

BIOINDIKACIJA ONESNAŽENOSTI OZRAČJA V SLOVENIJI

Franc Batič*

UDK 614.71 (497.12)

Posledica človekove dejavnosti je vedno večje onesnaževanje okolja. Industrija, promet, kmetijstvo, pridobivanje energije, itd. imajo kot stranski produkt vedno nekaj snovi, ki so okolju tuje in škodljive. Škodujejo zdravju ljudi in živali, slabšajo uspevanje rastlin in uničujejo materiale. Spekter teh snovi je danes izredno obsežen. Obsega snovi, ki se sproščajo v ozračje, vode in tla in spreminjajo naravne danosti teh elementov. Register teh snovi, pogosto jih imenujemo polutanti, obsega snovi različne kemijske narave v različnih koncentracijah, od česar so odvisni tudi načini, mesto in jakost njihovega delovanja. Med te snovi sodijo že dolgo časa poznani »klasični« onesnaževalci zraka kot so dim, žveplov dioksid, dušikovi oksidi in fluoridi. V novejšem času so se jim pridružile težke kovine, fotooksidanti, radionuklidi in številne druge snovi različne kemijske sestave, ki se sproščajo v ozračje ob različnih dejavnostih človeka. Med onesnaževalce lahko sodijo tudi zaščitna sredstva v kmetijstvu in mineralna gnojila, še posebej, če jih uporabljamo nestrokovno.

Kopičenje teh snovi v naravnih in od človeka vzdrževanih (polja, travniki, itd.) ekosistemih se je moralo prej ali slej pokazati kot motnja v njihovem delovanju. Pojavile so se poškodbe na posameznih organizmih, motnje v njihovi rasti in razmnoževanju, kar je povzročilo spremembe v sestavi populacij in njihovi dinamiki in končno spremembe obstoječih ekosistemov. Proces onesnaževanja okolja je po mnenju številnih raziskovalcev povzročil novodobno propadanje gozdov, ko so v naravnih ali v gojenih gozdovih začele hirati in propadati številne drevesne vrste, najprej v Evropi, kasneje tudi v Severni Ameriki in ostalih kontinentih.

Onesnaževanje ozračja je še vedno velik problem Slovenije. Prav po emisiji žveplovih spojin sodimo v sam evropski vrh (1) in prav tovrstno, danes že klasično onesnaževanje ozračja je v Sloveniji na več mestih popolnoma uničilo gozdno vegetacijo (okolica Žerjava, Trbovelj in Celja). Danes so zaradi onesnaženega zraka poškodovani gozdovi po vsej Sloveniji (2) in v veliki meri je onesnaženost domačega izvora. Poškodbe zaradi onesnaženega zraka se nedvomno pojavljajo tudi na kmetijskih rastlinah. Osveščenost prebivalstva je v tem primeru manjša, zato je to tudi manj odmevno. Po drugi strani pa je na srečo večina kmetijskih rastlin dosti bolj odpornih na onesnaženje, kar je povezano z njihovo genetsko zasnovo in naravo kmetijske proizvodnje. Onesnažen zrak postaja v Sloveniji vse večji problem za zdravje ljudi, kar ugotavljajo zdravniki v najbolj ogroženih območjih.

Namen tega prispevka je predstaviti pomen bioindikacije in njeno mesto v integralnem monitoringu onesnaženosti okolja.

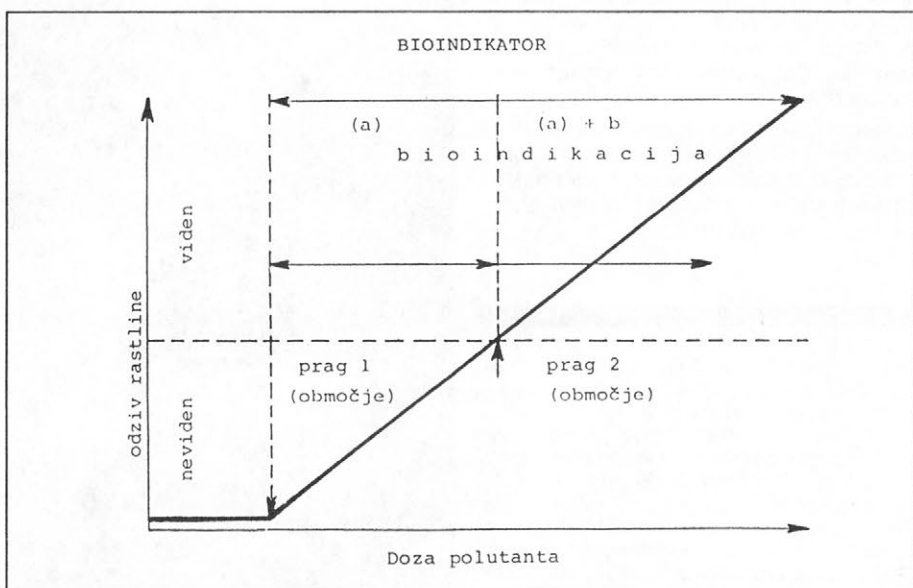
Kemijske meritve onesnaževalcev v zraku so bile eden od prvih ukrepov v boju za čistejši zrak. Tudi v Sloveniji stalna služba Hidrometeorološkega zavoda iz Ljubljane že dalj časa meri na preko 40 mestih koncentracijo žveplovega dioksida in dima v zraku. Poleg teh dveh za Slovenijo še vedno značilnih »klasičnih« polutantov merijo na nekaj izbranih mestih občasno še ozon in dušikove okside. Meritve drugih polutantov so bolj izjemna kot pravilo, razen radioaktivnih snovi, katerih zasledovanje v okolju je najbolj po-

