

Časopis za poslovnu teoriju i praksu
Rad primljen: 04.05.2021.
Rad odobren: 19.05.2021.

UDK 658.115:[669.712:621.004.53]
DOI 10.7251/POS2126183M
Pregledni rad

Milunović Igor, Univerzitet u Banjoj Luci - Prirodno matematički fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, i.milunovic@inspektorat.vladars.net

Tomić Predrag, Republička uprava za inspeksijske poslove, Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Ikanović Jela, Univerzitet u Beogradu - Poljoprivredni fakultet, Beograd, Republika Srbija

OKVIR KORISNE UPOTREBE OSTATAKA PROIZVODNJE U FABRICI GLINICE ARR – OBRADA CRVENOG MULJA

Rezime: *Kada se boksit prerađuje za proizvodnju glinice, stvara se nusproizvod čvrstog otpada. Za svaku tonu boksita obrađivanog postupkom rafiniranja proizvede se oko 400 kg glinice i 600 kg ostataka. Kao posljedica toga, oko 100 fabrika glinice u Australiji, Kini, Brazilu, Indiji, Evropi i drugdje stvori do 120 miliona tona čvrstog otpada svake godine, a prema podacima o proizvodnji (u zadnjih trideset godina) preko tri milijarde tona otpada se skladišti u otpadnim deponijama u svijetu, čineći fabrike glinice najvećim deponijama industrijskog otpada. Fizikalne i hemijske karakteristike ostataka fabrike glinice već su dugo predmet naučnih istraživanja, jer ostatak sadrži željezo, aluminijum, silicijev dioksid, titan, natrijum i ostale elemente i spojeve potencijalne vrijednosti. U posljednjih deset godina ova su istraživanja bila usmjerena ne samo na reciklažu vrijednih sastojaka otpada, već i na različite mogućnosti korisne ponovne upotrebe povezane s ovom vrstom otpada. Jedan od načina je smanjenje količine skladištenog otpada, iskorišćavajući specifične vrijedne komponente u njemu. Industrija glinice je zbog toga razvila niz „novih tehnologija“ za rješavanje rastućih zaliha otpada, uključujući i kako ih bolje dehidrirati i sigurno skladištiti. Međutim, iako su hvale vrijedni, ovi pravci su se uglavnom usmjeriti na poboljšanje procesa i povećanje produktivnosti i nisu uspjeli riješiti određene osnovne istine povezane s održivom i korisnom, ponovnom upotrebom. U radu se tvrdi da se samo sveobuhvatnim razumijevanjem i razmatranjem svih aspekata ostataka proizvodnje u fabrici glinice, koja su korisna za ponovno korišćenje, kao i angažovanjem najšireg kruga učesnika, društva i industrije, zaista može ostvariti održiva budućnost za ovu vrstu otpada.*

Ključne riječi: *održiv okvir, boksit, fabrika glinice, obrada „crvenog mulja“*

JEL klasifikacija: *Q5, Q56, Q57*

UVOD

Glinica (Al_2O_3) proizvodi se rafiniranjem boksitne rude koja je eksploatisana iz velikih otvorenih rudnika. Aluminijum je jedan od najvažnijih lakih metala na svijetu za pakovanje, transport i izgradnju, a proizvodi se elektrolizom glinice. Oko 260 miliona tona (mt) boksita godišnje se iskopa u svijetu iz globalne rezerve koja je procijenjena između 55 i 75 milijardi tona, a 30% boksita iskopano je u Australiji (77 mt), 18% u Kini (47 mt), 13% u Brazilu (34 mt), 12% u Indoneziji (30 mt), 7% u Indiji (19 mt), 6% u Gvineji (17 mt) i 3% na Jamajci (9 mt), a ostatak je iskopan u zemljama kao što su Rusija, Gvajana, Bosna i Hercegovina i Surinam (Bray 2014, 12).

Boksit prerađuju lokalne fabrike ili se izvozi u više od 100 rafinerija širom svijeta, pri čemu se, na primjer, broj fabrika glinica u Kini povećao sa sedam u 2001. na 49 u 2011. Ovaj će se broj još više povećati, s obzirom na to da se očekuje da će zahtjevi za boksitom iz Kine do 2030.

godine dostići 240 mt, a ukupna svjetska potražnja boksita za glinicu, odnosno aluminij trebala bi doseći 350 mt do 2018. godine (International Aluminium Institute 2010). Najčešća metoda izlužavanja glinice iz boksita je Bayer-ov postupak, koji je austrijski hemičar i industrijalac Karl Bayer razvio krajem devetnaestog vijeka. Pri tom procesu nastaje nerastvorna glinica kada se boksit tretira natrijevim hidroksidom (tj. kaustična soda, NaOH) pri temperaturi između 100 - 240°C i pritisku između 1-6 atm. Nusproizvod - otpad koji nastaje Bayerovim procesom kolokvijalno je poznat kao „crveni mulj“, ali se u industriji naziva „ostatak boksita“ ili „ostatak fabrike glinice“ (Habashi 1995, 17).

Za svaku tonu boksita obrađenog Bayerovim postupkom nastaje između 300 i 500 kg glinice i 500 do 700 kg ostataka rafinerije glinice (ARR), tako da glinica ide u elektrolizu za proizvodnju aluminija i ARR (alumina refinery residue) koji se ispušta dugotrajno u deponije kao mulj (ili se ponekad odlažu u more ili okean) (International Aluminium Institute 2010). Uticaj ovih zagađenja može biti značajan, na površini od 200 ha i do 40 m dubine pa zbog toga može zabrinuti dijelove lokalne zajednice. Nakon ispuštanja iz rafinerije, ARR je visoko alkalni (obično oko 5 000 mg/kg ukupne alkalnosti, ali ponekad čak i 30. 000 mg/kg ili 3%, što je uporedivo s nivoom slanosti u morskoj vodi), sa pH većim od 12.

Uključujući analizu životnog ciklusa, kako bi se ostaci mogli ugraditi u šire regionalne planove za održivi razvoj, neizbježna je činjenica da je ostatak rafinerije glinice klasifikovan kao opasan otpad u većini država s potencijalno štetnim uticajem na zdravlje ljudi i okolinu, ako se primijeni na pogrešan ili neprimjeren način. Uzimajući u obzir ne samo očigledne industrijske, trgovačke i hemijske imperativne koji pokreću ponovnu upotrebu ostataka i informišu o trenutnim planovima tehnologije, nego i uključivanjem regulatornih, okolinskih, investicijskih, istraživačkih i društvenih dimenzija licenciranja (između ostalih učesnika), cjelokupne budućnosti, ovaj rad predstavlja novi okvir za korisnu ponovnu upotrebu ostataka proizvodnje glinice u fabrici.

