



prof. Michele Greco iz Univerze Basilicata, Italija

pomanjkljivosti za nemoteno oskrbo s čisto pitno vodo. Zanimiv je bil tudi primer čezmejnega sodelovanja dveh vodovodnih sistemov Italije in Slovenije, kjer sta se fizično povezala Tržaški vodovod Acquedotto G. Randaccio in Rižanski vodovod iz Kopra.

Primeri nedavnih poplav v Italiji in Sloveniji

Kako uničujoča in nepredvidljiva je moč narave in vode, smo lahko videli tudi na dveh primerih ekstremnih poplav, ki so doletele Slovenijo in severno Italijo. Prof. Armando Brath iz Univerze v Bologni je predstavil katastrofalne poplave in posledice v maju 2023, kjer so imeli nekateri ukrepi, kot na primer usmerjanje in kontrolirano razlitje poplavnih vod, pozitivni učinek, za



razliko od drugih, kjer niso bile upoštevane zahteve stroke po načrtovanju in izvajanju protipoplavnih ukrepov.

Ervin Vivoda iz Sektorja za zmanjševanje posledic naravnih nesreč v Sloveniji pa je na primeru lanskih poplav v Sloveniji izpostavil vlogo učinkovitosti državnih



Luigi Fuzio, predsednik uprave banke Intesa Sanpaolo v Sloveniji

mehanizmov pri hitri pomoči prizadetim, očni škode in hitri finančni pomoči pri obnovi poškodovanih objektov in infrastrukture.

Odgovornost gospodarstva

Pomen modre ekonomije za gospodarstvo je iz svoje perspektive predstavil tudi Massimo Deandreis, generalni direktor, SRM Raziskovalnega centra za ekonomske študije, skupine Banka Intesa Sanpaolo, ki izvaja raziskovalno dejavnost na področjih

logistično-pristaniškega in energetskega sektorja. Predsednik uprave banke Intesa Sanpaolo v Sloveniji, Luigi Fuzio je poudaril velik pomen in odgovornost sodelovanja s pomorsko logističnim sektorjem ter priložnosti za Slovenijo, ki z Luko Koper in izgradnjo

drugega tira postaja pomemben strateški sektor za celotno državo.

Poslovno konferenco o modri ekonomiji je zaključila okrogla miza, ki jo je vodil Jurij Giacomelli, predsednik Italijansko-slovenskega foruma, na temo preprečevanja in ublažitve izginjanja biotske raznovrstnosti v morju. Govorniki, znanstveniki iz inštitutov in predstavniki nevladnih organizacij, so poudarili pomen sodelovanja vseh vpletenih v proces ohranjanja živih organizmov v morju, tako znanstvenikov kot tudi gospodarstva in politike upravljanja naravnih virov.

Ob zaključku konference o modrem gospodarstvu so bili vsi udeleženci enotnega mnenja, da so podnebne spremembe dejstvo in da bo treba na vseh ravneh, od meddržavnih, državnih do lokalnih, slediti ukrepom za ublažitev in preprečevanje nevarnosti ob povečanih hidroloških pojavih, še posebej na obalnih območjih kjer je dvigovanje morske gladine dejstvo, ki se mu dolgoročno ne bo mogoče izogniti.



RUDARJENJE NA DEPONIJAH – POPULARNA FRAZA, REALNE PRILOŽNOSTI ALI NUJA?

Besedilo:
Primož Oprčkal, Ana Mladenovič,
Zavod za gradbeništvo Slovenije

V članku predstavljamo glavne vidike pridobivanja surovin iz deponij.

1. Uvod

Evropa ima malo virov in je uvoznica surovin in energentov. Njen delež v letni svetovni proizvodnji surovin je manj kot 5 %. Na področju surovin je zato gospodarstvo EU deklarativno in tudi operativno v fazi prehoda iz linearnega v krožno, kjer se vrednost materialov oz. virov ohranja, kolikor je mogoče dolgo, snovne zanke se zapirajo, zaradi česar se zmanjšuje količina odpadkov, ki jih je potrebno odlagati (1). Kakšen bo ta prehod v negotovih gospodarskih, geopolitičnih in družbenih razmerah ter kako hitro bo, je nemogoče predvideti. Morda bomo v prihodnosti res kdaj lahko govorili o družbi »skoraj nič odpadkov«, trenutno pa se ob koncu življenjske dobe preusmeri v nov življenjski cikel z recikliranjem manj kot 10 % materialov. V članku predstavljamo glavne vidike pridobivanja surovin iz deponij.