polno vse od začetka aktivnosti, ki te snovi sproščajo v okolje.

Stalne meritve žveplovega dioksida in dima potekajo v glavnem v gosteje naseljenih in večkrat tudi močnejše onesnaženih območjih. V primerih izredno visokih koncentracij teh snovi v zraku je mogoče ukrepati in tako preprečiti nevarnost za zdravje ljudi. V zadnjih letih se ukrepa tudi, ko bi koncentracija polutantov v zraku lahko poškodovala gozdove (primer je termoelektrarna Šoštanj).

Meritve polutantov v zraku so torej potrebne, niso pa zadostne. Potrebno bi bilo, da bi za vse onesnaževalce zraka vedeli, v katerih koncentracijah in v kakšnih dozah so škodljivi. Ker sorazmerno drage kemijske meritve vseh onesnaževalcev v zraku niso izvedljive, predvsem pa ne na zadostnem številu mest in ne v zadosti ponovitvah, so povsod v razvitem svetu začeli iskati ali gojiti organizme, ki s svojim izgledom, uspevanjem, obrodom ali rastjo odražajo delovanje posameznega onesnaževalca zraka, tal ali vode. Takšne organizme imenujemo bioindikatorje, to je žive kazalce določenih škodljivih snovi v okolju. Shemo dogajanja pri vstopu polutanta v rastlino (organizem) ponazarja slika 1.

Strupena snov (polutant) lahko prodre v rastlinski organizem direktno iz zraka, ali pa pride vanj posredno iz tal. Iz zraka pride v rastlinske organe najlažje skozi listne reže, v določeni meri pa tudi skozi kutikulo vseh celic povrhnjice listov, stebel, cvetov in plodov. Poškodbo lahko povzroči strupena snov sama, ali pa spojine, ki iz nje nastanejo, oziroma tiste, ki se ob poškodbah tvorijo in sproščajo iz celičnih kompartmentov. Ko je polutant (n. p. SO_2 , NO_x ali O_3 , itd.) v rastlini, ga le-ta poskuša asimilirati, kar se do določene koncentracije tudi zgodi. Vključijo se encimski sistemi, ki polutant razgradijo, ali pa tvorijo snovi, v katere vgrajujejo strupeno snov. Če se količina polutanta še povečuje, ali pa koncentracije trajajo dalj časa, ti sistemi odpovedo in pride do



Slika 1. Shematični prikaz razmerja med bioindikacijo in bioindikatorji; odziv rastline na dozo polutanta (praga 1 in 2 sta bolj območji kot pa čisto določeni vrednosti) (Keller, 1982; v: Steubing & Jäger 1982).

* Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri BF, Večna pot 2, 61001 Ljubljana.

poškodb. Te so sprva na biokemijskem in fiziološkem nivoju in so nevidne, lahko pa jih ugotovimo s kemijsko analizo rastlinskih organov in tkiv (n. p. analiza vsebnosti fotosintetskih pigmentov, tiolov, posameznih encimov) in meritvijo posameznih procesov (fotosinteze, transpiracije, dihanja, itd.). V naslednji fazi pride do propadanja tkiv, kar se odraža navzven kot kloroza in nekroza na listih, stebel, cvetovih, plodovih in koreninah. Očitno se izpremeni izgled rastline, motena sta rast in tvorba plodov. V primeru, da se onesnaževanje še nadaljuje ali celo stopnjuje organizem propade. Najprej propadejo občutljivejši osebki, nato odpornejši, tako v okviru iste populacije kot v okviru ekosistema. Tako kot je delovanje posameznih polutantov do neke mere specifično, tako je odziv rastlin različen. Razlike so v okviru iste vrste (različni ekotipi, sorte, provenience) še večje pa so med različnimi vrstami. Poleg od vrste polutantov je odziv rastline odvisen še od doze, ki jo prejme, njenega fiziološkega stanja (starosti, prehranjenosti) in od dejavnikov neživega okolja (temperatura, svetloba, vlažnost itd.). Doza je v veliki meri pogojena s koncentracijo in dolžino delovanja polutanta, vendar je odvisna tudi od vseh prej omenjenih parametrov. Glede na vse to poznamo rastline, ki so bioindikatorji na različnih nivojih, t. j. na nivoju organizma (biokemijski, fiziološki, morfološko-anatomski, produkcijski), na nivoju populacije in na nivoju ekosistema. Jasno je, da so spremembe in s tem odzivi najprej na nivoju organizmov in da to vrsto bioindikacije najpogosteje uporabljamo. Poleg bioindikacije na osnovi odziva, ali aktivne bioindikacije poznamo še bioindikacijo na osnovi akumulacije. Nekatere rastline lahko kopičijo v sebi snovi ne da bi pri tem utrpeli poškodbe, oziroma poškodb ni pri sorazmerno visoki vsebnosti polutantov. Takšne rastline imenujemo akumulatorji. Poznamo akumulatorje žveplovih spojin (razene križnice, metuljnice, posebni kultivarji ljulke), težkih kovin (lišaji, mahovi, križnice, nekateri iglavci), nitratov (špinača, ščavje) raznih pesticidov, itd.

