

I. Čatić^{a*} i A. Mihajlović^b^a Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, Ivana Lučića 5, 10 002 Zagreb^b Društvo inženjera plastičara i gumara, 11 040 Beograd, SrbijaMora, oceani i mikroplastoza^{**}

Već niz godina poznate su bolesti silikoza i azbestoza, izazvane česticama silicijeva dioksida i azbesta. Posljednjih godina učestalo se ukazuje na bolesti koje izaziva plastika i guma, plastoze. Na temelju nužnih kriterija prosudbe, jedan je veličina čestica, uvode se nazivi mikroplastoza i nanoplastoza. To je potaknuto sve snažnijim napadima radikalnih ekologa na plastične i gumene mikročestice u moru i oceanima, manje od 5 mm. Najčešće se navodi da u mora i oceane ulazi oko 8 milijuna tona plastike godišnje pri čemu nema podataka o tome koliko od te količine otpada na mikroplastiku. Ona se nakuplja u moru gdje njihova mala veličina olakšava morskim bićima da ih unesu u svoje tijelo. Mikroplastika također može ući u hranidbeni lanac. Nedavnim istraživanjima pronađena je mikroplastika u zraku, vodi za piće i hrani, no s nepoznatim utjecajima na ljudsko zdravlje. Za sada pojam *mikroplastika* nije definiran konzistentno. Prema raspoloživim podacima u svijetu je 2019. proizvedeno 368 milijuna tona plastike i 13,8 milijuna tona kaučuka, osnovnog sastojka gumenih proizvoda.

Nužne definicije

Plastoze je zajedničko ime za sve bolesti koje se mogu pojaviti tijekom proizvodnje plastičnih materijala i proizvoda te tijekom njihove uporabe. Plastozi se definira i kao "bolest uzrokovanu štetnim fizičkim ili kemijskim utjecajima plastike i gume na žive organizme". Možda su i najpoznatiji primjeri plastoza povezani s proizvodnjom poli(vinil-klorida), popularnog PVC-a. To je bolest *Minamata*, koja je zabilježena u Japanu tijekom primjene starog postupka uz prisustvo žive. Druga bolest je rijetka vrsta raka, angiosarkom, od koje su oboljevali radnici koji su dulje vrijeme čistili autoklave u proizvodnji PVC-a. No to je sada već daleka prošlost (opširnije u ref.^{***}). Danas se PVC smatra *najzelenijim materijalom današnjice*.

U javnosti se žustro raspravlja o mogućim posljedicama cijepljenja raznim cjepivima protiv Covida 19. Te posljedice, bolesti, moguće je nazvati kovitozama. U posljednje vrijeme znatno se proširio prvi revolucionarni postupak praoblikovanja, davanja početnog oblika tvorevini, poslije 4,3 milijarde godina. To je popularno "3D printanje". Radi se o velikom broju različitih postupaka koji se nazivaju aditivna proizvodnja. Prirodni model star je 3,75 milijardi godina. Posljedice upotrebe nekih inačica tih postupaka s filamentom (vlaknom) od akriloniril/butadien/stirena, akronima ABS, prema rezultatima istraživanja Yong Qiana, dovode do umjerenog toksičnog okruženja. Stoga naziv aditoza (aditivna proizvodnja). Iz opširne analize pojma *mikroplastika* provedene u tekstu,^{**} koji je poslužio kao osnova za to izlaganje, može se zaključiti da ne postoji jedinstvena definicija mikroplastike. Zato se navodi samo jedna praktična. Veličina čestica mikroplastike je između 100 nm i 5 mm.

Slično je i s nanoplastikom. Prema reviziji Europske komisije 2011/696/EU, definicija nanomaterijala je: "Prirodni, slučajno

* Autor za dopisivanje: Profesor emeritus Igor Čatić
e-pošta: igor.catic@fsb.hr

** Prošireni sažetak teksta "Što je plastoza", <http://www.ipg-society.org/Novosti/Sto%20je%20plastoza.pdf>.

*** I. Čatić, Tehnika, zaštita okoliša i zdravlja, Graphis, Zagreb, 2008.



Slika 1 – Abrazijsko trošenje gumenih pneumatika (foto: H. Laurel)

nastao ili proizvedeni materijal koji sadrži čestice, u nevezanom stanju, kao agregat ili kao aglomerat. Pritom 50 % ili više čestica ima jednu vanjsku dimenziju ili više vanjskih dimenzija u rasponu veličina 1 – 100 nm". U REACH-u se nanomaterijali tretiraju kao i druge kemikalije, kao tvari, iako nema izričite referencije za nanomaterijale.

