komercijalne zone te stvaranje energije iz obnovljivih izvora energije, a isti su obređeni u nastavku ovog rada.

Rekultivacija i vraćanje poljoprivrednim ili šumskim funkcijama tradicionalna je metoda prenamjene koja uključuje sanaciju tla, vraćanje autohtonih biljnih vrsta i ponovnu uspostavu ekološke ravnoteže. Često se primjenjuje u ruralnim područjima gdje postoji potreba za dodatnim poljoprivrednim zemljištem (slika 1).

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora



Slika 1. Primjer prenamjene odlagališta u poljoprivredne i druge sadržaje, Tyrone Cooper Mine, New Mexico [26]

Neka bivša rudarska područja mogu biti transformirana u parkove prirode, rekreacijske centre ili čak muzeje industrijske baštine [27]. Ovakva prenamjena ne samo da doprinosi očuvanju okoliša nego i stvara nove ekonomske mogućnosti kroz turizam (slika 2).



Slika 2. Primjer prenamjene u turističke i rekreativne sadržaje: Eden Project Cornwall, Engleska [28]

U urbanim područjima, napušteni rudnici boksita mogu biti prenamijenjeni u industrijske ili komercijalne svrhe. Međutim, u tom slučaju važno je osigurati provedbu svih potrebnih mjera sanacije kako bi se spriječili rizici po zdravlje ljudi (slika 3).

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora



Slika 3. Primjer prenamjene industrijskih zona u poljoprivredne i druge sadržaje: Morlacco Jasenica, Hrvatska [29]

Postojeći rudarski prostori mogu se iskoristiti za postavljanje solarnih ili vjetroelektrana što može biti ekološki održivo rješenje u smislu prenamjene prostora (slika 4).



Slika 4. RWE sunčana elektrana Indeland Inden, Njemačka [30]

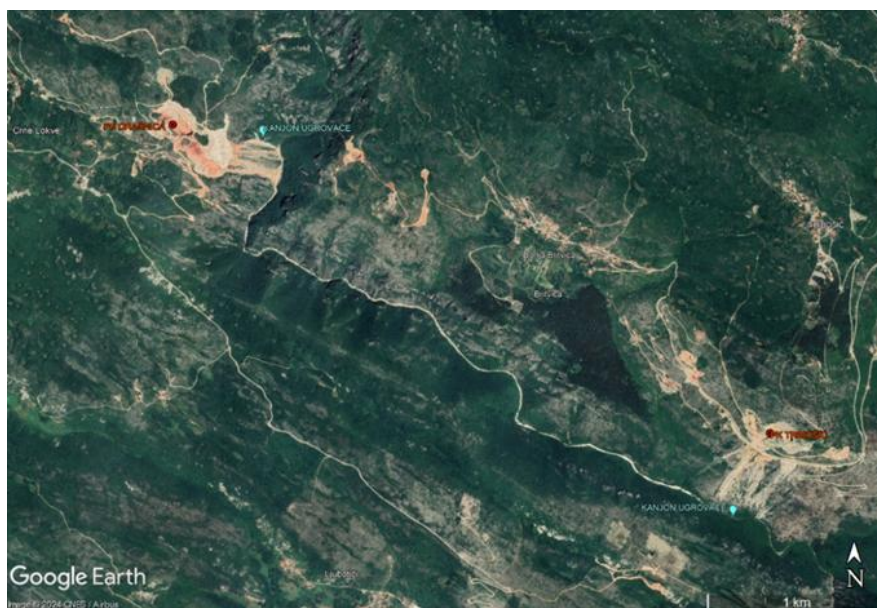
Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