Bioindikatorji so torej organizmi ali življenjske združbe (biocenozе), ki na delovanje škodljivih snovi (onesnaževalcev zraka, tal, vode) reagirajo s spremembo življenjskih funkcij ali pa škodljivo snov le akumulirajo (3, 4).

Nivoji bioindikacije in s tem tudi vrste bioindikatorjev so zelo različni.

Človek je bioindikacijsko sposobnost rastlin izkoriščal že od nekdaj. Prvi načini uporabe bioindikacije je uporaba posameznih rastlin za določitev kvalitete rastišč, kar je še posebej izrabila fitocenologija. Tudi v kmetijstvu nam posamezne rastline kažejo preveč ali premalo določene snovi v zemlji ali pa določene fizikalne lastnosti zemljišča. Prva raba rastlin kot kazalcev (= indikatorjev) čistega, oziroma onesnaženega okolja je tudi že stara. Že pred več kot sto leti je Nylander opazil, da je vzrok za propadanje lišajev v okolici večjih mest onesnažen zrak in epifitski lišaji se še danes uporabljajo kot

indikatorji kvalitete zraka (5). Še posebej so občutljivi na žveplov dioksid in fluorovodik, ponavadi pa odražajo dolgotrajno onesnaževanje. Z naraščanjem onesnaženja in z večanjem števila onesnaževalcev so sprva na osnovi opazovanja okrog emisijskih centrov, kasneje pa na osnovi poskusov določili številne indikatorje za posamezne polutante med kmetijskimi in okrasnimi rastlinami ter v naravni vegetaciji. V kmetijstvu so najprej spoznali vrednost in pomen bioindikatorjev v Združenih državah Amerike (6). Na osnovi njihovega odziva so zabeležili prisotnost posameznih polutantov. Lise na listih tobaka in soje so se izkazale kot dober indikator za ozon, značilne kloroze — nekroze na listih vinske trte, nekaterih sort fižola in krompirja pa so indicirale prisotnost SO_2 . V Evropi so bila tovrstna prizadevanja počasnejša. V zadnjem času je zaradi vse večjega propadanja gozdov povečana raba vseh vrst bioindikacije pri inventuri stanja in odkrivanju vzrokov. Drevesne vrste se uporabljajo kot bioindikatorji na več nivojih (simptomatika propadanja, analiza vsebnosti žvepla, druge bioindikacijske in fiziološke analize ter meritve).

Danes pod pojmom bioindikacija razumemo meritve sprememb v organizmih (populacijah, ekosistemih), ki so nastale zaradi antropogenih vplivov v okolju (onesnaženja in njegovih posledic) (4). Glede na to definicijo ločimo dva že omenjena osnovna tipa bioindikatorjev — to je reakcijske in akumulacijske bioindikatorje.

Prvi indicirajo vpliv onesnaženja s spremembo življenjskih funkcij in z njimi povezanih struktur, drugi škodljivo snov le kopičijo. Oba tipa bioindikatorjev najdemo med vsemi tremi možnimi skupinami bioindikatorskih organizmov — to je med »pokazatelji«, »testerji« in »monitorji«.

»Pokazatelji« (Zeigerorganismen) so tisti bioindikatorji ali indikatorske združbe, ki dajejo podatke o stanju v ekosistemu. Primer takšne bioindikacije je prikazan na sliki 2, kjer stanje epifitske lišajske vegetacije indicira kvaliteto zraka. Določene rastlinske in živalske vrste reagirajo na pojav škodljive snovi tako, da izginejo, druge tako da se razmnožijo. S tem se spreminja vrstni in količinski sestav. Poudariti je treba, da rastline zaradi pritrdjenosti ponavadi boljše odražajo tovrstne spremembe. V splošnem je kvantifikacija izraznosti (povednosti) bioindikatorjev — pokazateljev težavna, sklepanje na dozo (koncentracijo in trajanje) polutanta pa pogosto neizvedljivo. Če hočemo opazovati in ovrednotiti takšne spremembe v ekosistemih moramo opravljati večkratne kontrole (popise) stanja bioindikatorjev, iz katerih lahko izdelamo ekološke katasre obremenjenosti okolja zaradi antropogenega onesnaženja.