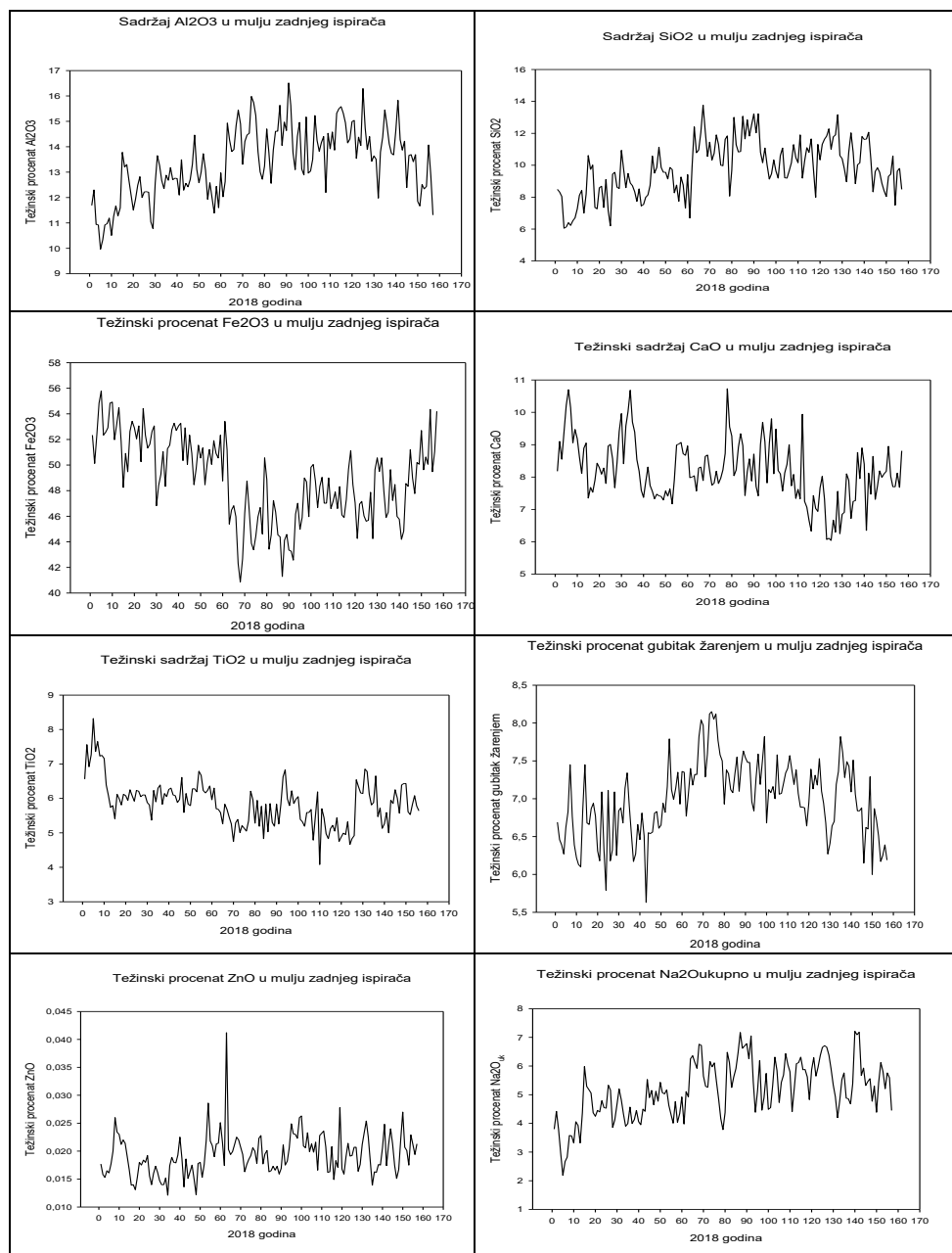
1. ARR - OBRADA CRVENOG MULJA

ARR se često kvalifikuje kao „opasan“ (ali nije „toksičan“) industrijski otpad po mnogim nacionalnim i međunarodnim jurisdikcijama i konvencijama, kao što je Bazelska konvencija (tj. Klasifikacija # B2110), zbog izrazito kaustične prirode (Brunori i drugi 2005, 58). ARR može pri kontaktu spaliti kožu, a među ostalim štetnim osobinama nadražuje oči, nos i grlo.

Stvaranje velikih količina ARR-a predstavlja značajan problem zbrinjavanja i rada operativnoj industriji glinice. Da bi se ova tvrdnja stavila u kontekst, uzima se u obzir da najmanje 120 mt ARR godišnje proizvedu rafinerije u Australiji, Brazilu, Kini, Francuskoj, Indiji, Rumuniji, Rusiji i drugdje, s projekcijama od 140 mt do 2018. godine (Liu i Wu 2012, 3). Pitanje sigurnog skladištenja, praćenje i upravljanje opasnim ARR-om i njegovim potencijalnim problemima u zaštiti životne sredine i društvenim uticajima veliki su svjetski industrijski i društveni izazov.

Kada se uzme u obzir i zatvaranje još 30 rafinerija širom svijeta, ostavljajući naslijeđene zalihe od više stotina miliona tona opasnog otpada, često u zapuštenom stanju, potreba za održivom budućnošću ARR-a nedvosmisleno je važna. Iz tog razloga, Alcoa, koja je istorijski jedan od najvećih svjetskih proizvođača ARR-a, do 2005. godine naglasila je da „pronalaženje praktične upotrebe i novih načina skladištenja ostataka rafinerije - koji imaju stalni uticaj na okolinu i zemljište i iziskuju značajne troškove skladištenja“, vjerovatno najveći izazov s kojim se suočava globalna industrija glinice (Fergusson 2016, 967). Sedam regionalnih vlada, uključujući Australiju, Indiju i Kinu, koje zajedno čine 53% svjetske proizvodnje aluminija osnovali su Azijsko-pacifičko partnerstvo za čisti razvoj i klimu, učinili su ARR ključnim u području politike za koje je neophodno obezbijediti značajna daljna istraživanja i ulaganja (Gräfe i Power i Klauber 2011, 35). Među glavnim izazovima povezanim s upravljanjem ARR-om su njegove fizičke i hemijske osobine. Neobrađen ARR obično se sastoji od željeza (25-35%), aluminija (10-20%), natrija (3-10%), titana (5-10%), silicija (5-20%) i kalcija (5-10%) u oksidnim, hidroksidnim i/ilioksi-hidroksidnim stanjima. Nijedan od ovih elemenata ne

predstavlja poseban problem sam po sebi, ali zbog svoje kombinovane, izrazito kaustične prirode oni predstavljaju znatne dugoročne rizike upravljanja okolinom i zdravljem ljudi. Konkretno, u nastavku je prikazano na grafikonima 1. i 2. kretanje težinskog sastava pojedinih komponenti ARR u 2018. godini (funkcija kvaliteta boksita), kao i prosječan težinski udio pojedinih komponenti u 2018. godini u fabrici glinice u Zvorniku.

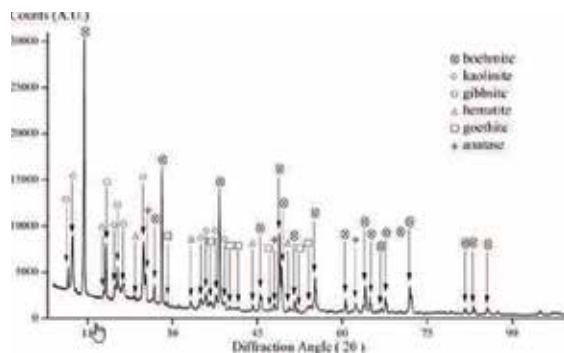


Grafikon 1. Težinski sastav pojedinih komponenti u „crvenom mulju“ u toku 2018. godine (Autori)



Grafikon 2. Prosječan težinski sastav ARR fabrike glinice Zvornik u 2018. godini (Autori)

Na primjer, ARR je sastavljen od složenog koktela metala i minerala, uključujući hematit (Fe_2O_3), beohmite (AlOOH), gibsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), sodalit ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$), anatas (TiO_2), aragonit (CaCO_3), brucit ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), diaspor ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ferrihidrit ($\text{Fe}_5\text{O}_7(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hidrokalcit ($\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), hidrotalcit ($\text{Mg}_6\text{Al}_2\text{CO}_3(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) i paluminohidrokalцит ($\text{CaAl}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), koji doprinose njegovoj povišenoj kaustičnosti. U slučaju fabrike glinice u Zvorniku mineralološki sastav dat je na grafikonu 3.



Grafikon 3. Mineralološki sastav ARR fabrike glinice Zvornik (Autori)

ARR takođe, može sadržavati teške metale i metaloide, uključujući arsen (As), hrom (Cr), galij (Ga), torijum (Th), uran (U) i vanadij (V), mada obično samo u koncentraciji i tragovima između nekoliko dijelova na milijun do 200 mg/kg. Iako su prisutnost radionuklida, poput olova (Pb), torijuma (Th) i uranijuma (U), izazvali zabrinutost, ti se elementi gotovo uvijek nalaze u neradioaktivnim stanjima (Gräfe i Power i Klauber 2011, 22-28).



Slika 1. Fotografski snimci deponija ARR: 1. Australija, 2. Zvornik, 3. Rumunija (Autori)

Oko 50% ARR je amorfno, sa svojim kristalnim sastojcima sastavljenim uglavnom od gethita i hematita, kvarca i titana, poput rutila, anatasa i/ili ilmenita. Mogu biti prisutne i mnoge manje faze ostatka izvorne boksitne rude (glina) i novostvorene vrste nastale kao rezultat specifičnih uslova u Bayerovom procesu (npr. natroalunit i noselit). Nakon dodira s vodom, čvrste komponente u ARR-u (koje su obično oko 30-40% otpadnog mulja) daju $\text{pH} \pm 12,5$, s povišenim nivoom električne vodljivosti (EC) između 1 i 16 mS/cm i visokom gustoćom, s više od 80% čestica ARR-a na <10 mikrona (Fergusson 2014, 107). Međutim, fizičke i hemijske karakteristike bilo kojeg određenog ARR-a mogu se uveliko razlikovati, a određene su geološkim osobinama boksitne rude i industrijskim procesnim uslovima obrade boksita u fabrici.

