ALTERNATOR
Misliti znanost.

Ponovna uporaba v gradbeništvu

18. 2. 2021

Number: 07/2021

Author:

- Sara Seršen



Foto: Arne Hodalič

Odpadki

Posledice globalnega segrevanja in podnebnih sprememb (https://www.europarl.europa.eu/news/sl/headlines/priorities/podnebne-spremembe/20180905STO11945/posledice-podnebnih-sprememb-v-evropi-infografika) so že vidne po vsem svetu. Za blaženje njihovih vplivov je treba zmanjšati emisije toplogrednih plinov, kar pa predstavlja velik izziv za človeštvo. V želji po povečanju pridobivanja čistejše energije naraščajo tudi potrebe po specifičnih materialih. Primer so redke zemljine, ki so ključnega pomena za proizvodnjo visoko zmogljivih magnetov v vetrnih turbinah in električnih vozilih, za izdelavo avtomobilskih katalizatorjev, tiskanih vezij, optičnih vlaken in visokotemperaturnih superprevodnikov. Že danes je Evropa odvisna od uvoza večine surovin, v prihodnosti pa se bo trend verjetno le še stopnjeval. Tiste surovine, ki so gospodarsko najpomembnejše in pri katerih je tveganje pri oskrbi veliko, imenujemo kritične surovine. V letu 2020 je bilo na seznamu kritičnih surovin (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN) že 30 različnih materialov, medtem ko jih je bilo ta leta 2011 le 14. Nazadnje so bili dodani boksit, litij, titan in stroncij, ki se večinoma uporabljajo za izdelavo vozil, polprevodnikov, baterij, magnetov ali pri izdelavi različnih premazov.

Glede na trenutni naraščajoči trend rasti človeške populacije in življenjskega standarda je pričakovati, da bo v prihodnosti večino omenjenih surovin pričelo primanjkovati. Samo v zadnjih štirih desetletjih se je globalna poraba (http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21557/global_material_flows_full_report_english.pdf?sequence=1&isAllowed=y) surovin potrojila. Povprečno naj bi prebivalec v Evropi in Severni Ameriki porabil na leto od 20

do 25 ton materiala, medtem ko ga povprečen Afričan porabi manj kot 3 tone. Večino tega materiala predstavljajo surovine (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Domestic_material_consumption_by_main_material_category,_EU-27,_2019.png) za gradbeni sektor, natančneje nekovinski minerali. Ker izkoriščanje naravnih surovin ni neomejeno, je treba preoblikovati gospodarske sisteme iz linearnih (ki delujejo po načelu vzemi – naredi – odvrzi) v t. i. *krožna*. Krožno gospodarstvo (https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy) temelji na uporabi predelanih surovin oziroma sekundarnih materialov, hkrati pa pripomore k zmanjševanju količine odpadkov in posledično zmanjšanju njihovega negativnega vpliva na okolje.

V Sloveniji je v letu 2019 nastalo skoraj 5,1 milijona ton gradbenih odpadkov, to pa znaša kar 60 % vseh proizvedenih odpadkov (https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/9253) . Hkrati pa gradbeni sektor predstavlja enega izmed najbolj primernih sektorjev za recikliranje velikih količin odpadnega materiala. Reciklirani gradbeni ali industrijski odpadki (http://www.zag.si/si/naslovne-teme/recikliranje) lahko enostavno nadomestijo naravni agregat in/ali tradicionalna veziva, kot so cement, apno, bitumen. Reciklirati je mogoče različne nezaželene industrijske odpadke, kot je denimo črna jeklarska žlindra – eden izmed odpadkov pri proizvodnji nelegiranih jekel (jekla, ki vsebujejo največ 2 % primesi) v elektroobločnih pečeh. Takšen material se lahko uporablja kot nadomestek naravnega agregata v asfaltni plasti in se tako porabi pri gradnji asfaltnih cest.

V sklopu evropskega projekta *LIFE RusaLCA* (http://www.rusalca.si/si/) so pripravili geotehnični kompozit, sestavljen iz odpadnega blata komunalne čistilne naprave in pepela, pridobljenega iz papirja. Ta material je mogoče uporabljati za gradnjo neprepustnih tesnilnih plasti, za gradnjo servisnih površin ali za uporabo pri gradnji transportnih poti na odlagališčih nenevarnih odpadkov. S pridelavo takšnega recikliranega proizvoda postane izkoriščanje naravne mineralne surovine, gline, nepotrebno. Na podoben način se bo v projektu *LIFE Hidaqua* (http://hidaqua.zag.si/) recikliralo odpadne mulje, ki nastanejo kot produkt čiščenja industrijske odpadne vode. Pri tem se bo z uporabo naprednega sistema za čiščenje vode z zanemarljivimi emisijami za okolje omogočilo, da se pitna voda ne bo več izkoriščala v industrijske namene in bo posledično poraba dragocene pitne vode manjša. Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060) navaja, da »voda ni kot ostali tržni proizvodi, ampak je dediščina, ki jo je treba varovati, braniti in obravnavati kot tako«. Za ohranjanje te dragocenosti pa smo odgovorni vsi.

