

Biološki monitoring zraka (Biomonitoring of Air Pollution)

Renata Peternel

Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba

Ključne riječi: kakvoća zraka, biomonitoring, bioindikatori, EuroBionet

Zrak čija je kakvoća takva da može narušiti zdravlje, kakvoću življenja i/ili utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša, smatra se onečišćenim. To se dešava kada se polutanti koji dopijevaju u zrak emisijom iz prirodnih izvora ili kao produkti ljudske djelatnosti (emisijom pri izgaranju goriva za pokretanje motornih vozila, fosilnih goriva kao što su ugljen i loživo ulje, iz velikih industrijskih postrojenja, toplana i spalionica) ne mogu dovoljno brzo iz zraka ukloniti ili razrijediti. Danas u svijetu postoje različite metode praćenja koncentracija polutanata u zraku i uglavnom se radi o instrumentalnim fizikalno-kemijskim mjerenjima. Kako bi se otišlo korak dalje u procjeni stanja zraka, u nekim zemljama EU počinje se uvoditi biološka metoda praćenja kakvoće zraka-biomonitoring. Kao metoda, biomonitoring se počeo primjenjivati prije više od 20 godina kada je dr. Jim Case pomoću lišajeva kvantificirao utjecaj SO₂ koji se oslobađao iz topionica i postrojenja za preradu prirodnog plina u zapadnoj Kanadi, no od tada metoda postaje nepravedno zanemarena (1).

Osnovni cilj biomonitoringa je da djeluje kao sustav ranog upozoravanja na moguće poremećaje, pružanjem različitih tipova informacija kao npr. o ozbiljnosti regionalnog zagađenja dok se problem još uvijek nalazi na blažoj razini. Klasične metode instrumentalnog praćenja kakvoće zraka pružaju informacije o koncentracijama onečišćivača u zraku, no podaci dobiveni biološkim monitoringom mogu pružiti široki spektar povratnih informacija o ukupnom ili kumulativnom utjecaju svih polutanata, poremećajima u okolišu uključujući i genotoksičnost na staničnoj razini kao i promjene u prirodnom sastavu populacija. Rezultati biomonitoringa se mogu koristiti za postavljanje standarda kakvoće zraka, ali i potvrdu da li je program monitoringa kakvoće zraka spriječio degradaciju okoliša.

Posljednje desetljeće postignuto je značajno poboljšanje kakvoće zraka u gradskim sredinama kao rezultat rigorozne zakonske regulative, uvođenjem „čišćih“ tehnologija i migracijom industrije u nenaseljena područja. Unatoč svim tim nastojanjima, zagađenje zraka i dalje ostaje istaknuti problem sa velikim postotkom zabrinutih građana u zemljama EU. Zbog toga direktive EU obavezuju svoje zemlje članice uspostavu nacionalnih mreža za monitoring kakvoće zraka. Iako još uvijek nije zakonski regulirano, sedam zemalja članica EU (Njemačka, Velika Britanija, Danska, Španjolska, Austrija, Italija i Francuska) uspostavile su i mrežu biomonitorinških postaja s ciljem poboljšavanja kakvoće klasičnih mjerenja. U tu svrhu je 1999. god. osnovan EuroBionet – „European Network for Assessment of Air Quality by the Use of Bioindicator Plants“ kojeg financijski podupire LIFE Environment Programme of the European Commission. Ciljevi EuroBionet-a su sljedeći: uvesti u praksu upotrebu biljaka bioindikatora na europskoj razini, standardizirati metodologiju sa svrhom bolje usporedivosti rezultata na međuregionalnom nivou i senzibilizirati mjerodavne institucije prema ovoj metodi kako bi se zakonski regulirala. EuroBionet-ova mreža postaja sastoji se od nacionalnih odnosno lokalnih biomonitorinških mreža, a svaka lokalna biomonitorinška mreža od osam do deset postaja koje su u pogonu najmanje tri godine. Postaje su smještene u urbanoj i sub-urbanoj zoni te u području neposredno uz prometnice sa velikom gustoćom prometa (referentne postaje su smještene uz prometnice sa malom gustoćom prometa).

Na temelju dosadašnjih spoznaja o prisutnosti i štetnosti određenih polutanata u zraku za potrebe biomonitoringa zraka upotrebljavaju se sljedeće biljne vrste (Tablica 1.)