Evidentna je zabrinutost za zdravlje ljudi, uključujući pojavu raka, u ili oko rafinerije glinice. Vršeci istraživanja u Alcoa-i, Donoghue, ljekar, zaključio je da su štetni rizici kao što su akutni i hronični zdravstveni problemi i inkrementalni kancerogeni faktori rizika povezani s izlaganjem ARR-u u rafinerijama Alcoa Wagerup i Pinjarra u zapadnoj Australiji bili zanemarljivi (Donoghue 2014, 20). Njegova studija je bila naručena zbog toga što su se u blizini rafinerije Wagerup održavali protesti stanovnika obližnjeg grada Yarloopa koji kažu da ih emisije čine bolesnima, što izaziva simptome poput krvarenja iz nosa, upaljenih očiju i čireva na koži. Postoji vrlo dugačak popis poznatih otrovnih ili kancerogenih materijala koje se redovno emituju (iz rafinerije), ali tačna kombinacija koja ljude čini bolesnima nije jasno određena. Mnoga onečišćenja povezana s rafiniranjem glinice pojavljuju se u Australijskom nacionalnom popisu zagađivača (NPI). Na primjer, rafinerije glinice su utvrdile da su kontaminanti iz emisija, uključujući arsen (As), hrom (Cr), olovo (Pb), živa (Hg), acetaldehid, benzen, formaldehid, polihlorirani bifenil (PCB), dioksin i dioksinu slični spojevi, policiklički aromatski ugljikovodici (PAH-ovi), toluen, ksileni, cijanidni i fluoridni spojevi, sumpordioksid i torij (Th) i uran (U) mogu se izmjeriti i treba ih objaviti. Međutim, nisu se ostvarili nikakvi empirijski medicinski dokazi koji bi povezivali rafineriju glinice, uključujući proizvodnju i skladištenje ARR-a, s nepovoljnim rezultatima za zdravlje ljudi.

Kao posljedica ovih nalaza i ostalih poboljšanja u radu industrije boksita, glinice i aluminija na takozvanoj „ljestvici održivosti“ ekvivalentno su poboljšani uslovi u posljednjih deset godina, za oko 30 kvadratnih kilometara rafinerijskog zemljišta godišnje (ekvivalentno vrijednosti godišnja površina novog iskopavanja boksita) se svake godine obnavlja. Potrošnja električne energije smanjuje se 6% od 1990. za elektrolize i 8% za rafinerije, a emisija perfluorouglijika (PFC) i fluora iz elektroliza smanjuje se za 75% odnosno 44% od 1990, iako pouzdano podaci o potrošnji vode, koji predstavljaju glavni doprinos rafiniranju glinice, nisu sigurni (International Aluminium Institute 2010).

Postoji, međutim, još jedna strana ovih pozitivnih izvještaja. Možda najbolji podsjetnik na opasne osobine ARR-a i zasigurno jedan od najtužnijih događaja u 120-godišnjoj istoriji ove industrije bio je izliv ARR-a s ostatkom brane u Kolantáru, Mađarska, u septembru 2010. godine, što je rezultiralo smrću deset ljudi i ozlijedilo ih je još 60, kada je oko milion tona kaustičnog ARR-a poplavilo sedam gradova i prijetilo da će kontaminirati nekoliko rijeka, uključujući Dunav. Kao posljedica izlivanja, sav biološki život u rijeci Marcal je „ugašen“, a događaj je mađarski premijer Viktor Orban opisao kao „ekološku tragediju“ (Renforth i drugi 2012, 255). Međutim, dosad nisu primijećeni nepovoljni zdravstveni nalazi povezani s prahom ARR koja je nastala ovom industrijskom nesrećom.

Ovaj i drugi slučajevi važni su kad se razmatra mogućnost ponovne upotrebe ARR u drugim industrijskim okvirima „otpad-ka-resurs“ ili premiještanja istih iz zagađenja u velike poljoprivredne aplikacije, kao što je predloženo (Gräfe i Power i Klauber 2011, 65). Na primjer, ako se ARR ponovno upotrebljava, njegove opasne osobine trebaju biti poboljšane kako bi se moglo sigurno rukovati, prevoziti i ponovo koristiti u industrijskim ili komunalnim uslovima ili koristiti u poljoprivredi i širem društvu. Iz tog razloga, mnoge rafinerije glinice tragale su za načinima da izmjene ARR tako što će „neutralizovati“ njegovu ukupnu alkalnost (posebno visoke koncentracije Na i tako smanjiti pH, a time i njegovu kaustičnost).

U posljednjih 20 godina identifikovana je i testirana široka raznolikost različitih metoda modifikacije ARR-a, uključujući karbonizaciju, neutralizaciju sa morskom vodom, koncentrisano dodavanje soli i nanofiltraciju, dodavanje sumpora i neutralizaciju kiseline (Carter i drugi 2008, 479). Svaka metoda, u različitoj mjeri, smanjuje alkalnost, snižava pH i električnu vodljivost, a ARR čini „sigurnim“ (tj. neopasnim), a svaka metoda ima prednosti i nedostatke, iako su ovdje predstavljeni za katalogizaciju.

Kritično pitanje u razmatranju održivosti metode glasi: hoće li ARR nakon izmjene biti čuvan u deponiji ili će se ponovno koristiti? Odgovor na prvo znači da, iako izmijenjeni ARR može biti čuvan na siguran način bez karakterističnih opasnih osobina, nema se namjeru ponovo koristiti u drugim aplikacijama i zbog toga metoda modifikacije ne mora niti jednom uzeti u obzir bilo kakve hemijske ili fizičke osobine ARR-a koje se mijenjaju. Odgovor na drugo pitanje dovodi do konkretnih odluka o primijenjenoj metodi modifikacije, posebno ako zahtjev za ponovnu upotrebu zahtijeva ARR koji će da neutrališe kiselinu ili kiselinu pufera, izdvoji teške metale, veže fosfat, doda makro i mikroelemente u zemljište, sinergistički komunicira s hemijskim i/ili biološkim agensima ili na drugi način obavljaju specifične okolinske, tehnološke ili industrijske funkcije (ove metode modifikacije mogu se slobodno nazvati ARR „korisnošću“). Na primjer, kad se uzmu u obzir osobine ARR-a sa deponije, jedna metoda modifikacije može sniziti njegov pH i učiniti ga hemijski inertnim, smanjujući na taj način dugoročne probleme ispiranja, ali modifikovani ARR možda neće zadržati svoje „korisne“ osobine kada se ima na umu njegova ponovna upotreba u proizvodnji cementnih proizvoda ili poljoprivredi. Suprotno tome, druga metoda modifikacije može povećati kapacitet neutralizacije kiseline (ANC) ARR, ali ta osobina možda neće biti opravdana ako će ARR biti pasivno čuvan na deponiji.

Na primjer, dok je istraživanje ARR-a i njegovo potencijalno ponovno korišćenje sveobuhvatno urađeno, ali se osnovna pogreška čini ne razlikujući A), B) i C), što se može primijetiti u radovima Liu i Wu u Kini (Liu i Wu 2012, 1234) i Traoré, et al, u Gvineji (Traoré i Traoré i Diakité 2014, 18). U svrhu razvoja ovog okvira održivosti, ovaj se rad odnosi samo na C), tj. modifikovani ARR koji je pogodan za korisnu ponovnu upotrebu, ali radi sažetka, rad ne razlikuje različite vrste modifikovanih ARR-ova. Jednom primijenjen, ovaj tip C) ARR ima niz važnih karakteristika i funkcija, a one se mogu dodatno poboljšati miješanjem s drugim hemijskim i biološkim aditivima ili daljnjim izmjenama za druge primjene kroz specijalizirane industrijske procese, kao što je peletizacija, dokumentovano je u više od 700 patenata podnesenih u periodu od 1964–2008. godine (Klauber i Gräfe i Power 2011, 15). Sažetak korisnih zahtjeva za ponovnu upotrebu modifikovanog ARR-a prikazan je u tabeli 1.

Tabela 1. Dokumentovani zahtjevi za upotrebu modifikovanog ARR, uključujući i predviđenu količinu ARR koje su u navedenim referencama (Autori)

Sažetak prijava za ponovnu upotrebu modifikovanog ostatka rafinerije glinice		
Primjena	Scale	Reference
Izgradnja i ugradnja, uključujući beton, maltere, maltere i agregate; izgradnju cesta i brana	veliki	37, 38, 39
Cementni proizvodi, uključujući opeku, blok, pločice, izolaciju peći i proizvodnju klinkera	veliki	40, 41, 42
Poljoprivreda i vrtlarstvo, uključujući kompostiranje	veliki	43, 44, 45
Ekstrakcija minerala, metala i rijetkih zemlja, poput željeza (Fe), titana (Ti), galija (Ga) i skandija (Sc)	veliki	7, 46, 47, 48
Keramika, plastika, katalizatori, prevlake, pigmenti i geopolimeri	veliki	49, 50, 51
Taljenje i lijevanog željeza i proizvodnja čelika, uključujući valjanje	veliki	52, 53
Obrada industrijskog otpada, uključujući obradu gasovitog, tečnog i čvrstog otpada	srednji	13, 54
Tretman rudarskog otpada i sanacija rudnika i obnova	srednji	55, 56, 37
Obrada onečišćenog zemljišta, uključujući kisela sulfatna zemljišta (ASS) i sanacija industrijskih lokacija	srednji	57, 5
Obrada otpada gasa - ugljenog gasa	srednji	58

Desulfurizacija dimnih gasova i ostalih otpadnih gasova	mali	59
Tretman pitke vode	mali	60
Obrada komunalnog otpada, uključujući obradu gasovitog, tečnog i čvrstog otpada	mali	61, 62, 63

Iz ovog pregleda očito je da modifikovani ARR ima značajanu industrijsku, privrednu namjenu kao i ostvarivanje efekata u zaštiti životne sredine te je neophodno i dalje istraživati njegovu održivu upotrebu.