Za uporabo v gradbeništvu mora končni reciklirani proizvod poleg določenih mehanskih lastnostih dosegati tudi vrednosti, ki zagotavljajo, da je material okoljsko neoporečen. V novih proizvodih lahko s preprečitvijo prehajanja nevarnih primesi v okolje (imobilizacijo težkih kovin) njihov vpliv na okolje ustrezno zmanjšamo. Za vsako nadaljnjo uporabo je treba zagotavljati, da uporaba kakršnihkoli materialov v okolju ne ogroža človekovega zdravja in ne predstavlja tveganja za vodo, zrak, tla, rastline in živali. Potrebno je dokazati, da v recikliranih materialih ni problematičnih snovi, pri čimer ministrstvo v okoljevarstvenem dovoljenju določi nabor onesnaževal in njihove dopustne vsebnosti (http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7011) v *izluških* predelane snovi.

Kemijske analize

Izluževanje (ali ekstrakcija trdno – tekoče) je kemijska metoda, pri kateri določene molekule in ioni iz trde zmesi preidejo v tekočo fazo oziroma topilo (v našem primeru demineralizirana voda). Predelane snovi, ki bodo uporabljene v zunanjem okolju in izpostavljene atmosferskim vplivom, lahko v izlužku vsebujejo koncentracije onesnaževal le pod mejo, ki je običajno zelo nizka in določljiva le z občutljivimi in natančnimi analitskimi tehnikami. Parametri (http://www.pisrs.si/Pis.web/npb/2020-01-2317-2015-01-1513-npb2-p5.pdf) , ki jih je treba določiti v izlužkih, so koncentracije a) težkih kovin, kot so kadmij, svinec, krom, živo srebro, arzen, b) anionov, kot so fluoridi, sulfati in kloridi ter c) druga organska onesnaževala, kot so lahkohlapni aromatski ogljikovodiki, dioksini, kloroalkani ...

Za določitev vsebnosti težkih kovin v sledovih na ZAG-u uporabljamo masno spektrometrijo z induktivno sklopljeno plazmo (https://www.spectroscopyeurope.com/article/optimising-icp-ms-determination-trace-metals-high-matrix-samples) (ICP-MS (https://www.youtube.com/watch?v=tP5ZKUTWiuQ)). Sodobni sistemi ICP-MS lahko analizirajo večino elementov periodnega sistema v relativno kratkem času in pri zelo nizkih mejah zaznavanja, v večini primerov 1 ng/L oziroma reda velikosti 10^{-9} (ppb). Tekoči vzorec se znotraj inštrumenta v obliki aerosolov najprej razprši v plazmo, kjer se pod vplivom visoke temperature (5.000–10.000 K) posuši, razgradi, atomizira in ionizira, nato pa z uporabo masnega spektrometra kvantificirajo prisotne elemente. Vsebnost anionskih primesi v izluženi vodi določamo spektrofotometrično z uporabo UV-VIS spektrofotometra ali z uporabo ionskega kromatografa (https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/3-s2.0-B0080431526007506/first-page-pdf) (IC). Le v slednjem primeru pa lahko zaznamo najbolj nizke koncentracije (pod 1 µg/L) z visoko natančnostjo. Ionsko-izmenjevalna kromatografija je namreč tehnika, ki ločuje ionske vrste s kombiniranjem kromatografske ločbe in ionskega ravnovesja. Komponente vzorca se po koloni premikajo z različnimi hitrostmi glede na njihov naboj. Količine eluiranih ionov se nato izmerijo s pomočjo specifičnih detektorjev. Glede na retenzijski čas (čas, ki ga potrebuje določen ion, da prispe do detektorja) lahko določimo vrsto iona, ki se je eluiral.

