

Darko Radinja\*

## POKRAJINSKE RAZSEŽNOSTI IN ZNAČILNOSTI INDUSTRIALIZACIJSKE ONESNAŽENOSTI V SLOVENIJI

Mnenja o tem, kako onesnaženo je geografsko okolje v Sloveniji so v marsičem različna. Ene in iste podatke presojamo in vrednotimo zelo različno. Zato se poleg optimističnih glasov širijo tudi močno pesimistični. Očitno pri tem premalo upoštevamo pokrajinske razsežnosti teh pojavov. Najprej pa velja razlikovati absolutno in relativno onesnaženost. Poleg tega pa tudi onesnaženost posameznih pokrajinskih členov (zraka, vode, vegetacije itd.) in onesnaženost okolja kot celote, kajti tudi v tem pogledu so pomembne razlike.

Večkrat poudarjamo, da je naše okolje (= pokrajinsko okolje ali pokrajina) bolj onesnaženo kakor bi pričakovali glede na industrijsko, urbano in drugo razvojno stopnjo Slovenije. To naj bi veljalo zlasti za onesnaženost zraka. Značilna naj bi bila torej nesorazmerja med onesnaževanjem in onesnaženostjo okolja, med emisijo in imisijo. Skratka, onesnaževanje naj bi bilo v naših pokrajinskih razmerah precej učinkovito.

Trditve o veliki relativni onesnaženosti naših krajev in pokrajin temeljijo ponavadi na primerjavi z drugimi kraji Zahodne in Srednje Evrope, ki so bolj industrijski, a manj onesnaženi. Ta primerjava pa velja le za kraje v reliefno odprtih pokrajinah (ravninskih, nižinskih, obmorskih), npr. za Videm, Tržič, Trst, Zagreb, Varaždin oziroma Belgijo, Nizozemsko itd., ne pa tudi za kraje, ki leže, podobno kakor naši, v dnu kotlin in globokih dolin, npr. Celovec, Leoben, Sarajevo. Med onesnaženostjo enih in drugih krajev se nazorno kažejo razlike glede na gostoto prebivalstva, zazidave in deležem industrijskega prebivalstva oziroma industrije.

Primerjava družbenogeografskih potez in onesnaženosti okolja nam torej kaže, da enaki viri onesnaževanja ustvarjajo v različnih naravnih pokrajinskih osnovah različno degradacijo okolja. Torej le v primerjavi z odprtimi pokrajinami je onesnaženost naših industrijskih krajev, ki leže v zaprtih kotlinah in dolinah, večja, kakor bi pričakovali glede na stopnjo njihovega industrijskega in urbanega razvoja. Posledica pa ni nadpovprečna, temveč nesorazmerno močna onesnaženost, ki ne zajema le zračnih plasti, temveč posredno tudi druge pokrajinske člene, tako da lahko govorimo o nesorazmerno močni onesnaženosti samih pokrajin. Odločilna osnova za tako onesnaženost so predvsem goratost oziroma razčlenjenost reliefa v globoke, ozke doline in kotline in s tem povezane klimatske poteze.

\* Dr., Izr. univ. prof., PZE geografija, Filozofska fakulteta univerze v Ljubljani, 61000 Ljubljana, Aškerčeva 12, glej izvleček na koncu zbornika.

Za podkrepitev teh trditev naj navedem tale primer. Trboveljska TE, ki porabi letno manj kot 1 milijon ton premoga, znatno bolj onesnažuje okolje, kakor enako velike TE drugod po Evropi, če so v reliefno odprtih pokrajinah. Z njimi lahko primerjamo trboveljsko TE šele sedaj, ko ima izredno visok dimnik (360 m). Vse to je zaradi globoke in ozke Savske doline, v kateri TE tiči.

Relativna onesnaženost je različna tudi znotraj Slovenije. Primerjave med industrijskimi kraji kažejo, da je večja v notranji Sloveniji in manjša na bolj odprtem obrobju. Tako je v Ljubljani absolutna in relativna onesnaženost zraka večja kako v Mariboru, ki je sicer naše največje industrijsko središče.

Najbolj onesnažene so alpske in predalpske doline in kotline. Pa ne samo zato, ker so bolj industrializirane, saj je drugod onesnaženost tudi relativno in ne samo absolutno manjša. To sicer ne pomeni, da so naše doline in kotline — alpske in dinarske — ekološko manj stabilne in za onesnaževanje bolj občutljive, saj njihove absorpcijske in presnovne zmogljivosti očitno niso nič manjše od drugih naših pokrajin. Prej velja nasprotno. Pač pa enaki viri hitreje in močnejše onesnažijo dolinske in kotlinske pokrajine zato, ker so bolj zaprte in se zrak v njih počasneje obnavlja. To pa seveda neposredno in posredno stopnjuje degradacijo celotnega pokrajinskega okolja in v njem slabša življenjske razmere. Najbolj pereče razmere so torej tam, kjer je poleg absolutne velika tudi relativna onesnaženost. Zato ne gre zanemariti ne varstva okolja in ne regionalnega načrtovanja zlasti v tistih pokrajinah, ki imajo večje degradacijske koeficiente. Potrebno bi bilo zbrati podatke, da bi te koeficiente ugotovili za vsako pokrajino posebej.