2. POSTOJEĆI PRAVCI U INDUSTRIJI

Evidentni su pokušaji stvaranja okvira za održivu, ponovnu upotrebu ostataka rafinerije glinice ARR u industrijskom kompleksu na Bliskom Istoku. Slično, niz tehnoloških planova razvijeni su u industriji boksita, glinice i aluminijske u posljednjih 20 godina. Mape puta predstavljaju način na koji industrija glinice sebe vidi sada i kako se želi vidjeti u kratkoročnoj i dugoročnoj budućnosti (Wehrli i Campbell i Fergusson 2011, 179).

Ciljevi razvoja tehnologije za industriju glinice uglavnom su visok kvalitet i identifikuju ključna područja, s posebnim naglaskom na industrijske ciljeve, mjerila i izazove ili područja istraživanja i razvoja. Ključni industrijski ciljevi, mjerila i izazovi, koji su utvrđeni ovim mapama, uključuju: 1) rafinerije bi trebale raditi sa zatvorenim ciklusom vode; 2) rafinerije bi trebale minimizirati prašinu, emisije gasova, isparljive organske spojeve, alkalne rastvore i druge izvore stvarnih ili uočenih rizika za okolnu i zdravlje ljudi; 3) rafinerije bi trebale smanjiti svoju potrošnju energije i tražiti alternativne izvore energije; 4) rafinerije bi trebale smanjiti uticaj dužine cijevovoda na poslovanje, smanjujući na taj način troškove i poboljšati efikasnost opreme; 5) rafinerije bi trebale poboljšati efikasnost rastvora; 6) rafinerije bi trebale postići veću fleksibilnost u rasčinjavanju različitih ruda boksita, poboljšavajući na taj način kvalitet glinice.

Ključna područja daljnjeg istraživanja i razvoja, koja su identifikovana u putokazima, uključuju: 1) ubrzanje precipitacije glinice; 2) poboljšane strategije kontrole; 3) poboljšane metode korišćenja boksita; 4) poboljšano uklanjanje nečistoća Bayer-ovih rastvora; 5) smanjenje potrošnje lužine; 6) efikasniju upotrebu toplote.

Iako su takozvane metode „isplativo pretvaranje u inertni materijal i alternativna upotreba“ ARR-a razmatrane u nekim radovima (International Aluminium Institute 2010), one se uglavnom svode na pretvaranja ostataka u sigurniji materijal koji treba obraditi prilikom skladištenja (tj. tip ARR B), a ne istraživanje i provođenje održivih i korisnih opcija ponovne upotrebe. To postaje posebno očito kada industrija unaprijedi koncept „inertiranog“ ARR-a (tj. čini ga hemijski inertnim ili „neutralnim“) kao fokus mape puta. U takvim je slučajevima pronalazak alternativne upotrebe za ARR sekundarni, jer „inertni“ ostatak ima malu ili nikakvu upotrebu u životnoj sredini. Zapravo, upravo zahvaljujući jedinstvenim svojstvima ARR-a, uključujući njegove ANC i fosfatno vezujuće kapacitete i kapacitete za odvajanje teških metala, među ostalim prednostima, čine korisnu ponovnu upotrebu ARR-a tako privlačnom.

Ipak, putokazi govore o opštem cilju upravljanja „ostacima boksita na takav način da promovišu/podstaknu upotrebu kao proizvoda i resursa za druge industrije, a za sve preostale ostatke da se skladište u ekološki prihvatljivom obliku“ (International Aluminium Institute 2010). Tamo gdje je identifikovan specifičan cilj usmjeren prema industriji, on je uglavnom postavljen u kontekstu cjelokupnog održivog razvoja, što je osnova dobrog planiranja i izvještavanja.

Međutim, razumno je naglasiti da putokazi nisu modeli održivog razvoja za korisnu ponovnu upotrebu, jer nedostaje razmatranje razmjene lidera-člana-lidera (Leader-Member-Exchange) (LMX), procjene životnog ciklusa (Life Cycle-Assesments) (LCA) i dizajna rizika za upravljanje životnom sredinom (Design for Environment) (DfE), koji su bitni elementi svakog sveobuhvatnog okvira održivosti. Ograničenje u trenutnim planovima tehnološke povezanosti dijelom je posljedica činjenice da su razvojne ideje nastale u ranom dijelu prošlog vijeka, a

stvarni pristupi dizajniranju i provođenju i programa održivosti, poput onoga koji je razmatran u ovom radu, tek su se pojavili, ali takođe nastaje zbog „industrijski usmjerenog“ gledišta ARR-a, u kojem interesi rafinerije nadmašuju interese svih i svega ostalog. Mape puta uključuju inkluzivnost jer se odnose na uključivanje industrije, akademskih radnika i udruženja industrije u upravljanje ARR-om, a rafinerije glinice priznaju rastući uticaj ekoloških i socijalnih pitanja na njihovu industriju. Međutim, njihov je glavni fokus na glinici, kao na robi, a ne na ARR-u kao potencijalno korisnoj sirovini za ponovnu upotrebu pa kao posljedica toga propuštaju bogatstvo cjelovitog i sveobuhvatnog okvira za razvoj održive budućnosti industrije. Taj nedostatak postaje očigledan kad su paralelno s napredovanjem inicijativa za ponovnu upotrebu ARR-a neke velike aplikacije ARR-a postale spektakularno pogrešne, posebno kada velike aplikacije koriste nepromijenjeni ARR i kada lokalna zajednica, mediji i drugi učesnici nisu u potpunosti upoznati sa planiranjem, implementacijom i nadzorom takvih aplikacija.

3. NOVI OKVIR ODRŽIVOG RAZVOJA

Okvir održivosti predložen u ovom radu zamišljen je kao sveobuhvatan i inkluzivan pristup konceptualiziranju budućnosti za ARR. Pretpostavlja se da svi učesnici mogu i trebaju igrati ulogu u transparentnom i otvorenom razgovoru, uz široko razumijevanje i sporazumijevanje u pitanjima koja se odnose na korisnu ponovnu upotrebu ARR-a.

Okvir, takođe, smatra osnovnim načelom da svaki učesnik treba doprinijeti i dobiti koristi od ponovne upotrebe ARR-a. Iz tih razloga se komunikacija, obrazovanje i inkluzija vide kao kritični elementi ako se radi o efikasnom djelovanju i na taj način vodi do dugoročnih rezultata održivosti i nedostatak komunikacije o njima kad se primijene. Na primjer, kada su Alcoa i Ministarstvo poljoprivrede vlade zapadne Australije krajem 1990-ih odlučili primijeniti nepromijenjeni ARR na poljoprivrednim površinama, očito nisu savjetovani svi učesnici, a obrazovanje i komunikacija u zajednici možda nedostaju.

Kad su novinari postali svjesni opsežnog programa ponovne upotrebe i primijetili prisutnost urana u ARR-u, pretpostavili su i objavili široj australskoj javnosti da je poljoprivredno zemljište na kojem je primijenjen ARR postalo radioaktivno (ova aplikacija postala je poznata kao „veliki eksperiment crvenog mulja koji je prošao radioaktivno“ (Fergusson 2016, 969). Njihov zaključak bio je pogrešan, ali šteta je učinjena, a Alcoa i vlada Zapadne Australije nikada se nisu u potpunosti oporavili od ovog iskustva, a sve ostale aplikacije ARR-a u toj državi od tada su obustavljene.

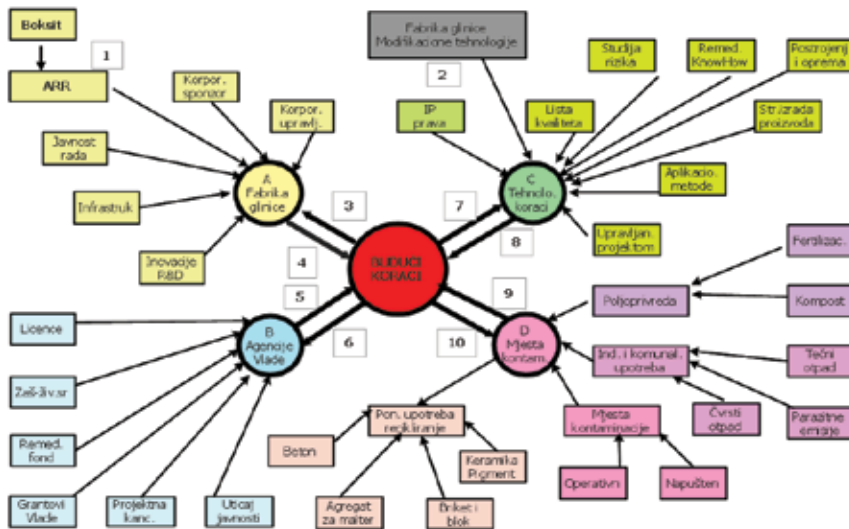
Uprkos njihovim naporima da istraže ponovnu upotrebu ARR-a u stvarnom svijetu, reakcija zajednice i loša reklama na najbolji način su uništili sve daljnje pokušaje ponovne upotrebe ARR-a u Zapadnoj Australiji. Izuzetno loš međunarodni publicitet oko spomenutog izlivanja ARR-a u Mađarskoj slično je učinio na unapređivanju napora za održivost ovog programa.