4. MODEL MULTIFUNKCIONALNOG KORIŠTENJA PROSTORA NA PRIMJERU POVRŠINSKIH KOPOVA BOKSITA U ŽUPANIJI ZAPADNOHERCEGOVAČKOJ

U Županiji Zapadnohercegovačkoj u Bosni i Hercegovini nalaze se desetci lokaliteta gdje je uslijed eksploatacije ležišta boksita narušen pejzaž i ekosustav okružujućih područja. Na ovakvim kopovima nije proveden postupak sanacije iako je sanacija lokaliteta nakon završetka rudarskih radova propisana zakonom te su ostavljeni u stanju kakvo je prouzročila eksploatacija mineralnih sirovina [9]. Nesanirani kopovi sadrže brojne kratere i nerijetko velike količine otkopane otkrivke koja je odložena u blizini. Njihove veličine kreću se od više stotina tona pa sve do više stotina tisuća tona. Na taj način narušene su vizure krajobraza, negdje više ili manje ovisno o opsegu izvedenih radova, ali mu je izostankom sanacije sasvim sigurno drastično umanjena estetska vrijednost. Na ovakvim lokacijama često su prisutne i kosine pod kritičnim nagibom koje predstavljaju opasnost od urušavanja te su zajedno s jamama prijetnja po ljudski život, ali i po divlje životinje [6]. Krški reljef lako drenira vodu zbog prisutnosti mnogobrojnih pukotina i iznimno je osjetljiv sustav velikim dijelom i zbog raširenosti podzemnih voda. Na nekim napuštenim i nesaniranim površinskim kopovima nekontrolirano se odlaže otpad, od komunalnog i glomaznog otpada pa sve do uginule stoke i opasnih kemikalija. Kako je već ranije spomenuto, kako je riječ o krškom terenu s podzemnim vodotocima rizik i utjecaj na bioraznolikost višestruko je uvećan.

Na širem prostoru Posušja i Širokog Brijega ističu se neki od značajnijih primjera nesaniranih i opasnih kopova, a to su Tribošić, Studena Vrila, Crne Lokve, Zagorje, Tribistovo, Mratnjača i Vir. Pored navedenih postoje i desetci drugih kopova koje je iznimno teško sve nabrojati [31]. Znakovitost ovih područja, odnosno eksploatacijskih polja boksita, leži u geološki povoljnim formacijama u kojima se nalaze, odnosno karbonatnim stijenama koje su uporabljive kao mineralna sirovina za dobivanje tehničko-građevnog kamena ili karbonatne sirovine. Stoga se po načelu integralnog pristupa mogu koristiti za izgradnju infrastrukturnih objekata. Površinski kopovi boksita zajedno s odlagalištima otkrivke nalaze se u ogoljenim područjima, na značajnim površinama te su povoljni za postavljanje solarnih elektrana ili drugih sadržaja. Kao primjer mogućeg multifunkcionalnog korištenja prostora u nastavku ovog rada analizirana su dva boksitonosna područja, Crne Lokve i Tribošić (slika 5).



Slika 5. Znakovita područja eksploatacije boksita u mjestima Crne Lokve i Tribošić

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Površinski kopovi Orašnica i Tribošić nalaze se neposredno uz kanjon Ugrovače. Neposredno uz kopove nalaze se odlagališta čije kosine nasipa završavaju na padinama kanjona. Za vrijeme velikih kiša dolazi do bujičnog toka i raznošenja sitnijih komada iz nasipa koji završavaju nizvodno od površinskih kopova. Zbog svojih posebnosti u nastavku su predstavljena varijantna rješenja sanacije i prenamjene promatranih površinskih kopova.