2. Iskanje surovin na deponijah

V miljeu, v katerem bolj racionalno ravnanje z viri postaja nuja, moramo ovrednotiti tudi materiale, ki so odloženi na deponijah. Te so po statusu lahko legalne (aktivne ali zaprte, bolj ali manj zgrajene v skladu s standardi, ki preprečujejo njihov vpliv na okolje), lahko pa gre za nelegalno odložene odpadke, ki so dobro identificirani v času in prostoru ali davne, še neodkriti.

Po sestavi odpadkov jih delimo na komunalne, industrijske in rudarske, čeprav številne, predvsem starejše, lahko vsebujejo tudi mešane tipe. Vsi ti odloženi odpadki so del tehnosfere (2), nove sfere na planetu, po oceni trenutno težke 30 trilijonov ton (3), ki jo je s svojimi aktivnostmi generiral človek in ki pripada novi geološki dobi – antropocenu. Trajanje antropocena v primerjavi s celotno geološko zgodovino (4,6 milijarde let) je le kot tren očesa.

Količine materialov na deponijah so ogromne. V EU je približno 500.000 starih in delujočih deponij, ki vsebujejo približno 50 milijard m³ odpadkov. Ta ocena ne vključuje odpadkov iz rudarjenja, ki jih v EU vsako leto nastane od 550–750 milijonov ton (4, 5). Odlaganje odpadkov na deponijah poleg izgube virov in prostora seveda pomeni tudi vpliv na okolje, v EU je odlaganje odpadkov eden najpogostejših vzrokov onesnaženja podzemne vode in degradacije tal.

Rudarjenje tehnosfere, torej rudarjenje na odlagališčih in kanaliziranje recentnih tokov odpadkov v reciklirane proizvode, je bilo prvič izvedeno v Izraelu v zgodnjih 60-ih. Eden od odmevnih uspešnih primerov je bil projekt izgradnje olimpijskega parka v Londonu leta 2012, ki je bil zgrajen na degradiranem območju, kjer so bili odloženi industrijski odpadki.



3. Protokoli rudarjenja na deponijah

V razvitih evropskih državah, pa tudi drugje po svetu, kjer občutijo pomanjkanje surovin, so deponije vseh vrst že prepoznane kot rudniki sekundarnih surovin, tako materialov kot tudi energentov. Sekundarne surovine se iz tehnosfere pridobivajo na enak način kot se rudarijo naravne surovine v litosferi (zemljini skorji). Po tej analogiji so za odpiranje in predelavo deponij potencialno uporabni številni moderni rudarski postopki in tehnologije. V splošnem poteka odpiranje deponije in izkoriščanje materialov po naslednjih fazah:

- Pridobitev informacij o statusu deponije in potrebnih upravnih postopkih za izkop in predelavo odpadkov.
- Pregled historičnih zapisov o odlaganju in aerofotoposnetkov različnih datumov, z namenom pridobiti podatke o razvoju deponije skozi časovno obdobje.
- Raziskovalno vrtnanje, nedestruktivne geofizikalne in digitalne metode zaznavanja za pridobitev podatkov o položaju in obsegu odpadkov v telesu deponije.
- Rezultati prvih treh korakov so osnova za izbiro primerne tehnologije za izkop in predelavo odpadkov ter za izdelavo projekta eksploatacije. Ta je ekvivalenten rudarskemu projektu, saj je potrebno glede na volumen deponijskega telesa predvideti smiselno izkopavanje, tako s stališča logistike oz. transporta kot tudi s stališča geomehanske stabilnosti in varnosti.
- Sledi sama izvedba izkopa, separacije, bogatenja in predelave odpadkov, kar je lahko zahteven in dolgotrajen proces, odvisen od izbranega načina predelave in velikosti deponije. Želimo doseči stanje, da nič odpadkov ne ostane v taki obliki, da bi jih bilo potrebno ponovno odložiti. To je možno s premišljeno načrtovanim selekcioniranjem, kjer že v naprej predvidimo končno rabo za vsako posamezno frakcijo odpadka ali skupino odpadkov.
- V končni fazi se zemljišče sanira, pri čemer je postopek sanacije odvisen od tega ali in koliko je onesnažena tudi matična podlaga ali podzemna voda. Če je, je potreben postopek remediacije onesnažene zemljine ali podzemnega vodnega telesa. S primernimi postopki imobilizacije in uporabo aditivov se lahko onesnažena zemljina predela v urbana tla, ki niso več onesnažena in so primerna za potrebe revitalizacije prostora po izkopu deponije.