Svaki efikasan okvir održivosti ARR-a mora zbog toga postići tri osnovna cilja: 1) primijeniti samo modifikovani, neopasni ARR u projektima ponovne upotrebe; 2) biti predstavljen kao „cijeli sistem“, a ne kao industrijska inicijativa „otpad-do-resursa“ (tj. uraditi tako da to ne bude način da se industrija riješi otpada koji se želi upakovati u inicijativu kao „održiv razvoj“, zajednica će to pogrešno shvatiti kao pokušaj „odlaganja“ industrijskog otpada na sumnjiv način; 3) provesti transparentan, otvoren i uključiv način, uključivši sve učesnike u proces.

Iz ovog razloga, pristup održivosti predložen u ovom radu je proaktivan, a ne reaktivan. Osmišljen je za informisanje i edukaciju učesnika - postupak koji se smatra ključnim za bilo koju održivu budućnost ARR-a. Ako postoji zabrinutost, potrebno je riješiti „unaprijed“, ne nakon niza pritužbi ili zahtjeva, obično regulatoru ili medijima, a često su zasnovane na pristrasnim ili iskrivljenim informacijama.

Takva sudbina zadesila je proizvodnju gasa iz uglja (CSG) u Australiji, u kojoj je percepcija zajednice o opasnosti koju predstavljaju hemikalije za hidraulično lom i postupci bušenja barem djelomično prouzrokovana vlastitom tajnovitosti industrije; Činjenica da CSG industrija nerado ili odbija otkrivanje hemijskih svojstava svoje „fracking“ tekućine (od kojih mnoge sadrže

poznate mutagene i kancerogene, ali se mnogi nikada ne koriste) samo još više povećava uznemirenost društva i protivljenje takvim industrijama. Velika tajnovitost i nedostatak znanja, strah i otpor promjenama su neizbježni, ali često idu na štetu potencijalnog društvenog napretka.



Slika 2. Okvir održivosti (dio A), identifikovanje ključnih stručnjaka (sa fokusom na A-D) i njihov doprinos (Autori)

Slike 2. i 3. prikazuju pregled novog okvira s devet ključnih učesnika koji doprinose održivoj budućnosti ARR-a i imaju koristi od njega. Ti su učesnici označeni kao A-L (s naglaskom na učesnike A-D na slici 2. i E-L na slici 3). Zainteresovane strane u ovom su kontekstu definisane kao pojedinci (ili skupine pojedinaca) i subjekti od kojih se opravdano može očekivati da će doprinijeti i na koje bi to moglo uticati primjenom ARR-ove korisne upotrebe.

Devet ključnih učesnika su: na slici 2. učesnik A, rafinerija glinice, koja ima centralnu ulogu kao snabdijelj ARR-a; učesnik B, vladine agencije, učesnik C, interesno rješenje tehnološkog rješenja i pružalac usluga, učesnik D, vlasnici kontaminiranih mjesta, proizvođači otpada i operateri firmi koji mogu imati koristi od ponovne upotrebe ARR-a i na slici 3. učesnik E, društveno odgovorni investitori, učesnik F, mediji, uključujući pisane, digitalne i emitovane medije te kompanije za marketing i odnose s javnošću, učesnik G, naučno-istraživačka zajednica, uključujući kooperativne istraživačke centre (CRC) i nezavisne istraživače, učesnici H, savjetnici, izvođači i industrijska udruženja, uključujući građevinske inženjere, ekološke savjetnike i revizore, prevoznicike firme i analitičke laboratorije i učesnika L, šira javnosti.

Treba napomenuti da, budući da predstavljeni putokazi stavljaju naglasak na pitanja kao što su upravljanje ljudskim resursima (HRM), zdravlje i sigurnost na radnom mjestu poput gubitka štete u vremenu (LTIR) i ukupna stopa povrede koja se može zabilježiti (TRIR) te industrijski odnosi, predstavljeni okvir postavljen je na osnovu savremenih standarda zaštite na radu i zbog toga se ta pitanja ne rješavaju direktno.

Model, takođe, pretpostavlja da su učesnici koje doprinose održivoj budućnosti za ARR sigurni na radnom mjestu i da su sve stranke korporativni građani. Slično tome, okvir nije istaknuo značaj i potrebu procjena rizika od strane relevantnih učesnika.

Zbog toga sadašnji okvir pretpostavlja da će procjene rizika, zajedno s drugim aspektima izgradnje održive budućnosti, kao što su upravljanje krizama, izvještavanje o životnoj sredini, održive prakse nabavke, etičko ponašanje, obrazovanje i osposobljavanje te ljudska prava i ravnopravnost polova, biti sastavni dio u planiranju i prevođenju ARR u oblik koristan za

ponovnu upotrebu. Nadalje, okvir nije istaknuo potrebu za dokumentacijom i izvještavanjem učesnika, ali pretpostavlja da bi takve osnovne prakse održivosti primjenjivale i provodile relevantne strane.

U tom okviru, niti jedan učesnik nema koristi od postupka na štetu bilo kojeg drugog učesnika, a okvir je modelovan na principu „sve i svi pobjeđuju“ (Elkington 1994, 95). Iako rezultat konceptualno može predstavljati igru s nulom sumom (tj. koristi se nadoknađuju jednakim doprinosima), okvir je suma koji nije nula, jer rezultat primjene modela nije ekonomski ili ekološki nula. Ako ništa drugo, rezultat primjene takvog modela trebao bi biti suma koja nije nula, a u korist je svima.

Na primjer, neke rafinerije glinice vjeruju da je njihov „dobitak“ samo smanjenje ARR-a (tj. prenošenjem odgovornosti davanjem ili prodajom opasnog ARR-a) veći od njihovog „doprinosa“ (tj. daljnjem korišćenju korisnih aplikacija za ponovnu upotrebu). Oni, takođe, pogrešno vjeruju da ukidanjem svoje odgovornosti i smanjenjem svoje dugoročne odgovornosti (tj. promjenom jednačine opasnosti u njihovu korist kao rezultat ARR-a koji napušta svoje mjesto) oni bi trebali imati malu ili nikakvu brigu za ono što se događa s ARR-om izvan njihovih vrata. Međutim, taj jednostrani industrijsko-centrični pristup je neodrživ. On pretpostavlja: „mi pobjeđujemo, a nije nas briga za ostalo“.

Šta više, neke su rafinerije prihvatile stav „ne želimo sudjelovati ili biti uključeni u niže aplikacije jer nismo u poslu ponovne upotrebe“, iako se takav stav mijenja. Poznati primjeri uključuje RUSAL, jednog od najvećih svjetskih proizvođača glinice uz pomoć ruskog Ministarstva nauke, koji trenutno testira velike količine ARR metala i programe za reciklažu rijetkih zemalja, te proizvodnju čelika i betona, te cijelu indijsku industriju glinice koja istražuje načine proizvodnje sivog i livenog željeza i šljake bogate glinicom plazmenim topljenjem ARR (Indian Bureau of Mines 2014, 8).

Drugim riječima, nije dovoljno reći „radićemo na stvaranju održive budućnosti za ARR“ (kada se zapravo samo želimo riješiti industrijskog otpada“. Istinska održivost i korporativna odgovornost zahtijevaju daleko aktivniji angažman u širem okruženju održivosti, a odgovornost i povjerenje su okosnica svakog takvog angažmana.

Ostatak rafinerije glinice ARR (1), dobijen iz boksita, prvi je glavni doprinos ovom okviru održivosti; sve što je u modelu predviđeno je ARR kojeg proizvodi rafinerija glinice (A). Model, takođe, pretpostavlja da su glavni učesnici procesa nebrojene tehnologije modifikacija (2), koje ARR pretvaraju u benigne, sigurne, upotrebljive, ali ne inertne sirovine (model pretpostavlja da su takve metode i rezultirajući ARR odobreni od strane nadležnih tijela za ponovno korišćenje u komunalnim i industrijskim primjenama.