4.1. Varijantna rješenja sanacije i prenamjene površinskog kopa Orašnica

Površinski kop Orašnica nalazi se u Crnim Lokvama i obuhvaća zajedno s odlagalištima površinu od oko 10 ha (slika 6). Udaljen je oko 15 km od središta Širokog brijega. Na površinskom kopu se još uvijek izvode rudarski radovi, odnosno eksploatacija boksita. Procijenjena količina otkrivke na odlagalištu iznosi oko 500 000 m³. Otkrivka je usitnjena miniranjem te je pogodna za oplemenjivanje tehničko-građevnog kamena. Obzirom da su krovinske stijene karbonatnog sastava iste spadaju u umjereno čvrste stijene [32] te postoji mogućnost korištenja istih za dobivanje građevinskih materijala pri izgradnji prometnica i drugih objekata. Time bi se omogućilo maksimalno iskorištenje ležišta te provedba tehničke sanacije cijelog zahvata, odnosno površinskog kopa i odlagališta. Također, stvorili bi se preduvjeti za prenamjenu saniranog prostora.



Slika 6. Površinski kop Orašnica (Crne Lokve)

Kada je riječ o optimizaciji, uobičajena metoda odabira optimalnog rješenja u rudarstvu je metoda varijanti kojom se podrazumijeva kreiranje više idejnih rješenja i izbor optimalnog. U nastavku ovog rada prikazana su dva varijantna rješenja sanacije površinskog kopa Orašnica. Prvo varijantno rješenje sanacije i prenamjene površinskog kopa Orašnica prema [33] prikazano je na slici 7.

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

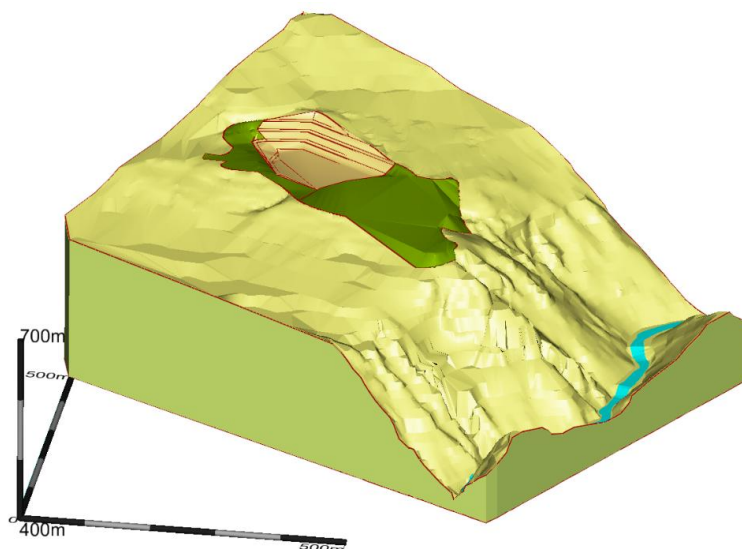
Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora



Slika 7. Prvo varijantno rješenje sanacije i prenamjene ležišta površinskog kopa Orašnica [33]

Prema ovom idejnom rješenju tehnička sanacija pretpostavlja uređenje kontura kopa što bi se izvelo formiranjem etaža visine 10 m i širine 7 m te nagiba etažne kosine od 60° . Dubinski dio kopa bi se zapunio do razine okolnog terena tako da se ostvari kontinuirani prijelaz s osnovnog platoa kopa s vanjskim odlagalištem. Vanjsko odlagalište će se urediti u obliku nekoliko terasa. Nakon tehničke sanacije, predložena je biološka rekultivacija u obliku sadnje niskog grmlja po etažama, puzavica i trave po kosinama te autohtonih stablašica po rubnim dijelovima terena. Navedeno je nekoliko mogućih vrsta prenamjene kao što su sadnja biljaka za tržište, uređenje vidikovca i izgradnja sportsko rekreacijskog centra.

Drugo varijantno rješenje sanacije i prenamjene površinskog kopa Orašnica kreirano je za potrebe ovog rada, a isto je prikazano na slici 8.