Tablica 1. Biljne vrste bioindikatora i metode upotrebljene u EuroBionet-u
(preuzeto iz: EuroBionet Final Report: University of Hohenheim 2004)

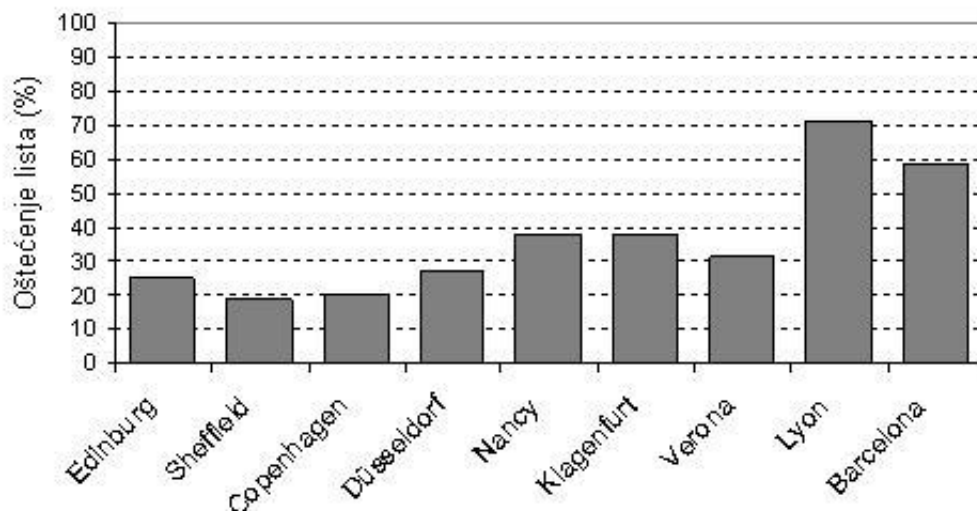
Biljna vrsta	Polutant	Učinak
Duhan (<i>Nicotiana tabacum</i> cv. Bel-W3)	ozon (fotooksidant)	vidljive ozljede listova
Topola (<i>Populus nigra</i> klon "Brandaris")	ozon (fotooksidant), teški metali i elementi u tragovima	vidljive ozljede listova, akumulacija
Puzavac (<i>Tradescantia</i> klon #4430)	mutageni spojevi	oštećenje kromosoma (mikronukleusi)
Ljulj (<i>Lolium multiflorum</i> "Lema")	sumpor i teški metali	akumulacija
Kupusnjače (<i>Brassica oleracea</i> "Hammer/Grüsa")	policiklički aromatski ugljikovodici	akumulacija

Biljne vrste su odabrane prema kriteriju osjetljivosti na različite koncentracije određenog polutanta, ali i prema vrsti odgovora pojedinog bioindikatora na utjecaje iz okoliša (senzitivni i akumulacijski indikatori) (2). Tako je primjerice kod duhana (*Nicotiana tabacum* var. Bel-W3) eksperimentalno dokazan vrlo jasan gradijent promjena na listovima ovisno o promjenama koncentracija ozona u zraku (senzitivni indikator) (Slika 1.).



Slika 1. Učinci ozona na listu duhana (*Nicotiana tabacum* var. Bel-W3)
 A-neoštećen list; B-umjereno oštećen list; C-jako oštećen list
 (preuzeto iz: EuroBionet Final Report: University of Hohenheim 2004)

Razine promjena na listovima u obliku žutih točkastih nekrotičkih promjena tkiva, rastu u smjeru sjever-jug što je povezano sa intenzitetom i trajanjem insolacije, budući da je stvaranje ozona (fotokemijska reakcija) vezano uz solarnu radijaciju. Zbog toga su koncentracije ozona manje u Velikoj Britaniji, Danskoj i na sjeveru Njemačke, pa su i promjene na listovima proporcionalno manje od promjena u primjerice južnoj Europi gdje dolazi do pojave ljetnog stvaranja ozona te i do velikih ozonskih oštećenja listova (Slika 2.) (3).