Doprinosi održivoj budućnosti rafinerije glinice (3) uključuju: ARR sirovine, stručnost u rukovanju i prevozu ARR-a, industrijsko znanje i vjerodostojnost, sposobnosti odnosa s javnošću, sponzorstvo i korporativna filantropija, korporativno upravljanje (kao generator i vlasnik ARR-a), infrastruktura i istraživačke i razvojne sposobnosti. Takvi se doprinosi potpuno uklapaju u kategorije korporativne etike, javne odgovornosti i korporativne društvene odgovornosti (CRS) i reagovanja, a svi su temelj savremene prakse održivosti poslovanja i izvještavanja. Prednosti rafinerije glinice od ovih doprinosa (4) uključuju: smanjenu dugoročnu odgovornost za upravljanje ARR-om i nadzor, smanjeni troškovi povezani s održavanjem i upravljanjem ovom obavezom, a samim tim i poboljšani bilans, sanaciju vlastitih kontaminiranih lokacija, uključujući obnavljanje zagađenja ARR-om, povećani značaj unutar industrije, vlade i društva i dobre volje.

Doprinosi vladinih agencija za održivu budućnost (5) uključuju: licenciranje i odobravanje projekata zaštite životne sredine, finansiranje projekata putem državnih subvencija i sredstava za sanaciju, mogućnosti bolje povezanosti sa agencijama za odnose s javnošću, podaci i statistika i nadzor usklađenosti.

Vlade, takođe, imaju cijelovit popis napuštenih i zapuštenih objekata ARR-a, kao i napuštenih i zapuštenih rudnika u vezi zaštite životne sredine (posebno rudnika zbog koncesionih prava) koja su prebačena u vladinu kontrolu i nadzor i za koja su vlade odgovorne.

Mnoga od tih napuštenih nalazišta nalazi se (na primjer, 1322 mjesta u okolini Superfund-a) u SAD-u i više od 50 000 jalovišta, napuštenih rudarskih nalazišta u cijeloj Australiji koja su trenutno pod državnom kontrolom (Liu i Wu 2012, 1241) su kontaminirana i potrebno ih je ponovo ukloniti. U mnogim je slučajevima modifikovani ARR dobro prilagođen ovom zadatku. Koristi vladinih agencija (6) od doprinosa održivoj budućnosti uključuju: smanjenu dugoročnu odgovornost, smanjeni troškovi povezani s dugoročnim upravljanjem i nadgledanjem napuštenih ARR-ova i drugih onečišćenih mjesta, potencijalno prevođenje u poljoprivredno zemljište koje se može ponovo upotrebljavati, bolji odnosi s javnošću i bolja percepcija vlasti od strane društva.



Slika 3. Okvir održivosti (dio B), identifikovanje vodećih zainteresovanih strana u obradu ARR (Autori)

Doprinosi održivoj budućnosti tehnoloških rješenja i pružatelja usluga (7) uključuju: tehnološko znanje, posebno u vezi s ekonomičnim i efikasnim metodama za izmjenu ARR-a u pripremi za ponovnu upotrebu, proizvodna stručnost u vezi s razvojem proizvoda od ARR, kontrolom kvaliteta i osiguravanjem kvaliteta, kao i znanje o hemijskom miješanju i pakovanju i isporuci proizvoda, evidencija uspjeha u marketingu i primjeni modifikovanog ARR-a i korisničke baze putem koje se ARR može primijeniti, istraživačke mogućnosti i pristup tržišnim podacima, studije slučaja i ostala tehnička dokumentacija, uključujući sigurnosne listove o sigurnosti materijala (MSDS), postrojenja i oprema prikladna za isporuku ARR-a u različitim oblicima, uključujući kao đubtrivo, prah ili pelet, stručnost u primjeni, kao što su sistemi i procesi kontrole za direktno dodavanje i filtriranje, ekspertizu o upravljanju i provođenju projekata.

Primjeri tehnoloških rješenja od strane davaoca usluga koji se bavi obnavljanjem metala od ARR-a, sanacijom životne sredine i tretmanom otpada koji koriste ARR uključuju Orbite Aluminae u Kanadi i Virotec u Australiji (Fergusson 2014, 115-118). Prednosti tehnoloških rješenja od davaoca usluga i doprinosa održivoj ARR budućnosti (8) uključuju: povećane komercijalne mogućnosti i rast poslovanja, pristup bespovratnim sredstvima i konkursima, pristup širokom spektru projekata zaštite životne sredine, projektna dokumentacija i proširene tehničke mogućnosti, proširena baza klijenata i komercijalne povratne informacije i povećana tržišna kapitalizacija.

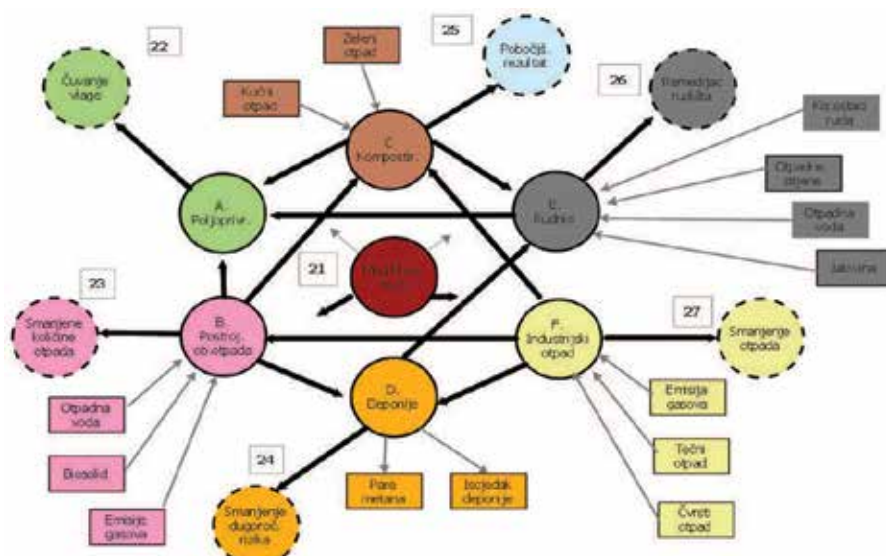
Doprinosi održivoj budućnosti vlasnika i/ili menadžera zagađenih mjesta i proizvođača otpada, osim firmi koje mogu imati koristi od ponovne upotrebe ARR-a u proizvodnji cementnih proizvoda ili u drugim aplikacijama s dodanom vrijednošću (9), uključuju: efikasan tretman niz tokova gasnih, tekućih i čvrstih otpada koji su pogodni za ARR recikliranje i/ili ponovnu upotrebu, smanjena kratkoročna i dugoročna obaveza, smanjeni rizik nepridržavanja i novčane kazne od agencija za zaštitu sredine i potencijal da otpadna mjesta - „mjesta troška“ postanu „profitni centri“.

Prednosti ovih vrsta poduzeća (10) uključuju: smanjeni (opasni) otpad, najbolje industrijske prakse za upravljanje i obradu otpada i saniranje kontaminiranih mjesta, izvor sirovina kao sirovina drugim industrijskim proizvodima, poput proizvodnje betona, opeke i blokova, keramike, geopolimera, maltera i agregata, smanjene novčane kazne i druga kršenja i dogovor sa vladom o trajnom zatvaranju mjesta.

Na slici 3. mediji (11), uključujući internetske, štampane i emitovane medije, kako u opštem komunikacijskom prostoru, tako i preko posebnih industrijskih medijskih kanala, imaju važnu ulogu u doprinosu i stvaranju održive budućnosti za ponovno korišćenje ARR. Ta se uloga sve više prepoznaje kao ključni element u procjeni održivosti korporativne odgovornosti. Doprinosi medija uključuju: činjeničnu i informativnu komunikaciju s širom javnošću, vladom i industrijom o projektima ponovne upotrebe ARR-a i drugim inicijativama za ponovnu upotrebu industrijskog otpada, činjenična i informativna komunikacija o održivom razvoju, kao i razmjenu informacija i mišljenja putem internetskih foruma i blogova. Mediji mogu imati koristi od održive budućnosti (12) dobivanjem informacija o inicijativama za održivi razvoj i ekološkim projektima od industrije, vlade i šire javnosti, povećavajući na taj način njihov intelektualni kapital i vjerodostojnost u društvu, što vodi do veće dobre volje prema medijima. Doprinosi društveno odgovornih ulagača održivoj budućnosti (13) uključuju mogućnost ulaganja i učestvovanja u investicijama koje mogu biti prihvatljive za životnu sredinu, koje se mogu dobiti, s visokim povratom i u firme koje doprinose dobrobiti društva. Ulaganja mogu vršiti socijalno odgovorni investicioni fondovi, korporativni i privatni investitori ili privatni dobrotvori. Društveno odgovorni investitori imaju koristi od održive budućnosti (14) osiguravajući povrat ulaganja i učestvujući u društveno i ekološki odgovornijim ulaganjima.