Sanacija takšnih lokacij je lahko finančno uspešna, če se stroški predelave in remediacije pokrijejo iz naslova izkoriščanja razpoložljivih surovin. Govorimo o predelavi in izkoriščanju surovin po različnih scenarijih, denimo:

- V deponiji so materiali, ki so po svoji kakovosti slabši od naravnih materialov in se predelava komercialno splača na račun pridobljenega prostora. Tu je potrebno poudariti, da je gradbeništvo lahko ponor za številne manj kakovostne materiale, po načelu, da je za določen namen rabe nek material dovolj dober. Ne potrebujemo za vse aplikacije najbolj kakovostnih materialov.
- V deponijah, še posebno rudarskih, industrijskih, pa tudi starejših komunalnih, so materiali/kovine, ki imajo visoko tržno vrednost, (npr. žlindre, baker, litij, kobalt, nikelj, mangan, elementi redkih zemelj, skandij) in se proces predelave finančno pokrije z njihovo prodajo na trgu (slika 1). V preteklosti so bile tehnologije eksploatacije in predelave rude takšne, da so kot jalovino deklarirali in kot takšno obravnavali dele rudišča, kjer

je bila vsebnost rudnih mineralov nizka ali pa so se ti nahajali v obliki, ki niso omogočale cenovno vzdržne predelave. Tudi učinkovitost flotacije in obogatitve rudnih mineralov je bila v primerjavi z današnjimi postopki predelave slabša. V večini primerov je bila predelava izvedena tako, da se je izlužil koncentrat tistih kovin ali drugih surovin, ki jih je bilo v rudi največ. Tako so na deponijah končale ogromne količine odpadkov, ki vsebujejo znatne količine npr. elementov redkih zemelj, skandija, zlata, srebra, platine itd., ki jih je s sodobnimi tehnologijami možno izlužiti. Celo nizke vsebnosti teh elementov v deponijah zagotavljajo finančno vzdržnost ob morebitni predelavi.

- V starih komunalnih deponijah je veliko ostankov različne plastike, za katero so na voljo različne tehnologije za predelavo, npr. kot snovna izraba s pirolizo v nove proizvode ali kot gorivo.



Slika 1: Potencialne surovine na industrijski deponiji (foto P. Oprčkal)

4. Uporaba »jalovih« materialov v gradbeništvu

Jalovih v naslovu je mišljeno v kontekstu, da so prehodno izločene kovine in vsi ostali materiali, ki jih lahko z višjo dodano vrednostjo reciklirajo drugi sektorji. Gradbeništvo je količinsko največji porabnik na koncu reciklirne poti, ki lahko porabi vse nekovinske anorganske materiale, ki nastanejo pri predelavi odpadkov z deponije. Lahko gre za visokokakovostne agregate, ki so uporabni za beton, tolčenec, asfalt ali tampon ter na drugi strani tudi za materiale, ki so slabše kakovosti in jih uporabljamo za nasipe in zasipe. Materiale iz prve skupine je možno dobiti s predelavo industrijskih deponij, ki so se polnile z odpadki iz jeklarn. Po ekstrakciji jekla in drugih zlitin se izvede drobljenje in separiranje materiala v standardne frakcije agregata. Agregati iz jeklarske žlindre se zaradi svojih odličnih lastnosti uporabljajo za najbolj zahtevne aplikacije, predvsem kot agregat za obrabne asfaltno plasti vozišč, kjer uspešno nadomešča naravne eruptivne silikatne agregate. Zlasti odlična in trajno visoko torna sposobnost agregata iz žlindre je tista, zaradi katere ti agregati sodijo med najbolj kakovostne agregate tudi v globalnem merilu.

Za kakovostno slabše, predvsem drobnozrnate materiale, ki lahko izvirajo iz vseh treh tipov deponij in ki običajno niso kemijsko inertni (v vodnem izlužku so presežene vsebnosti nekatereh potencialno nevarnih snovi), je potrebna imobilizacija. V primeru, da ima material hidravlične ali pucolanske lastnosti, se ob primerni vgradnji (optimalna vlaga in zgoščenost) »samomobilizira«, pri čemer se vodotopne potencialno nevarne snovi pretvorijo v nenevarne in stabilne mineralne faze. Če teh lastnosti material sam po sebi nima, se imobilizacija izvede tako, da se izdelata kompozit z dodatkom materialov, ki omogočajo pretvorbo in trajno vezavo potencialno nevarnih snovi v nenevarne oblike (npr. s kalcijemskim pepelom). Vse recepture in postopki morajo biti takšni, da se lahko izvedejo s standardno gradbeno mehanizacijo in konvencionalnimi terenskimi kompetencami izvajalcev.