Slika 8. Drugo varijantno rješenje sanacije i prenamjene ležišta površinskog kopa Orašnica

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

Drugo varijantno rješenje sanacije površinskog kopa Orašnica djelomično se podudara s prvim predloženim rješenjem i to u dijelu uređenja kratera kopa. No, u dijelu sanacije (oblikovanja) vanjskog odlagališta ovo rješenje bitno se razlikuje od prvog rješenja. Prema slici 8. vidljivo je da se ravnina vanjskog odlagališta nastavlja na osnovnu ravninu površinskog kopa čime se stvara značajna jedinstvena površina koja je pogodna za gospodarsku namjenu. Uređenjem konture površinskog kopa i odlagališta pripremila bi se površina od oko 10 ha na kojoj se može postaviti solarna elektrana. Snaga elektrane ovisi o prihvatnim mogućnostima javne mreže, no dio energije se može koristiti za gospodarske objekte koji bi se također mogli postaviti u blizini. Optimizacija konačnog rješenja sanacije i prenamjene može se provesti temeljem numeričke analiza, što će biti predmet daljnjeg istraživanja.

4.2. Varijantna rješenja sanacije i prenamjene površinskog kopa Tribošić

Površinski kop Tribošić nalazi se u Donjoj Britnici i zahvaća zajedno s odlagalištima ukupnu površinu od oko 5 ha (slika 9). Udaljen je oko 10 km od središta Širokog Brijega. Na površinskom kopu se ne izvode rudarski radovi. Procijenjena količina otkrivke na odlagalištu iznosi oko 200 000 m³. Značajke otkrivke su iste kao i na površinskom kopu Orašnica, stoga se usitnjeni kamen može koristiti kao građevinski materijal.

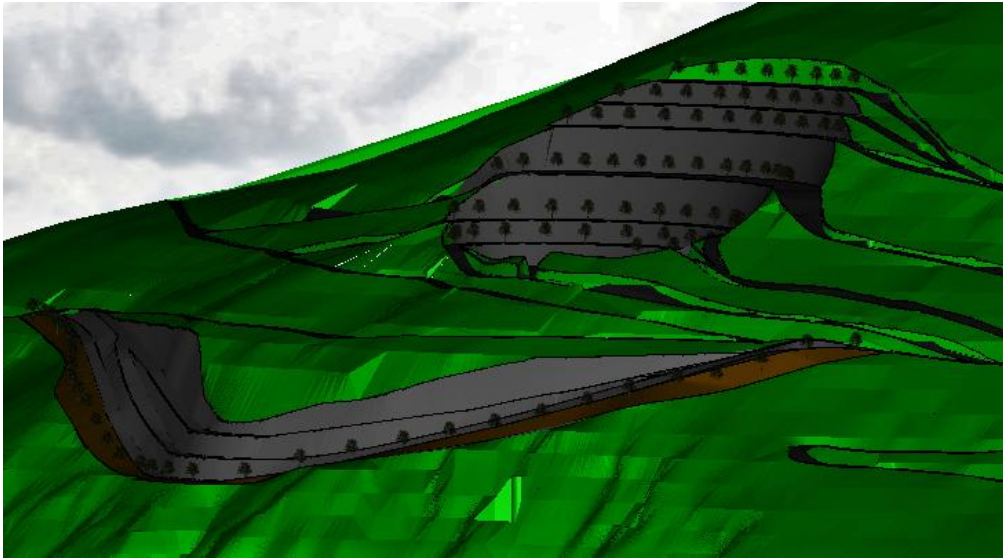


Slika 9. Površinski kop Tribošić

Prema [34] obrađene su tri varijante idejnih rješenja te je napravljena numerička analiza i odabrana optimalna varijanta sanacije i prenamjene površinskog kopa Tribošić (slika 10).

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora



Slika 10. Odabrani model sanacije i prenamjene površinskog kopa Tribošić, pogled s jugoistoka

Prema odabranom modelu cijeli prostor će se sanirati u dva dijela. U gornjem dijelu nalazi se krater koji će se sanirati razvojem 5 etaža, od čega će biti četiri visinske etaže širine oko 7 metara i osnovna etaža širine 22 metra. Tri donje etaže su visine 10 m, a dvije gornje etaže su visine 20 metara. Nagib etažne kosine iznosi 60° .