Pozornost privlače pojmovi primarna i sekundarna mikroplastika. Mikroplastika se pojavljuje u dva oblika, kao primarna i sekundarna. Primarna mikroplastika su čestice koje se ispuštaju izravno u okoliš, u tlo ili u vodu i čine oko 16 % ukupne mikroplastike. Mogu potjecati od: namjerno dodanih aditiva za gnojiva, sredstva za zaštitu bilja i deterdžente; mikrokuglica koje se upotrebljavaju u kozmetici; industrijskih abraziva koji se upotrebljavaju za pješarenje itd. Prema podacima Europske agencije za kemikalije i asocijacije "PlasticsEurope", namjerna proizvodnja tako definirane mikroplastike manja je od 0,1 % ukupne proizvodnje plastike.

Većina primarne mikroplastike koja se ispušta u okoliš u EU-u potječe od pranja tekstilnih proizvoda i trošenja gumenih pneumatika. Abrazijsko trošenje gumenih pneumatika (oko 500 tisuća tona godišnje) moglo bi se nazvati *kopnenim tragom* mikročestica (slika 1). Za razliku od čestica koje potječu od brodskih premaza namijenjenih zaštitu brodske trupa od njegova obraštanja (engl. *fouling*) i korozije. To bi bio *trag klizanja u vodi*, vrlo važan izvor stvaranja mikročestica (slika 2).



Slika 2 – Vodni trag – trošenja premaza uslijed obraštanja i korozije (Foto: Paul Brennan/Pixabay)



Slika 3 – Mikroplastika u moru i oceanima nastaje usitnjavanjem i vremenskim utjecajima većih plastičnih predmeta ili izravnim ispuštanjem u okoliš (foto: iStock/Tunatura)

Prema istraživanjima stručnjaka s njemačkog Sveučilišta Oldenburg, nameće se spoznaja da bi mikročestice nastale odvajanjem slojeva zaštitnih premaza protiv obraštanja i korozije brodskog trupa mogle biti najzastupljenije u morima. Ustanovljeno je da su polietilenske i polipropilenske mikročestice od ambalažne plastike zastupljenije u područjima blizu obale. Činile su samo trećinu sakupljenih čestica. Ostatak, posebno onih sakupljenih u otvorenom oceanu čine čestice od poli(vinil-klorida), akrilata i polikarbonata. Stvaranju mikročestica pridonose i boje za ceste (< 100 tisuća tona) te rasute granule tijekom proizvodnje plastike i plastičnih proizvoda itd.

Sekundarna mikroplastika čini 84 % ukupne mikroplastike i nastaje usitnjavanjem i vremenskim utjecajima većih plastičnih predmeta (npr. vrećica, platenki itd.), posebno u morskoj vodi.

Potrebno je više istraživanja kako bi se poboljšalo razumijevanje izvora i utjecaja mikroplastike, uključujući učinke na okoliš i zdravlje, te razvila inovativna rješenja za sprječavanje njezina širenja.

Opće i posebne vrste bolesti izazvane česticama

Najstarija je profesionalna bolest silikoza. Vrlo je poznata i bolest koju izazivaju mikroazbestna vlakna a, precizno, bolest je mikroazbestoza. Ovdje su od interesa samo bolesti povezane s veličinom čestica, tj. izazvane mikročesticama i nanočesticama, mikroplastoza i nanoplastoza.

Mikroplastoza je vrsta plastoze uzrokovana mikroplastikom, a nanoplastoza nanoplastikom.

Definicija *mikroplastoze* točno određuje sadržaj pojma plastoze uzrokovane česticama reda veličine mikrometra, što vrijedi i za pojam *nanoplastoza*.