»Testerji« so organizmi, ki so bili preiskušeni v laboratorijih. Njihov odziv na dozo posameznega polutanta je znan, tudi relacija glede na nevarnost za zdravje človeka je ponavadi ugotovljena. So specifični za posamezne polutante. Med te sodijo tako rastlinski kot živalski organizmi. Kvantifikacija odziva je znana, žal pa po-

navadi velja le za laboratorijske pogoje in direktni prenos v ekosistem (interpretacija!) ni vedno mogoč.

»Monitorji« so živa bitja, ki kvalitativno in kvantitativno odražajo škodljive snovi v okolju, kar omogoča sklepanje na imisijsko. Jasneje kot pri »pokazateljih« in »testerjih« se v tej skupini ločijo reakcijski in akumulacijski monitorji in s tem aktivna in pasivna oblika bioindikacije.

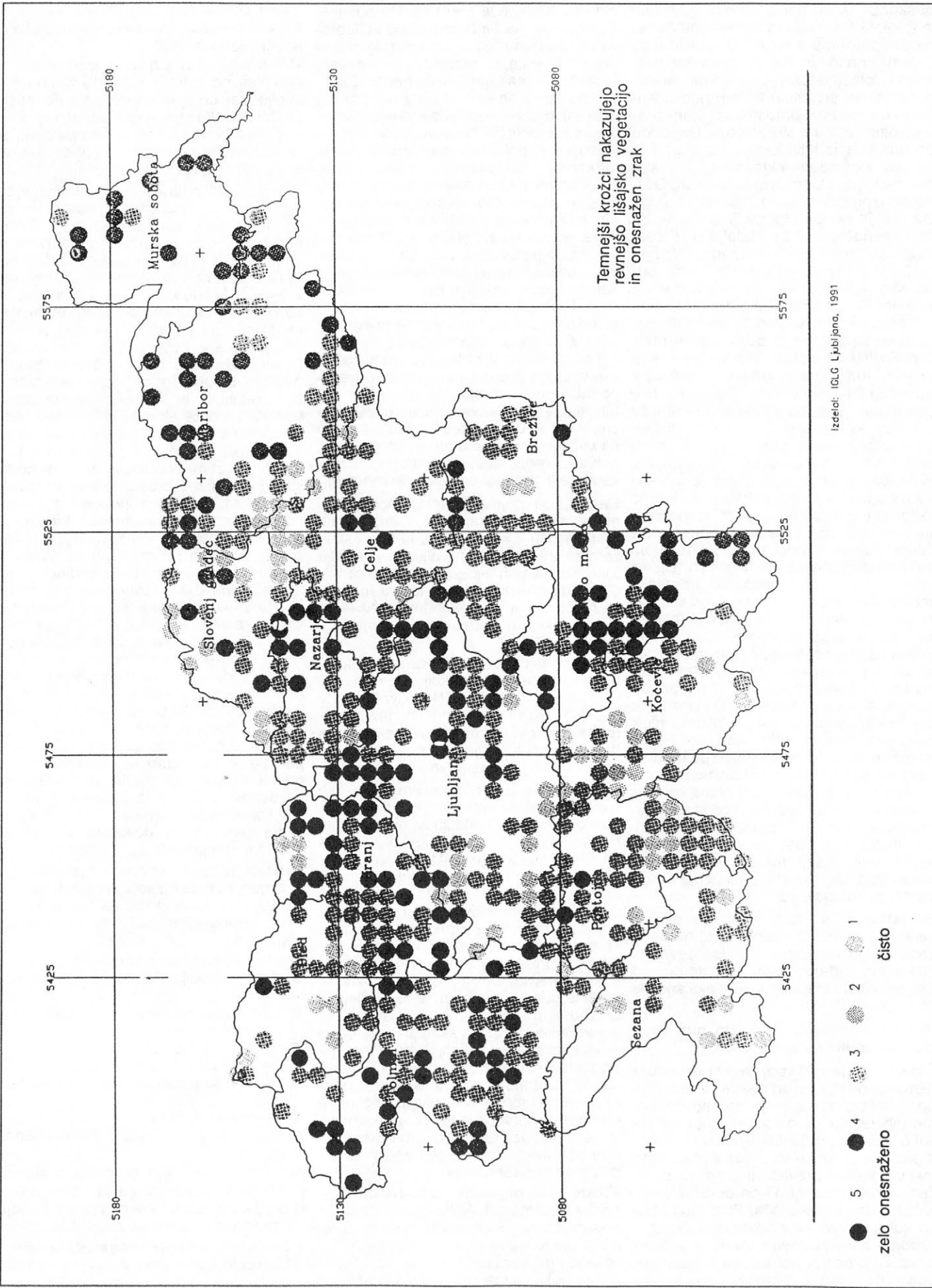
Jasno je, da je ta delitev bioindikatorjev zgolj plod sistematičnega pristopa in da so meje med tipi bioindikatorjev često nejasne. V čem je torej osnovni pomen bioindikacije in bioindikatorjev? Edino na ta način dobimo ovrednoten vpliv najrazličnejših škodljivih snovi na živa bitja in se vsaj do neke mere približamo praksi v medicini, kjer je vsaj v principu za vsa zdravila in vse posege poznan in ovrednoten odziv (tkiva, organi človeka). Bioindikatorji s tem dopolnjujejo meteorološke, kemijske in fizikalne meritve polutantov, oziroma stresov, ki jih le-ti povzročajo na organizmih. Šele njihov odziv nam pove, kaj polucija pomeni za določen organizem, populacijo in ekosistem, kakšna je njena prostorska in časovna razsežnost. Bioindikacija torej v nobenem primeru ne nadomešča kemijskih meritev polutantov, ampak jih dopolnjuje. Žal so razmere pri nas takšne, da vseh polutantov niti ne merimo, bioindikacija kot sestavni del celovitega monitoringa kvalitete okolja pa si le počasi utira pot v zakonske akte. Že dalj časa se uporablja pri spremljanju kvalitete voda, kjer se poleg fizikalno-kemijskih meritev (temperatura, pH, kisik, itd.) upošteva favna in flora vodotoka za uvrstitev vode v določen kakovostni razred (sistem po Liebmanu, Sladečku itd.). Spremljanja kvalitete zraka bioindikacije zaenkrat ne vsebujejo, pač pa je posredno ta uporabljena pri popisu propadanja gozdov (bioindikacija na osnovi poškodb asimilacijskih organov najvažnejših drevesnih vrst — še posebej iglavcev; bioindikacija na osnovi ocenitve stanja epifitskih lišajev).