U donjem dijelu površinskog kopa, neposredno uz asfaltnu cestu, razvit će se tri etaže visine 10 metara i širine 8 metara. Nagib etažne kosine iznosi 70° , dok je završna kosina 38° , što je izuzetno povoljno po pitanju sigurnosti. Puno je mogućih rješenja prenamjene površinskog kopa Tribošić, a neka od njih su zabavni park i rekreativne zone, poljoprivredne ili šumske površine i sl. Na slici 10. prikazana je varijanta biološke rekultivacije saniranih površina koja podrazumijeva sadnju stablašica i trave po etažnim ravninama čime bi se bitno poboljšala slika postojećeg krajobraza. Postoji mogućnost korištenja površinskog kopa i za daljnju eksploataciju vapnenaca i dolomita koji se mogu plasirati na tržište kao karbonatna sirovina ili tehničko-građevinski kamen, obzirom na planirane građevinske objekte u blizini (izgradnja cesta, stambenih objekata i dr.).

4.3. Prijedlog postupanja i očekivani rezultati

Kako bi implementirali prijedlog multifunkcionalnog korištenja prostora površinskih kopova u Crnim Lokvama i Tribošiću potrebno je, vodeći se ranije navedenim načelima, donijeti provedbene mjere u prostorno-planskoj dokumentaciji. Potom je potrebno izraditi tehničku dokumentaciju u kojoj bi se detaljno obradili podaci o vrstama, količinama i kvaliteti mineralnih sirovina na dotičnim lokacijama te kreirala izvedbena rješenja sanacije i prenamjene prostora.

Primjenom modela multifunkcionalnog korištenja prostora na primjeru površinskih kopova boksita Orašnica i Tribošić polučili bi se značajni ekonomski, ekološki i društveni interesi. Pri tome valja ukazati na činjenicu da će se u blizini ovih zahvata izvoditi značajni infrastrukturni objekti koji će zahtijevati opskrbu, odnosno eksploataciju određene količine tehničko-građevnog kamena, a to znači otvaranje novih površinskih kopova (ako već ne postoje) ili korištenje postojećih resursa koji su opisani u ovom radu. Otvaranje novih površinskih kopova predstavlja novi ekološki i ugljični otisak što je neopravdano jer je već postojećim kopovima napravljen veliki utjecaj na okoliš. Stoga se korištenjem postojećih resursa može bitno smanjiti

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

novi ekološki otisak. Ovdje se svakako kao dobar primjer može prikazati model izgradnje autoceste i cesta nižeg ranga. Površinski kopovi tehničko-građevnog kamena otvaraju se na maksimalnoj udaljenosti od 30ak km od mjesta ugradnje, što znači da je za ukupnu duljinu cesta od 600 km (primjer A1 u RH) potrebno otvoriti 20 površinskih kopova u blizini trase. Uz prosječnu površinu zahvata od 20 ha to predstavlja novi ekološki otisak od 400 ha. Korištenjem ranije otvorenih, a često puta nesaniranih kopova bitno bi se smanjila potreba, odnosno broj novih površinskih kopova, a time i ekološki otisak. Ako se valorizira ugljični otisak onda treba ukazati na to kako se ranijim rudarskim radovima već ostvario određeni ugljični otisak kroz miniranje, utovar i transport kamena koji se nalazi na odlagalištima. Stoga se neiskorištavanjem postojećih resursa čini dvostruki otisak na okoliš, što je potpuno nepotrebno. Na kraju se može utvrditi da je pitanje racionalnog korištenja postojećih resursa stupanj odgovornosti nadležnih tijela uprave i društva u cjelini.