Usporede li se nazivi azbestoza, nanooza i plastoza, dva su načinjena po istom kriteriju, a jedan po drugom. Azbestoza i plastoza prema podrijetlu tvari i materijala koji uzrokuju bolesti, a nanooza prema veličini čestica. To omogućuje definiranje dviju skupina utjecaja mikročestica na pojavu mikroplastoze.

Plastika je inertni materijal. Definicija mikroplastike nije jednostavna. No postoji širok raspon svojstava koja karakteriziraju mikroplastiku, poput veličine, oblika, kemijskog sastava, boja, hidrofobnosti itd., koja bi mogla naštetiti utjecajem čestica na stanice i tkiva.

Štetni učinci na sve organizme koji su izloženi mikroplastici mogu se podijeliti u dvije skupine: fizički i kemijski utjecaji. Fizički utjecaji se odnose na veličinu čestica, oblik i koncentraciju mikroplastike, a kemijski na opasne kemikalije (npr. ostatci monomera, dodatci polimerima) povezane s mikroplastikom.

Razmotrit će se samo fizički utjecaji. Primjerice, čestice nanoplastike i mikroplastike najčešće ulaze u ljudski sustav gutanjem kontaminiranih namirnica: hrane i pića. Očekuje se da ljudski sustav za izlučivanje treba ukloniti i do 90 % unesene mikroplastike i nanoplastike. Procjenjuje se da će se do 90 % unesene mikroplastike i nanoplastike izlučiti nakon konzumacije. Smatra se da bi se nanoplastika lakše unosila u stanice od mikroplastike. Rizike za okoliš i ljudsko zdravlje koje predstavlja mikroplastika teško je kvantificirati.

Potencijalni ekološki i zdravstveni rizici za humana bića uzrokovani mikroplastikom relativno su nova područja istraživanja i trenutno postoji velik stupanj nesigurnosti oko tog pitanja. Rizik je funkcija opasnosti i izloženosti (doza). Opasnosti koje plastika predstavlja u okolišu razlikuju se ovisno o veličini plastičnih čestica i veličini organizma. Ispuštanja mikroplastike u okoliš uglavnom se odvijaju na tri načina: (i) ispuštanjem u kanalizaciju, (ii) putem komunalnoga čvrstog otpada i (iii) izravnim oslobađanjem.

Ulazna točka mikroplastike u ljudska bića može biti: gutanje kontaminirane hrane (hranidbenim lancem), udisanje ili dodir s kožom.

Mjera u kojoj mikroplastika u pojedinim namirnicama šteti ljudskom zdravlju pitanje je rasprave. Uzimajući u obzir vrlo proširenu uporabu plastičnih materijala u svakodnevnom životu, mikroplastika iz hrane i pića vjerojatno predstavlja samo manji put izlaganja ljudskih bića česticama plastike i s njima povezanih kemikalija. To se rijetko naglašava i stvara iskrivljenu sliku o izloženosti ljudi plastici.

Procijenjena dnevna količina unijete mikroplastike hranom i pićem kod odrasle osobe je 2 µg (WHO). Kvantitativni podatci o izloženosti ljudi mikroplastici putem prehrane još nisu dostupni te još uvijek nema legislative o mikroplastici i nanoplastici u namirnicama. Na temelju dostupnih podataka, postoje velike praznine u znanju o unosu i sudbini plastičnih čestica mikrodimezija i nanodimezija kod ljudi i njihovu utjecaju na ljudsko zdravlje.



Slika 4 – Odbačeni ribolovni alat velik je onečišćivač mora i oceana plastikom (foto: OceanaEurope)

Prisutnost i učinci plastičnih ostataka sve se više istražuju. Većina istraživanja usredotočena je na mikroplastiku, ali malo izvješća sugerira mogu li se fragmenti plastike u rasponu veličina < 100 nm (nanoplastika) stvarati i u vodenom okolišu, a potom i u ljudima.

Općenito, nedostaju rezultati produbljenih istraživanja navedenih čestica na ljudsko zdravlje i okoliš. Stoga je agresivno nasrtnje ekologista, naglašavajući utjecaj plastičnih čestica na zdravlje humanih bića, neopravdano. Naime, za sada nema dovoljno dokaza o njihovu utjecaju na zdravlje ljudskih bića.