Veliko tveganje za okolje pa verjetno predstavljajo tudi t. i. *nova onesnaževala* (angl. *emerging pollutants*). To so onesnaževala, ki vplivajo na zdravje ljudi ali povzročajo druge ekološke težave. Takšne snovi so lahko v okolju že dlje časa, vendar sta njihova prisotnost in pomen na novo ugotovljena. Lahko gre za snovi naravnega izvora ali industrijsko sintetizirane spojine. Primeri takšnih onesnaževal so farmacevtski izdelki, nanomateriali, kozmetika, premazi, pesticidi, plastifikatorji, zaviralci gorenja ipd. Prav njihova raznolikost je eden največjih izzivov pri vrednotenju in nadzoru nad njimi.

Običajno so takšne snovi prisotne v zelo nizkih koncentracijah, poleg tega so pomešane z množico drugih snovi, kar je lahko za kemijsko analitiko razmeroma trd oreh.

V zadnjih desetletjih je širša razpoložljivost tekoče kromatografije-masne spektrometrije (LC-MS (https://www.youtube.com/watch?v=i1QGPcvH_64)) in LC-MS/MS (https://www.youtube.com/watch?v=7NEWDmT1sCo) omogočila odkritje različnih spojin, ki jih v okolju prej niso zaznali. To je tudi razlog, zakaj te spojine imenujemo *nastajajoči kontaminanti* (angl. *emerging contaminants*). Z metodo tekočinske kromatografije lahko ustrezno ločimo analite od motečih spojin, kar je ključnega pomena za odkrivanje onesnaževal. Treba je odstraniti čim več motečih snovi iz vzorca in hkrati skoncentrirati vzorec, da ga bomo z analitsko metodo lahko zanesljivo določili.

Okoljska deklaracija oziroma kvantificiranje vpliva na okolje

Za vzpostavitev zelenega gospodarstva, pri katerem se porabi manj naravnih virov, so vsekakor potrebne naložbe v razvoj in ekološke inovacije. Po drugi strani pa je potrebno preverjanje in dokazovanje okoljskih parametrov, ki bodo javnost prepričali, da je nakup takšnih produktov ali tehnologij boljši, ne samo za okolje, ampak tudi za prihranek na dolgi rok. Z okoljsko deklaracijo proizvoda oziroma s pridobitvijo certifikata EPD (angl. *environmental product declaration*) dokazujemo trajnostno rabo naravnih virov. Ta prostovoljna deklaracija zagotavlja dostop do okoljsko relevantnih informacij o materialu, pri katerem so poleg tehničnega opisa izdelka navedeni tudi izračuni emisij, ki temeljijo na rezultatih ocenjevanja življenjskega cikla – LCA (angl. *life cycle assessment*). LCA analiza je mednarodno uveljavljena metoda, na podlagi katere ovrednotimo, kateri proizvod z enako funkcijo je na splošno manj obremenjujoč za okolje. Osnova za LCA je popis vhodnih in izhodnih tokov, s katerim skušamo dobiti vpogled v celoten življenjski cikel izdelka. Obsega vse od pridobivanja surovin in predelave materialov, porabe energetskih virov, izdelave, vzdrževanja, transporta in distribucije in uporabe izdelkov, popravil do končnega odstranjevanja odsluženih izdelkov z recikliranjem ali z odlaganjem na deponiji. Vplive nato ovrednotimo z merjenjem izpustov v zrak, vodo, prst ter s količino nastalega odpadnega materiala. Na takšen način se nato izračuna vpliv na segrevanje ozračja, na zakisovanje okolja in na zmanjšanje zalog fosilnih goriv itd.

Za razliko od EPD prostovoljna shema ETV (https://ec.europa.eu/environment/ecoap/etv/about-etv_en) (angl. *environmental technology verification*) praktično dokaže, kakšni so okoljski doprinosi izdelka oziroma tehnologije in potrdi njihovo učinkovitost s strani usposobljenih tretjih oseb in na podlagi podatkov, pridobljenih s preskušanjem preko uporabe uveljavljenih protokolov. V sklopu projekta *LIFEproETV* (http://lifeproetv.eu/) želimo osvestiti javnost, da nove inovativne tehnologije ponujajo rešitve za izboljšanje rabe surovin, večjo energetsko učinkovitost, zmanjšujejo emisije in nastajanje odpadkov na okoljsko in stroškovno učinkovitejši način.

Narave žal ni moč rešiti le z razvojem družbe, ampak jo moramo predvsem ohranjati s smotrno in odgovorno rabo naravnih virov. Vsak odpadek lahko postane surovina za nekaj drugega le, v kolikor za to obstajajo tehnologije, ki to omogočijo. Hkrati pa mora nad tem bedeti nek sistem kakovosti, ki preverja okoljsko sprejemljivost takšnih rešitev in sočasno preprečuje morebitno onesnaževanje okolja.