Slika 2. Ozonom inducirana oštećenja listova duhana sa monitorinških postaja u europskim gradovima (srednje godišnje vrijednosti za 2001. god.)
 (preuzeto iz: EuroBionet Final Report: University of Hohenheim 2004)

Kao primjer akumulacijskog bioindikatora u upotrebi su ljulj (fam. Poaceae-trave) i kupusnjače u kojima se pomoću metode atomske apsorpcije određuje sadržaj akumuliranog željeza, bakra, cinka, olova, kadmija,

kroma i cinka kao i elemenata u tragovima kao što su antimon, arsen i vanadij. Dobivene vrijednosti se statistički obrađuju u nekoliko stupnjeva. Prema metodi koju su razvili Erhardt i sur. (1996) velik broj niskih vrijednosti u uzorcima iz ispitivanog područja određene su kao referentne vrijednosti. Vrijednosti dobivene usrednjavanjem ovih referentnih vrijednosti predstavljaju pozadinske vrijednosti u ispitivanom području, a sve vrijednosti koje za 3 ili 6 standardnih devijacija premašuju srednje vrijednosti, predstavljaju zagađenje (4). Za dobivanje pozadinskih vrijednosti na razini Europe, ovakva evaluacija podataka se provodi za svaku gradsku biomonitorinšku mrežu i za svaki element. Na temelju ovakve složene obrade podataka izrađena je subklasifikacija zagađenja zraka metalima (Tablica 2.).

Tablica 2. Razredi zagađenja prema sadržaju metala akumuliranih u tkivu trave (*Lolium multiflorum* „Lema“) (preuzeto iz: EuroBionet Final Report: University of Hohenheim 2004)

Klasifikacija	Razina metala	Izmjerena vrijednost (x)
1	VRLO NISKA	$X \leq PV_{\text{europska}}$
2	NISKA	$PV_{\text{europska}} < X \leq PV_{\text{europska}} + 3sd$
3	POVIŠENA	$PV_{\text{europska}} + 3sd < X \leq PV_{\text{europska}} + 6sd$
4	IZRAZITO POVIŠENA	$PV_{\text{europska}} + 6sd < X$

Da bi se postigla maksimalna moguća točnost i komparabilnost rezultata kao i standardizacija bioindikacijskih postupaka te eliminacija metodoloških pogrešaka analize i evaluacije su se radile u jednom centru. Takvom striktnom harmonizacijom osigurala se kontrola kvalitete u svim aspektima postupka:

- Sav materijal potreban za kultivaciju i izlaganje na monitorinškim postajama kao što je sjeme, posuđe, supstrati, gnojiva i dr. proizvedeno je na jednom mjestu i zatim distribuirano po postajama.
- Svi postupci kultivacije biljaka detaljno su opisani u priručnicima
- Sve analize (kemijske i mikroskopske) rađene su u jednom specijaliziranom laboratoriju pod kontrolom koordinacijskog tima stručnjaka

Evaluacijom postupaka i rezultata EuroBionet projekt je dokazao da je upotrebljena metodologija vrlo pogodna kao pokazatelj učinaka zagađenja zraka na žive organizme, pojedinačnih polutanata ali i kompleksnih mješavina polutanata, vanjskih faktora stresa te pojavi akutnih i kroničnih efekata. Upotrebom izabranih bioindikatora može se verifikirati pojava povišenja koncentracija polutanata u zraku, odrediti prostorna i vremenska distribucija polutanata, pratiti lokalne, regionalne i supraregionalne stupnjeve zagađenja, detektirati „hot spots“ zagađenja, pratiti dugotrajne učinke zagađenja zraka na okoliš, kontrolirati pojedinačne izvore emisije polutanata, te pružati podatke za određivanje graničnih i ciljanih vrijednosti koncentracija polutanata u zraku.

Zbog svih ovih prednosti za očekivati je da će u skoroj budućnosti ova biološka metoda postati obavezna kao nadopuna klasičnom monitoringu kakvoće zraka kakav se danas provodi svugdje u svijetu.

Literatura:

1. Case, J.W. Biomonitoring: lichen network. In: Dabbs, Don L. (ed.). Atmospheric Emissions Monitoring and Vegetation Effects in Athabasca Oil Sands Region. Environmental Research Monograph 1985-5. A Public Service of Syncrude Canada Ltd. 1985; 1-127.
2. VDI Verein Deutscher Ingenieure. Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Grundlagen und Zielsetzung. 1999; Teil 1.
3. VDI Verein Deutscher Ingenieure. Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation). Ermittlung und Beurteilung der phytotoxischen Wirkung von Ozon und anderen Photooxidantien. Verfahren der standardisierten Tabak-Exposition. 2000; Teil 6.
4. Erhardt, W, Höpker, KA, Fischer, I. Verfahren zur Bewertung von immissionsbedingten Stoffanreicherungen in standardisierten Graskulturen. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 1996; 8: 237-240.

Kontakt adresa:

Renata Peternel
renata.peternel@publichealth-zagreb.hr