5. ZAKLJUČAK

Otisci na okoliš uzrokovani nesaniranim površinskim kopovima su značajni, ali uz primjenu multifunkcionalnog korištenja prostora i integralnog pristupa moguće je smanjiti njihove negativne posljedice. Primjeri prenamjene površinskih kopova i integracija saniranih površina u urbane sredine pokazuju da se održivo upravljanje prostorom može provesti s ciljem očuvanja okoliša i unapređenja kvalitete života lokalnih zajednica. Kroz edukaciju, sudjelovanje zajednica i inovativna rješenja moguće je izgraditi održivu budućnost koja balansira razvoj i očuvanje prirodnih resursa.

Provođenje sanacije ne bi samo uklopilo sanirane kopove u krajolik već bi, kao u slučaju površinskih kopova Orašnica i Tribošić donijelo ekonomske i društveno korisne te atraktivne lokacije za lokalnu, a i širu zajednicu. Rješavanjem ovog problema spriječio bi se daljnji utjecaj na okoliš i usvojio model ponašanja za održivo gospodarenje resursima što bi doprinijelo očuvanju cijelog ekosustava, odnosno životnog okruženja biljaka, životinja i ljudi. To bi u konačnici uvijek trebalo biti na prvom mjestu, bez obzira na cijenu.

Buduća istraživanja će biti usmjerena na analizu i primjenu metoda optimizacije nad predloženim varijantnim rješenjima kako bi se s različitih ekoloških, društvenih, ekonomskih, tehničkih i drugih aspekata problema površinskih kopova pronašlo optimalno rješenje.

LITERATURA

1. Nuić, J., Živković, S., Grabowsky, K., Galić, I.: Studija sanacije, eksploatacije i rekultivacije kopa "Vihovići" i restrukturiranje Rudnika Mostar, EU-Administration of Mostar, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1997.
2. Galić, I., Bohanek, V., Farkaš, B., Pavičić, I., Duić, Ž., Borojević Šošćarić, S., Garašić, V., Brenko, T., Bilić, Š., Kurevija, T., Macenić, M.: Rudarsko-geološka studija Karlovačke županije, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2024.
3. World Commission on Environment and Development - WCED: Our Common Future, UN World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, 1987.
4. Galić, I., Krasić, D., Dragičević, I.: Evaluation of research in a bauxite-bearing area on a locality Crvene stijene with emphasis on exploitation of associated deposits, *Geologia Croatica*, 2015, 68, 3, pp. 225-236.
5. Galić, I.: Tehničke i pravne mogućnosti uređenja i prenamjene kopova, Stručni skup „Mogućnosti sanacije i rekonstrukcije eksploatacijskih polja nakon završetka eksploatacije“, Hrvatska gospodarska komora, Pula, 2016a.
6. Galić, I.: Sanacija i prenamjena napuštenih i nesaniranih kopova na području ZHŽ, Prijedlog znanstveno-istraživačkog projekta, Široki Brijeg, 2016b.