To seveda ne pomeni, da je notranja, reliefno bolj zaprta Slovenija za onesnaževanje bolj občutljiva in za industrijski razvoj manj ustrežna in da bi morda kazalo industrijo postavljati na bolj odprto obrobje, npr. v subpanonski ali submediteranski del Slovenije, kjer se onesnaženi zrak razprši bolj na široko. Taka panonizacija ali litorizacija industrijskega razvoja ne bi bila nikakršna rešitev, ker bi s tem onesnaženost samo razširili. Perspektiva je edino v tem, da onesnaževanje odpravimo ne glede na to, kje se pojavlja, ne pa, da ga prestavljamo.

Stopnjo onesnaženosti večkrat ponazarjamo z razmerjem med populacijskim in industrijskim onesnaževanjem. Ta razmerja so za Slovenijo zelo značilna, predvsem zaradi njene goratosti in izrazite pokrajinske razčlenjenosti. Za onesnaženost naših tekočih voda velja, da je to razmerje 1 : 4, kar kaže na zelo visoko degradacijsko stopnjo. Še posebej, če pomislimo na stopnjo naše industrializacije in na veliko vodnatost Slovenije. Večkrat navajajo, da so naše reke tako onesnažene, kakor da bi živelo v Sloveniji 7 ali 8 milijonov ljudi, da je čistih le še nekaj odstotkov vodnih tokov in da bo čiste vode zmanjkalo prej kot v dveh desetletjih (4,11). Ob takih in podobnih podatkih so mnenja zelo različna, od optimističnih do najbolj pesimističnih. Res je absurdno, da nam čiste vode zmanjkuje kljub izredni namočenosti Slovenije in njenega alpskega sveta, ki je v Evropi daleč nadpovprečna, in kljub njeni veliki vodnatosti. Na drugi strani pa ne smemo prezreti velike odtočne amplitude naših rek, ki je v prvi vrsti posledica gorataga reliefa. Onesnaženost zahodnoevropskih rek je povečini sicer manjša zaradi enakomernejšega vodnega režima, a zato bolj stalna, medtem ko onesnaženost naših rek močno koleba, večinoma od zelo nizke stopnje spomladi in jeseni do zelo visoke pozimi in poleti. Gre torej za izrazito sezonsko in razmeroma kratkotrajno močno onesnaženost naših rek. Prezreti tudi ne smemo, da podatki o onesnaženosti naših tokov veljajo prej za skrajno kakor povprečno onesnaženost, povečini pa se nanaša na srednje nizke vode. Ta onesnaženost je celo večja, kakor navajajo, in prav gotovo presega populacijsko onesnaženost 10 milij. ljudi, če bi jo namreč dosledno merili tedaj, ko imajo reke dejansko najmanjši pretok. Zaradi

različnih režimov naših rek (pluvialni, pluvio-nivalni, nivo-pluvialni, omiljeni nivalni) pa odtočni minimi niso istočasni in s tem tudi ne maksimalna onesnaženost. Na drugi strani pa dobra tretjina onesnažene vode priteka od drugod (Drava, Mura) in ni posledica naše urbanizacije in industrializacije. Mura je med najbolj onesnaženimi rekami, čeprav je Slovensko Pomurje med najmanj urbaniziranimi in industrializiranimi slovenskimi pokrajinami. Če to upoštevamo, potem onesnaževanje naših rek ustreza kvečjemu 5 milij. ljudi in ne 8 ali 10 milijonom.

Podobno je z deležem onesnaženih rek, kjer lahko navedemo, da je onesnaženih 50 % ali 100 % naših voda, odvisno od tega, katere reke upoštevamo med najpomembnejšimi so onesnažene vse, med daljšimi od 20 km pa le polovica.

Ti primeri kažejo, da onesnaževanja ne smemo obravnavati samega za sebe, temveč v okviru pokrajinskih struktur in pokrajinskih celot. Zato je pomemben regionalnogeografski vidik ne samo za prikazovanje, temveč še bolj za razumevanje in vrednotenje teh pojavov. Ta vidik je tudi stvarna osnova za ustrezno ukrepanje oziroma varstvo okolja.

Tako je onesnaženost naših rek v širši pokrajinski osvetlitvi, kljub veliki vodnatosti naših pokrajin, bolj razumljiva. Predvsem se pokaže, da onesnaženost naših rek ni morda posledica bistveno slabšega odnosa naše industrije do rek v primerjavi s tujo industrijo, ki je približno na enaki stopnji razvoja. Prezreti namreč ne smemo, da je Slovenija razvodno in povirno področje, kjer se tekoče vode šele oblikujejo in da imamo kljub veliki namočenosti tal opravka s sicer gosto, a drobno, šibko vodno mrežo. Razen nekaj izjem prevladujejo manjše vode, pravzaprav potoki, ki jih zlahka onesnažujejo že posamezne tovarne (Voglažno, Mežo, Notranjsko Reko, Dravinjo, Medijo, Trboveljščico, Boben, Hubelj itd.). Zato lahko tudi razdrobljena industrija, kakršna je v Sloveniji, s številnimi, čeprav manjšimi obrati onesnažuje domala celotno rečno ožilje.