Osnovni problem uporabe bioindikacije je v njeni standardizaciji. Ne glede na vrsto bioindikatorja in načina bioindikacije mora bioindikator zadostiti naslednjim pogojem:

- lahka nega in upravljanje
- standardizacija (starost, pogoji gojenja itd.)
- poznavanje odzivov na delovanje polutantov
- dostopna cena
- možnost izrednotenja odziva
- očitnost in možnost kvantifikacije odziva
- genetska enotnost
- možnost statističnega izrednotenja odziva

Za rutinsko uporabo bioindikatorjev pri praktičnem ovrednotenju kvalitete zraka in okolja na sploh veljajo zanj isti pogoji kot za fizikalno-kemijske meritve in sicer:

1. Pravilnost kvantitativnega ugotavljanja bistvenih sprememb. Znana morajo biti odstopanja med ugotovljeno in pravo vrednostjo kot tudi sistemska napaka meritve ali opazovanja.



Slika 2. Propadanje gozdov v Sloveniji l. 1991. Prikaz stanja kvalitete zraka na osnovi kartiranja epifitske lišajske vegetacije.

2. Natančnost merilnega (opazovalnega) postopka mora biti znana (razpon, napaka meritve, odstopanja in ponavljivost).
3. Specifičnost odziva indikatorja na določen polutant mora biti zagotovljena (le reakcija na specifični polutant, ki se razlikuje od reakcij na druge stresne).
4. Občutljivost indikatorja mora ustrezati predpisanim normam (različna jakost odziva pri različno močnem onesnaženju).
5. Veljavnost oziroma območje veljavnosti mora biti prostorsko in časovno določeno (n. p. le v vegetacijski periodi ali naravnem ekosistemu, itd.).
6. Reprezentativnost, to je prenesljivost odziva enega bioindikatorja na druga živa bitja. (Ta zahteva je le v majhnem številu primerov izpolnjena).
7. Pomembnost bioindikatorja, s čimer je mišljena pomembnost z različnih zornih kotov (glede na koristi človeka, pomen vrste v ekosistemi, hitrost odkrivanja sprememb itd.).

Iz vsega naštetega je razvidno, da nas še čaka pri uvajanju bioindikatorjev za potrebe nadzora kvalitete okolja še veliko truda, vendar je skrajni čas, da se tega lotimo, da ne bo za bioindikacijo v celoti že prepozno.