5. Družbena sprejemljivost

Seveda sta komunikacija in sodelovanje s civilno družbo bistveni za konkretne aktivnosti. Ljudje v EU so deklarativno razmeroma naklonjeni domačemu rudarstvu, čim višji samozadostnosti, predelavi odpadkov ter povečanemu recikliranju (6). Morda tudi kot posledica zelene krivde (green guilt)? Poročilo »Metals for Clean Energy«, ki sta ga leta 2022 pripravila Euro-metals in KU Leuven (7), navaja, da lahko predelava rudarskih odpadkov v Evropi zagotovi znaten vir kovin in mineralov. V tem smislu je tudi naklonjenost družbe največja predelavi rudarskih odpadkov, zlasti tistih, ki nastajajo v aktivnih rudnikih. Veliko slabša je podpora ljudi predelavi in izkoriščanju surovin iz komunalnih deponij. Zdi se, da se trenutno na njih odpadki samo premikajo (ne predelujejo!) izključno zaradi pritiska, da se lokacije sanirajo v skladu s strožimi zahtevami (slika 2). Pred leti je v EU zrasla močna inicijativa deležnikov za moderno rudarjenje na komunalnih deponijah (European Enhanced Landfill Mining Consortium – EURELCO), ki pa je kasneje formalno ugasnila, tudi zaradi pomanjkanja konsenza in podpore v družbi. Poleg tega tej iniciativi ni uspelo v dokument »Circular Economy Action Plan« vnesti paradigme, da so deponije tu, da so vir materialov, da ogrožajo okolje in da je potrebno s



Slika 2: Komunalna deponija pred sanacijo zaradi okoljskih zahtev (foto P. Oprčkal)

tem v zvezi začeti ukrepati. Sedaj se sicer pojavljajo iniciative tudi za modele, ki bi aktivno vključile lokalno prebivalstvo na tak način, da bi to participiralo kot solastnik v benefitih, ki jih predelava deponije prinese.

6. Ogrožanje deponij zaradi podnebnih sprememb

Znanstveni dokazi glede podnebnih sprememb so jasni, v vsakdanjem življenju vidni sleherniku. Podnebne spremembe, naraščanje tveganja s segrevanjem zemlje in katastrofični učinki bodo zagotovo prizadele tudi deponije in povečale tveganja za lokalne in tudi širše skupnosti. V preteklosti je bila pogosta praksa odlaganje odpadkov na deponije v nižinah ali obalnih področjih, kjer so imela zemljišča nižjo vrednost zaradi poplavnega tveganja. Z dvigom morske gladine in obalno erozijo lahko te lokacije zdaj predstavljajo vir onesnaženja. Vprašljiva je tudi stabilnost in varnost številnih industrijskih in/ali rudarskih deponij (jalovinskih in flotacijskih), ki so pogosto locirane za umetnimi ali naravnimi pregradami na pobočjih in ki zagotovo niso dimenzionirane za takšne količine padavin kot se pojavljajo danes. Z vidika dejstva, da podnebne spremembe lahko deponijo uničijo in da takšno uničenje povzroči ne samo okoljsko onesnaženje, temveč tudi materialno škodo in žrtve, obravnava posamezne deponije v luči podnebnih sprememb postaja nujna.

7. Zaključek

Lahko bi rekli, da so tehnične in ekonomske možnosti za predelavo starih deponij daleč pred zakonodajnimi možnostmi in vidiki socialne sprejemljivosti. Dejstvo je, da EU – in z njo tudi naša država – potrebuje najprej na deklarativni ravni odločitev, da je predelava deponij potrebna in koristna z vidika zagotavljanja kritičnih in strateških surovin ter z vidikov izboljšanja stanja okolja oziroma smotrne rabe prostora (do leta 2025 naj bi države sicer pripravile nacionalne sezname deponij). Nato potrebujemo pametno deregulacijo, ki ne bo samo »ne prepovedala« rudarjenja na deponijah, temveč poenostavila pravila in te aktivnosti spodbujala.

Divji atmosferski pojavi, ki prizadenejo, premaknejo ali celo izbrisejo deponije, pa tako ali tako ne vprašajo za dovoljenja in soglasja, kar smo v Sloveniji evidentno izkusili že v primeru katastrofalnih poplav leta 2024.

8. Zahvala

Članek je nastal v okviru projekta Rudarjenje tehnosfere za učinkovito rabo virov in izboljšanje stanja okolja (J7-50228), ki ga sofinancira ARIS.

Viri

- EU, The European Green Deal. COM(2019) 640 final, Brussels: European Commission, 2019.
- Johansson, et al., An integrated review of concepts and initiatives for mining the technosphere: towards a new taxonomy, Journal of Cleaner Production 55, pp. 35-44, 2013.
- Zalasiewicz et al., Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective. The Anthropocene Review, 1-14, 2016.
- Burlakovs et al., Paradigms on landfill mining: From dump site scavenging to ecosystem services revitalization. Resources, Conservation and Recycling, 123, pp. 73-84, 2017.
- Gabarino et al., Management of waste from extractive industries: The new European reference document on the Best Available Techniques. Resource Policy, 69, 2020.
- Jones: Five Lessons Learned from the (Re)Mining Symposium, Mechelen, Belgija, 2022.
- Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge, KU Leuven and Eurometals, 2022.