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

7. 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.: Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2008.
8. Novak, K., Galić, I., Vrkljan, D.: Utjecaj na okoliš pri dopremi mineralnih sirovina za proizvodnju građevinskih materijala u Gradu Zagreb i Zagrebačkoj županiji, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2011, 23, 1, str. 45-52.
9. Dragičević, I.: Istraživanje i sustavni prikaz kopanjem devastiranih i napuštenih objekata na području Zapadno-hercegovačke županije s prijedlogom sanacije te njihovi utjecaji na ekosustav s posebnim osvrtom na ugroženost i zaštitu podzemnih voda, Prijedlog znanstveno-istraživačkog projekta, Široki Brijeg, 2016.
10. Galić, I., Pavičić, I., Dragičević, I.: Integralni pristup vrjednovanja potencijala mineralnih sirovina na primjeru u području Livna, Rudarsko-geološki zbornik, Mostar, 2015.
11. Galić, I., Dragičević, I., Rajković, D., Španjol, Ž., Meštrić, M., Vranjković, A., Radović-Vranjković, P., Farkaš, B.: Studija utjecaja na okoliš sanacije i prenamjene eksploatacijskog polja „Močići“. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2013.
12. Galić, I., Dragičević, I., Španjol, Ž., Hajsek, D., Gašparović, I., Vranjković, A., Radović-Vranjković, P., Farkaš, B.: Studija utjecaja na okoliš eksploatacijskog polja „Pregrada 2“, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
13. Zakon o zaštiti okoliša (NN 78/15, 12/18, 118/18), Narodne Novine d.d., Hrvatska.
14. Antić, D.: Ugljični otisak novih zahvata eksploatacije tehničko – građevnog kamena u Hrvatskoj u prvih 10 godina članstva u Europskoj Uniji, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2024.
15. Gašparović, S., Mrđa, A., Petrović, L.: Modeli pejzažne sanacije i prenamjene kamenoloma-oporavak pejzaža, *Prostor*, 2009, 17, 2, 38, Zagreb, str. 372-384.
16. Španjol, Ž., Galić, I., Rosavec, R.: Pristupi rješavanju problema sanacije kamenoloma, *Pregrada.info*, 2010.
17. Rees, W. E.: Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment & Urbanization*, 1992, Vol. 4, 2; pp. 121-130.
18. URL1:<https://www.econline.com/glossary/ecological-footprint#:> (pristupljeno: 13.10.2024.)
19. Galli, A., Kitzes, J., Wermer, P., Wackernagel, M., Niccolucci, V., Tiezzi, E.: An exploration of the mathematics behind the ecological footprint, *International Journal of Ecodynamics*, 2007, Vol. 2, no. 4, pp. 250 – 257.
20. Wackernagel, M., Rees, W.: *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Philadelphia, 1996.
21. Selin, N.E.: Carbon footprint. *Encyclopedia Britannica.*, 2024. URL: <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint> (pristupljeno 07.08.2024.)
22. Shaikh, M. S., Shaikh, P.H., Qureshi, K. I., Bhatti, I.: Greenhouse Effect and Carbon Foot Print, In book: *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, 2018.
23. MINGOR: Vodič o metodologiji izračuna faktora emisija i uklanjanja stakleničkih plinova, 2022.
24. World Wildlife Fund - WWF: *Living Planet Report 2024 – A System in Peril*, Gland, Switzerland, 2024.
25. URL2:<https://www.worldwildlife.org/publications/2024-living-planet-report>, (pristupljeno: 13.10.2024.)
26. URL3:<http://www.miningfocus.org/reclaimed-mine-site-gallery>, (pristupljeno: 13.10.2024.)
27. Marunić, B.: Sanacija napuštenih površinskih kopova, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2024.

Galić, I., Kronja, J., Pavičić, I., Soldo, I.

Otisci u okolišu uzrokovani radom površinskih kopova te mogućnosti multifunkcionalnog korištenja zahvaćenog prostora

28. URL4:<https://www.edenproject.com/visit> (pristupljeno: 13.10.2024.)
29. URL5:<https://www.klubselo.hr/suncokret/nagrada/2022/71>, (pristupljeno: 13.10.2024.)
30. URL6:<https://www.rwe.com/en/the-group/countries-and-locations/hybrid-pv-storage-inden/>, (pristupljeno: 13.10.2024.)
31. Soldo, I., Galić, I.: Sanacija i prenamjena kopova boksita na primjeru ležišta Tribošić, Rudarsko-geološki zbornik, Mostar, 2016.
32. Sesar, T. i suradnici: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi crvenih boksita na području OOUR-a Rudnici Boksita Lištica, arhiva trgovačkog društva Rudnici boksita, Široki Brijeg, 1981.
33. Kožul, A.: Model sanacije površinskih kopova boksita na području Crnih Lokava, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2018.
34. Soldo, I.: Modeliranje sanacije površinskih kopova boksita na primjeru ležišta Tribošić kod Širokog Brijega, Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.