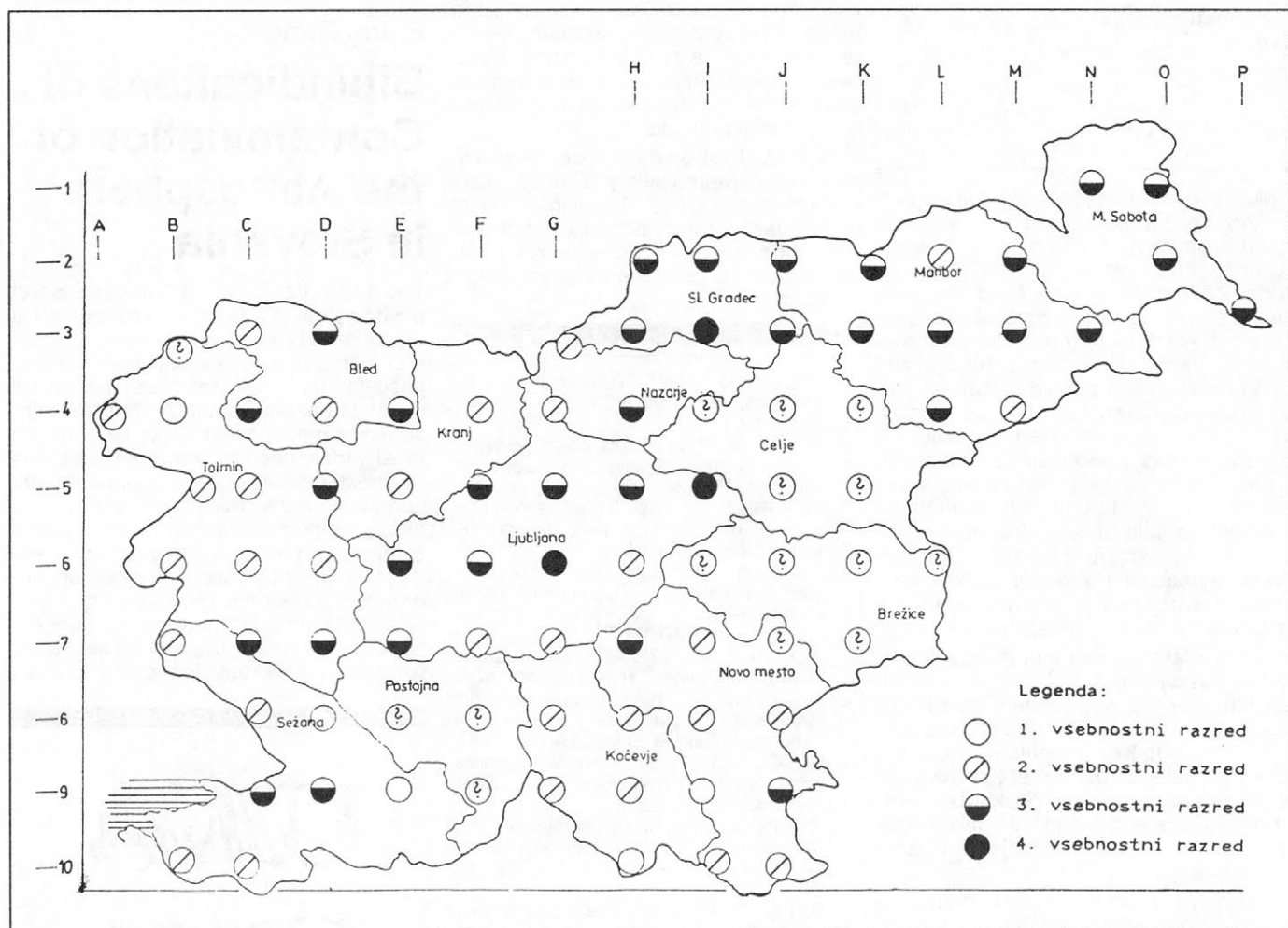
Raba bioindikatorjev v Sloveniji

V Sloveniji uporabljamo bioindikacijo onesnaženosti okolja pri sledenju in preučevanju pojava propadanja gozdov. Že sama metoda ugotavljanja poškodovanosti drevesnih vrst je bioindikacijska metoda, kjer na osnovi značilnih znakov poškodovanosti (izguba iglic/listov, klorotičnost, sušenje vej, nepravilna razrast, itd.) ugotovimo zdravstveno stanje in določimo obseg poškodovanosti gozda. Glede na to, da je proces propadanja gozdov izredno kompleksen pojav in da je delež, ki ga ima pri tem onesnažen zrak pogosto težko določiti, uporabljamo še diferencialne bioindikacijske metode, s katerimi skušamo dokazati določen polutant, ali pa način in mesto delovanja polutantov. Onesnaženost ali čistočo zraka v gozdu določamo s popisom stanja epifitskih lišajev (7).