Doprinosi održivoj budućnosti savjetnika za zaštitu životne sredine i inženjera, industrijskih udruženja i nezavisnih trećih strana, poput civilnih ugovora (15) uključuju: učestvovanje u projektima inženjera i stručnjaka za životnu sredinu, značajno proširena mreža klijenata i kolega, analitičke sposobnosti certifikovanih laboratorija i prevoz proizvoda od strane prevozničkih firmi. Prednosti konsultanata za zaštitu životne sredine i inženjera, izvođača radova, industrijskih udruženja i nezavisnih trećih strana (16) uključuju: veću stručnost u industriji, povećana zaposlenost i poslovne mogućnosti, povećana stručnost i izloženost većem broju projekata, povećani pristup mrežama klijenata i kolega kroz poslovne sinergije, povećane poslovne mogućnosti i proširena baza klijenata, povećana baza članova za industrijske organizacije, mogućnosti istraživanja i savjetovanja, prilika za interakciju i rad s drugim stručnjacima iz industrije i čast.

Doprinosi naučno istraživačke zajednice održivoj budućnosti (17) uključuju: učestvovanje nezavisnih istraživača koji mogu ispitati prednosti i rezultate održivog razvoja u ARR-u, učestvovanje kooperativnih istraživačkih centara (CRC), koji imaju i značajne istraživačke vještine i resurse, kao i značajne veze s industrijom i vladom, pristup međunarodnim, recenziranim časopisima i izloženost naučnim i zajedničkim projektima i inicijativama. Prednosti naučno-istraživačkoj zajednici (18) uključuju: pristup širokom rasponu projekata zaštite životne sredine na vodećim skupovima nauke i tehnologije, podaci o životnoj sredini i održivom razvoju, stručnost i mogućnosti istraživanja i povećani kapital znanja.



Slika 4. Okvir održivosti (dio C), benefiti korišćenja modifikovanog ARR u različitim granama industrije (Autori)

Doprinosi šire javnosti za održivu budućnost (19) uključuju: učestvovanje nevladinih organizacija (NVO), ekologa, zainteresovanih građana i akcijskih grupa u zajednici i pojašnjenje „javne volje“ kroz forume zajednice, radionice i sastanke gradske zajednice. Koristi za širu javnost (20) uključuju: povećani pristup korisnim javnim mjestima koja prije nisu bila vrijedna, smanjena dugoročna odgovornost za životnu sredinu, smanjena odgovornost države, veće mogućnosti zapošljavanja, poboljšane obrazovne mogućnosti i bolje znanje o životnoj sredini.

Kao što je gore spomenuto, postoji širok raspon industrija i primjena koje mogu imati koristi od ponovne upotrebe modifikovanog ARR-a za obradu otpada i odlagališta otpada, a u nekim slučajevima mogu proizvesti proizvod koji se može ponovno koristiti iz obrađenog otpada. Oni uključuju: poljoprivredu i vrtlarstvo, proizvodnja betona i specijalnih proizvoda od cementnih proizvoda, postrojenja za pročišćavanje kanalizacije, postrojenja za kompostiranje, odlagališta, rudna nalazišta i industrije, poput topionica olova i cinka, gasovoda, firmi za očuvanje drveta, kamenoloma, proizvodnih firmi i firmi za galvansko nanošenje prevlaka, postupci neutralizacije i sanacije zemljišta, operacije dobijanja gasa iz uglja i druge naftne i gasne kompanije, bio-rafinerije, elektrane na ugalj, čeličane i dr. (Fergusson 2014, 12).

Slika 4. prikazuje primjer modela šest industrija (A-F) koji mogu imati koristi od primjene modifikovanog ARR-a i/ili proizvoda izvedenih iz njega te prikazuje potencijalne interakcije među njima. Konkretno, slika 4. sugerise kako tok otpada, koji ARR tretira u jednoj industriji, može se ponovo upotrebiti kao ulaz za korisnu ponovnu upotrebu u drugoj industriji. Takođe, sažima održivi rezultat svake industrije, budući da se odnosi na otpad koji je tretiran ARR-om. Slikom 4. predviđa da se na ulazu modifikovanog i/ili neutralizovanog ARR-a (21) u svih šest područja primjene, a to su: Primjena A poljoprivreda, Primjena B postrojenja za prečišćavanje kanalizacije, Primjena C kompostiranje, Primjena D odlagališta otpada, Primjena E nalazišta ruda i primjena F industrijski otpad.

Na primjer, kada se primjenjuje na poljoprivredu (A), pokazalo se da ARR pomaže u zadržavanju vlage, pomaže u zadržavanju fosfata u bioraspoloživom obliku, podstiče rast biljaka dodavanjem makro i mikrohranjivih sastojaka, pomaže u odvajanju iz zemljišta teških metala koji mogu biti štetni za biljke i drveće, što dovodi do poboljšanih prinosa usljed većeg zadržavanja vlage i zdravijih uslova (22). Slično tome, kada se primjenjuje na prečišćavanje

kanalizacije u STP (B), pokazalo se da proizvodi dobiveni ARR smanjuju fosfat, azot, biološku potrebu za kiseonikom (BPK), hemijsku potrebu za kiseonikom (COD), teške metale i E. Coli u komunalnim otpadnim vodama, kao i smanjuju zapreminu biosolida i smanjuju potrebu za drugim hemikalijama, kao što su flokulanti i polimeri, prilikom obrade biosolida, što dovodi do boljih rezultata obrade i smanjenja količine otpada (23).

Kada se ARR primjenjuje na STP, obrađeni biosolidi imaju ponovnu vrijednost kao đubrivo u poljoprivredi i vrtlarstvu te na rudarskim nalazištima. Obrađeni biosolidi mogu se koristiti i u postrojenjima za kompostiranje, a tretirani biosolidici mogu se ispuštati na odlagalište bez dugoročnih negativnih uticaja na odlagalištima povezanim s neobrađenim biotrovima. Štaviše, pročišćena komunalna, otpadna voda ima potencijalnu vrijednost kao reciklirana voda za upotrebu u poljoprivredi i postrojenjima za kompostiranje i na rudarskim nalazištima, mada zabrinjavajuća istraživanja pokazuju da pročišćeni otpadni otpad i biosolidi možda nisu tako benigni kao što se prije mislilo (Hendricks i Pool 2012, 290).

Kada se ARR doda u zeleni i kućni otpad, koji se koristi u kompostiranju (C), ova primjena rezultira višim temperaturama kompostiranja, bržom razgradnjom komposta i kvalitetnijim kompostom (25). Tretirani kompost može se koristiti kao đubrivo i u poljoprivredi i u obnovi rudnika. Kad se deponije čvrstog otpada (D), poput građevinskog otpada i otpada od rušenja, kiselih sulfatnih zemljišta, onečišćenog zemljišta i drugih tokova čvrstog otpada poput biosolida poslije obrade na deponiji, ti čvrsti materijali mogu se preklasificirati (tj. Iz „opasnih“ ili „opasni niskog nivoa“ na „čisti materijal“, čime se smanjuju troškovi odlaganja) ili se može umanjiti vjerovatnost dugoročne kontaminacije, uključujući stvaranje onečišćenog iscjetka. Pod bilo kojim uslovima odlagališta otpada mogu stvarati metan za ponovnu upotrebu ili preprodaju (24) (Rubinos i Spagnoli i Barral 2013, 440).

Postoji veliki broj tokova gasnog, tekućeg i čvrstog otpada koji se generišu na rudarskim nalazištima (E), uključujući otpadne stijene, jalovinu, otpadne vode i fugitivne emisije. Na primjer, kada se gasne emisije tretiraju s modifikovanim ARR-om, one ne rezultiraju stvaranjem gasova staklene bašte ili zagađenjem atmosfere. Zavisno o vrsti otpada, obrađene otpadne vode rudnika mogu se slično ispuštati u lokalno prihvatno okruženje. Takvi programi obnove, takođe, podstiču rast trave i drveća, uključujući obnavljanje napuštenih nalazišta rude, što rezultira u obnovljenim nalazištima ruda i čistom, održivom životnom sredinom (26) (Fergusson 2014, 12-17).

Postoji i velik broj tokova gasovitih, tekućih i čvrstih otpada koji se generišu iz većine industrija (F), od kojih se mnoge mogu prilagoditi obradi modifikovanim ARR. Na primjer, obrađene emisije gasa ne rezultiraju stvaranjem gasova staklene bašte ili zagađenjem atmosfere (Hutson and Attwood 2008, 285). Zavisno o vrste otpada, obrađene industrijske otpadne vode, takođe, se mogu odbaciti u kanalizaciju kao „trgovački otpad“, a neke obrađene čvrste stvari mogu se koristiti u kompostiranju ili ići na odlagalište u reklasificiranom obliku, čime se smanjuju troškovi odvoza čvrstog otpada. Rezultat ove inicijative za industrijski otpad je opšte smanjenje otpada i čišće, održivije društvo i životna sredina (27) (Kalamanda 2016, 165-177).