Epifitski lišaji so simbiotske rastline, sestavljene iz alg in gliv, ki so zaradi zgradbe svojega telesa in načina aktivnosti (rasti, razmnoževanja, itd.) izredno občutli-

ve na onesnažen zrak. Iz zraka dobijo 109 večji del potrebne vode in hranilnih snovi. V onesnaženem ozračju propadejo mnogo prej kot višje rastline in s tem jasno indicirajo kvaliteto zraka. S popisom različnih tipov lišajev ali s popisom vrst, njihove številčnosti in pokrovnosti na debelih določimo za opazovana mesta indeks zračne čistoče (index of atmospheric purity) kar uporabimo pri interpretaciji vzrokov propadanja drevja na določenem območju. Na sliki 2 je prikazana lišajska karta Slovenije, ki je bila narejena na osnovi popisa stanja lišajev ob popisu propadanja gozdov I. 1991. Stanje lišajev je opredeljeno z indeksom atmosferske čistoče, katerega vrednosti so razdeljene na pet razredov (razred 1 — svetli krogi, čist zrak, bujna lišajska vegetacija, razred 5 — izpolnjeni črni krogi, zelo močno onesnažen zrak, ni lišajev). Na karti jasno izstopajo vsa emisijska območja. Ugotovljena kvaliteta zraka se dobro ujema s kemijskimi meritvami polutantov, s tem, da imamo lišajske podatke tudi za oddaljena mesta, kjer meritev ni in jih tudi v bodoče ne bomo mogli izvajati.

Drugi primer uporabe bioindikacijske metode za sledenje onesnaženosti ozračja s pomočjo rastlin je analiza vsebnosti celokupnega žvepla v iglicah smreke, ki jo pri sledenju zdravstvenega



Slika 3. Skupni razredi vsebnosti žvepla enoletnih in dvoletnih iglic Stanje I. 1990 (Kalan 1991)
Točke bioindikacijske mreže (16x6 km) na območju Slovenije.

110 stanja gozdov v Sloveniji uporabljamo stalno že od leta 1985 (8). Uporabljamo jo za ugotavljanje onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom. Smreko uporabljamo v tem primeru kot bioindikator-akumulator. Na sliki 3 je prikazano stanje obremenjenosti smreke z žveplovim dioksidom v l. 1990. Vsebnost žvepla v eno- in dvoletnih iglicah smreke je prikazana v obliki skupnih vsebnostnih razredov na preglednici 1. Razred 1 in 2 pomenita normalno vsebnost in rahlo povečano vsebnost žvepla v iglicah, izmerjeno kot odstotek suhe teže. V teh primerih do poškodovanosti drevja samo zaradi onesnaženja z žveplovimi spojinami naj ne bi prišlo. Razreda 3 in 4 pomenita povečano in močno povečano vsebnost žvepla v iglicah. Na teh območjih lahko že zaradi onesnaženja z žveplovimi spojinami pričakujemo poškodovanost smreke.

Preglednica 1: Modificirane mejne vrednosti za klasifikacijo vsebnosti žvepla v enoletnih in dvoletnih smrekovih iglicah, določenih z aparaturom SULMHOMAT 12-ADG.

Razred vsebnosti žvepla	Vsebnost žvepla (S) v %	
	enoletne iglice	dvoletne iglice
1	do 0,098	do 0,115
2	0,098—0,123	0,115—0,149
3	0,124—0,158	0,150—0,192
4	nad 0,158	nad 0,192

Poleg zgoraj omenjenih bioindikacijskih metod se pri preučevanju propadanja gozdov uporabljajo še nekatere druge, tu tujini že preiskušene bioindikacijske metode. Na izbranih, največkrat močnejše onesnaženih območjih potekajo raziskave na biokemičnem, fiziološkem in anatomsko morfološkem nivoju bioindikacije. Večina raziskav poteka na smreki, kjer se poskuša ugotoviti in dokazati škodljivi vpliv delovanja onesnaženega zraka na osnovi analize vsebnosti fotosintetskih barvil, tiolov, zaščitnih encimskih sistemov in hranil v iglicah (9, 10), na motnjah v mitotičnih delitvah koreninskih vršičkov (11), v spremenjeni mikorizaciji korenin (12) in v zmanjšani tvorbi lesa (13). Zaradi večje intenzivnosti je tovrstne raziskave mogoče izvajati le v omejenem obsegu. V zadnjih letih poteka tudi pri nas (Ljubljana, Zasavje, Šaleška dolina) poskus sledenja ozona s posebno občutljivim kultivarjem tobaka (*Nicotiana tabacum* L. cv. Bel W3). Ko koncentracija ozona v zraku preseže določen prag, se na listih tobaka pojavijo značilne poškodbe, katerih intenziteta je odvisna od koncentracije ozona in dolžine trajanja povišanih koncentracij (14). Za sledenje težkih kovin in radionuklidov v okolju so pravtako že v teku raziskave, v katerih uporabljajo različne rastline (gobe, epifitske lišaje, trpotec, itd.) kot akumulatorje teh polutantov (15).