ZAKLJUČAK

Ostaci rafinerije glinice su opasni otpad u velikim količinama, koji nakon modifikacije može imati korisna fizička i hemijska svojstva. Brojne važne istraživačke studije pokazale su da ARR ima značajnu vrijednost ponovne upotrebe (Liu i Wu 2012, 4; Traoré i Traoré i Diakité, 20), uključujući primjenu u obradi otpadnih voda i čvrstih stvari, proizvodnji cementnih proizvoda, obnavljanju metala, keramike i sanaciji onečišćenog mjesta. Industrija glinice prešla je neke načine u ostvarivanju ove budućnosti razvijanjem tehnoloških karata koji su počeli rješavati pitanje ARR-a, ali je potreban daljnji rad. Ovaj zaključak postaje posebno istinit ako uzmemo u obzir da većina mapa puta ne razmatra pretvaranje hemijskih svojstava ARR-a, preklasificirajući ga iz „opasnog“ otpada u dobroćudnu sirovinu, a tek potom ga ponovo upotrebljava u drugim industrijskim ili okolišnim primjenama. Zabrinuto društvo ne bi trebalo

da dovodi u pitanje mudrost i da se ne zalaže za izmjenu ARR-a, istovremeno nudeći njegovu ponovnu primjenu.

Nadalje, trenutni industrijski planovi usmjereni na industriju nisu uspjeli uključiti sve relevantne učesnike ili u potpunosti uzeti u obzir šire posljedice razvoja održive budućnosti za ARR. Ovakva pozicija rezultira sa manje, nego vjerodostojnim zaključcima i rezultatima, a kao posljedica toga odgovornost i povjerenje industrije su dovedeni u pitanje. Iako su ovi zaključci i rezultati u većini slučajeva neopravdani zbog napora industrije glinice, još se može učiniti za postizanje konsenzusa oko pitanja koji se odnose na održivu budućnost ostataka rafinerije glinice.

Iz tih razloga, ovaj rad razvija okvir koji ima za cilj obuhvatiti sofisticiraniji pristup izgradnji održive budućnosti za korisnu ponovnu upotrebu ARR, uključujući u osnove transparentnosti, komunikaciju, obrazovanje i izgradnju povjerenja učesnika. Iako nije posebno naglašen, model pretpostavlja međunarodne standarde, empirijska istraživanja i izvještavanja o održivosti.

Model prepoznaje da će se očekivanja i motivacije učesnika razlikovati, ali takođe, priznaje da se te razlike trebaju priznati i razjasniti, a ne zanemariti ih. Pokušaje uključivanja i razumijevanja razlika treba podsticati, a pokušaji razumijevanja šireg društvenog i industrijskog krajolika, u kojem je program osmišljen, smatraju se kritičnim za uspjeh ponovne upotrebe ARR-a u komercijalnim i okolinskim aplikacijama. U stvari, okvir se temelji na izgradnji mreže zabrinutih, obrazovanih i predanih vlasnika procesa i temelji se na tvrdnji da se komercijalni, regulatorni i socijalni savezi i sinergije najbolje ispituju i iskorišćavaju, a ne da ih jednostavno vodi putokaz iz gledište industrije glinice.

U tom smislu, trenutni je okvir je zamišljen tako da rezultira stalnim učenjem i obrazovanjem svih učesnika, s temeljnim pristalicama, pokretačima i vlasnicima procesa koji preuzimaju vlastitu odgovornost za vodstvo i ključne odluke i provedbu projekta. Vidjeli smo taj ideal usvojen u vodstvu koje je Alcoa pokazala u Australiji i drugim rafinerijama širom svijeta, uključujući RUSAL u Rusiji i Chinalco u Kini, gdje učesnici aktivno nastoje naći širu upotrebu ostataka rafinerije glinice u široj industriji i društvu. U interesu je cijele međunarodne zajednice i dugoročne održivosti planeta. Napori poput Azijsko-pacifičkog partnerstva za čisti razvoj i klimu i druge inicijative istomišljenika, koje istražuju i iskorišćavaju korisne mogućnosti ponovne upotrebe ostataka rafinerija glinice, su za pozdraviti.

LITERATURA

1. Bray, Lee. 2014. *Bauxite and Alumina*. Reston, Virginia: U.S. Geological Society, Mineral Commodity Summaries.
2. Brunori, Claudia and Cremisini, Carlo and Massaniso, Paolo and Pinto, Valentina and Torricelli, Leonardo. 2005. "Reuse of a Treated Red Mud Bauxite Waste: Studies on Environmental Compatibility". *Journal of Hazard Materials*. 117(1): 55-63.
3. Carter, Chanelle and van der Sloot, Hans and Cooling, David and van Zomeren, André and Matheson, Tina. 2008. "Characterization of Untreated and Neutralized Bauxite Residue for Improved Waste Management". *Environmental Engineering Science*. 25(4): 475-488.
4. Donoghue, Michael. 2014. "Health Risk Assessments for Alumina Refineries". *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 56(5): 18-22.
5. Elkington, John. 1994. "Toward the Sustainable Corporation: Win-win-win Business Strategies for Sustainable Development". *California Management Review*. 36(2): 90-100.
6. Fergusson, Lee. 2014. "A Long-term Study of Mine Site Contamination and Rehabilitation in Australia". *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 11(4): 1-17.

7. Fergusson, Lee. 2014. „A Sustainability Framework for the Beneficial Reuse of Alumina Refinery Residue“. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*. 1(5): 105-120.
8. Fergusson, Lee. 2016. „The Conversion and Sustainable Use of Alumina Refinery Residues: Global Solution Examples“. *Essential Readings in Light Metals*. 1:965-971.
9. Gräfe, Markus and Power, Greg and Klauber, Craig. 2011. „Bauxite residue issues: I. Current management, disposal and storage practices“. *Hydrometallurgy*. 108(1): 33-45.
10. Gräfe, Markus and Power, Greg and Klauber, Craig. 2011. „Bauxite Residue Issues: II. Options for Residue Utilization“. *Hydrometallurgy*. 108(1): 11-32.
11. Gräfe, Markus and Power, Greg and Klauber, Craig. 2011. „Bauxite residue issues: III. Alkalinity and associated chemistry“. *Hydrometallurgy*. 108(1): 60-79.
12. Habashi, Fathi. 1995. „Bayer Process for Alumina Production: Historical Perspective“. *Bulletin of the History of Chemistry*. 17/18: 15-19.
13. Hendricks, Rahzia and Pool, Edmund. 2012. „The Effectiveness of Sewage Treatment Processes to Remove Faecal Pathogens and Antibiotic Residues“. *Journal of Environmental Science and Health*. 47(2): 289-297.
14. Hutson, Nick and Attwood, Brian. 2008. „Binding of Vapour-phase Mercury (Hg⁰) on Chemically Treated Bauxite Residue (Red Mud)“. *Environmental Chemistry*. 5(4): 281-288.
15. Indian Bureau of Mines. 2014. „Indian Minerals Yearbook 2012 (Part II: Metals & Alloys)“. *Nagpur, India: 51st Edition, Indian Bureau of Mines*. 2: 2-13.
16. International Aluminium Institute. 2010. „Global Aluminium Industry Sustainability Scorecard 2009.“ Accessed February 25, 2010. https://www.world-aluminium.org/media/filer_public/2013/01/15/final_app_benchmarking_and_measurement_project_2010_data_10-11-2011.pdf
17. Kalamanda, Obrenija. 2016. „Environmentally friendly waste management in the Republic of Srpska“. *Business studies*. 8(15-16): 163-196.
18. Liu, Dong-yan and Wu, Chuan-sheng. 2012. „Mineral Phase and Physical Properties of Red Mud Calcined at Different Temperatures“. *Journal of Nanomaterials*. 2012(3): 1-6.
19. Liu, Dong-yan and Wu, Chuan-sheng. 2012. „Stockpiling and Comprehensive Utilization of Red Mud Research Progress“. *Journal List Materials (Basel)*. 5(7): 1232-1246.
20. Renforth, Philip and Mayes, William and Jarvis, Adam and Burke, Ian and Manning, Daniel and Gruiz, Katalin. 2012. „Contaminant mobility and carbon sequestration downstream of the Ajka (Hungary) red mud spill: The effects of gypsum dosing“. *Science of the Total Environment*. 421/422: 253-259.
21. Rubinos, David and Spagnoli, Giovanni and Barral, Maria Teresa. 2013. „Assessment of Bauxite Refining Residue (Red Mud) as a Liner for Waste Disposal Facilities“. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. 29(6): 433-452.
22. Traoré, Lanciné and Traoré, Sékou and Diakité, Seidina. 2014. „Bauxite Industry in Guinea and Value Opportunities of the Resulting Red Mud as Residue for Chemical and Civil Engineering Purposes“. *Journal of Civil Engineering Research*. 4(1): 14-24.
23. Wehrli, Juerg and Campbell, Michael and Fergusson, Lee. 2011. „A Zero Waste Framework for a New Minerals Industrial Complex“. *Travaux: Du Comité International pour L'étude des Bauxites, de L'alumine et de L'aluminium (ICSOBA)*. 36(40): 176-187.