Zaključki

Iz naštetega je razvidno, da je uporaba bioindikatorjev za spremljanje kvalitete okolja v Sloveniji še v povojih. Na nivoju raziskav se bioindikatorji uporabljajo vse bolj pogosto. Vsem postaja jasno, da brez poznavanja odziva organizmov ne moremo rešiti ekoloških problemov, ki se kopičijo in da še tako natančne meritve same zase ne povedo zadosti. Izkušnje z rabo bioindikatorjev pri preučevanju vzrokov in posledic propadanja gozdov so pokazale nujnost takšnega pristopa. Popis poškodovanosti gozdnega drevja, popis stanja epifitskih lišajev in analiza vsebnosti žvepla in hranil v rastlinskih tkivih nam že omogočajo dokaj objektivno analizo stanja in trend procesa propadanja, njegove vzroke in mehanizme. Uporaba bioindikatorjev nikakor ne more in ne sme nadomestiti meritev vnosa polutantov v ekosisteme, pač pa jih kvalitativno dopolnjuje. Fizično-kemijske meritve polutantov so nujne za ovrednotenje odziva bioindikatorjev. Iz področja raziskav bi metode bioindikacije sledenja polutantov v okolju morali čimprej prenesti tudi v upravne in inšpekcijske službe. To je do določene mere že doseženo pri spremljanju kvalitete voda, ne pa še pri spremljanju kvalitete zraka in tal. V te namene bi bilo potrebno izbrati relevantne, že preiskušene bioindikatorje in uvesti tako imenovani integralni monitoring kvalitete okolja. Glede na dejstvo, da je onesnaževanje okolja v največji meri posledica nepriemernih tehnologij je skrajni čas, da se razčisti javno kaj je ekologija, predvsem tehnologom in politikom in da se vsi skupaj odgovorimo pretiranemu antropo-ego-centrizmu.

1. HRČEK, D., 1991. Pojavljanje kritične onesnaženosti zraka v Sloveniji. UJMA 5, 190—194.

2. ŠOLAR, M., 1991. Popis poškodovanosti gozdov v Sloveniji leta 1990. Gozdarski vestnik 49 (5), 234—239.

3. SCHUBERT, R., 1985. Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen, Gustav Fischer Verlag, Jena, DDR.

4. ARNDT, V.; NOBEL, W.; SCHWEIZER, B., 1987. Bioindikatoren, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, FRG.

5. FERRY, W., BADDELEY, M. S., HAWS WORTH, D. L., 1973. Air Pollution and lichens. The Athlone Press, London, UK.

6. TRESHOW, M., 1980. Environment and Plant Response. Mc Graw Hill Book Company, New York, St. Luis, USA.

7. BATIČ, F., 1991. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji. Gozd. vestn. 49 (5), 248—254.

8. KALAN, J., 1991. Imisija žvepla leta 1990 na točkah 16 x 16 km bioindikacijske mreže Slovenije. Gozd. vestn. 49 (5), 240—247.

9. BATIČ, F., KRALJ, T., 1990. Bioindikacija onesnaženosti zraka na osnovi analize fotosintetskih barvil v iglicah smreke *Picea abies* (L.) Karst. Zbornik gozdarstva in lesarstva 36, 79—106.

10. RIBARIČ-LASNIK, C., 1991. Ekofiziološke lastnosti smreke *Picea abies* (L.) Karst. na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj. Magistrsko delo, Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

11. DRUŠKOVIČ, B., 1991. Cytogenetische Bioindikation-Methoden und resultaten für Slowenien im Zeitabschnitt 1986—1990. Vorträge Kurzfassungen — Internationales Kolloquium : Bioindikation — Ein wirksames Instrument der Umweltkontrolle, Wien, Austria.

12. KRAIGHER, H., 1991. Mineralna prehrana mikoriznih smrek na Pohorju. Magistrsko delo. Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

13. FERLIN, F., 1990. Vpliv onesnaževanja ozračja na rastno obnašanje in rastno zmogljivost odraslih smrekovih sestojev. Magistrska naloga, VTOZD za gozdarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

14. BATIČ, F., JURČ, D., STERGAR, A., MACAROL, B., 1989. Propadanje gozdov na območju ljubljanskih občin. a) Bioindikacija onesnaženosti zraka. Zaključno poročilo o raziskovalnem delu, Inštitutu za gozdo in lesno gospodarstvo, Ljubljana.

15. JERAN, Z., BATIČ, F., BYRNE, T., BENEDIK, M., STEGNAR, P., 1990. Uranium levels in transplanted lichens around the uranium mine at Žirovski vrh. Low level radiation achievement, concerns and future aspects, 3rd Italian-Yugoslav symposium, 11.—13. 6., Plitvice, 169—163.

Franc Batič

Bioindications of Contamination of the Atmosphere in Slovenia

The article deals with the importance of bioindication methods in environmental research. A brief description of bioindication methods is given, and their significance for the chemical measurement of pollutants is discussed. A short description of experience in Slovenia with the most widely used bioindication methods in forest die-back studies is presented (forest die-back inventories, tree health status, epiphytic lichen assessment, total sulphur content of Norway Spruce needles). In closing, some conclusion are drawn to stress the importance of bioindication methods, and some suggestions are given to the authorities about what to do in this field in the near future.