Med onesnaženimi rekami (teh je 2350 km) je 45 % zmerno onesnaženih (1/2 in 2. r.), 35 % srednje onesnaženih (2/3 in 3. r.) in 20 % močno onesnaženih (3/4 in 4. r.). Nedvomno je onesnaževanje tekočih voda zelo intenzivno, da dosega onesnaženost tolikšno stopnjo kljub temu, da se rečne vode zaradi velikega strmca, naglega toka in velike odtočnosti zelo naglo obnavljajo, saj se v povprečju obnove približno v tednu dni.

V onesnaženosti naših rek se torej prepletajo zelo različni pokrajinski dejavniki. Nekateri onesnaženost stopnjujejo, drugi jo blažijo. Šele z upoštevanjem enih in drugih se dokopljemo do ustreznega vrednotenja degradacijskih pojavov in se izognemo pretiravanju oziroma omalovaževanju.

Pomembna je tudi naslednja pokrajinska značilnost Slovenije. V dolinah in kotlinah, kjer je populacijsko in industrijsko težišče Slovenije, je najenostavnejša oskrba z vodo neposredno iz tal (s podtalno vodo) in ne iz rek. Ko se je začela nagla povojna industrializacija, so nekdanje funkcije rek že propadle (transportna, mlinarska, žagarska) in tako smo tekočim vodam nemoteno naložili novo vlogo — odvajanje industrijskih in drugih odpadkov. Ta funkcija dolgo ni naletela na resnejše ovire (če izvajamo športni ribolov in rekreacijo) ravno zaradi odsotnosti drugačne gospodarske izrabe rek. Različna izraba enih in drugih voda se je torej uveljavila skladno z ožjimi ekonomskimi interesi.

Še izrazitejšo degradacijo kaže naše okolje z onesnaženim zrakom — absolutno in relativno. Če skušamo stopnjo onesnaženosti zraka izračunati na podoben način, kakor računamo celotno onesnaženost naših voda (industrijsko, populacijsko in drugo), kmalu ugotovimo, da onesnažujemo zrak v še večjem obsegu kakor vodo. Razmerje med populacijskim in drugim onesnaževanjem zraka je približno dvakrat večje kakor pri vodi. Na to vplivajo tako družbenogeografski vzroki kakor prirodnogeografske osnove, vendar v drugačnem razmerju kot pri

vodi. Med družbenimi je pomembna velika poraba fosilnih goriv v Sloveniji. Z njimi ne trošimo le veliko kisika, temveč zaradi velikega odstotka žvepla, ki je v njih, spuščamo v zrak tudi veliko  $\text{SO}_2$ . Pri tem je pomembno razmerje med TE (60 % elektr. energije) in HE (40 %) kljub skromnim zalogam slabših domačih premogov in kljub veliki vodnatosti Slovenije.

Poleg industrijskega onesnaževanja zraka je v Sloveniji zelo močno tudi prometno onesnaževanje zraka. Okolje onesnažuje preko 320.000 osebnih vozil, kar je 15 avtomobilov na 1  $\text{km}^2$  oziroma 1 avto na manj kot 6 prebivalcev. Zaradi močno razvitega javnega cestnega prometa oziroma nesorazmerja med cestnim in železniškim prometom tovornjaki in avtobusi ne onesnažujejo nič manj kakor osebni avtomobilski promet. Nasprotno! Tovrstno emisijo povečuje tudi močan tranzitni promet — tovorni in osebni — kar je posledica širšega položaja Slovenije. Skoznjjo prihaja v Jugoslavijo 90 % osebnega in 85 % blagovnega prometa. Ta promet je večji od domačega. Leta 1977 je bilo v Sloveniji preko 2 milijona inozemskih osebnih avtomobilov, in to brez maloobmejnega prometa, ki je prav tako velik. Izredno velik je v Sloveniji inozemski turistični avtomobilski promet, ki poleti znatno prekaša domačega, kar poletno onesnaževanje zraka najmanj podvoji.

Značilne so še druge poteze, ki stopnjujejo promet in prometno onesnaževanje zraka. Močno razširjena sta lokalni in regionalni promet zaradi vsakodnevnega prevoza ljudi na delo (dnevna migracija oziroma vozaštvo). To je pojav, ki je za Slovenijo zelo značilen.

Vse te in še druge družbenogeografske značilnosti Slovenije močno stopnjujejo porabo kisika in onesnaževanje zraka. To je tolikšno, kakor da bi živel v Sloveniji najmanj 10-krat več ljudi. Ne gre pa samo za močno onesnaževanje (emisijo), temveč tudi za visoko onesnaženost zraka (imisijo), kar je posledica zaprtih dolin in kotlin, v katerih se zrak počasneje obnavlja in je glede na obseg degradacije nesorazmerno močno onesnažen. Računi kažejo, da se v Sloveniji sprošča v zrak letno okoli 200.000 ton  $\text{SO}_2$ , kar ustreza povprečju, ki velja za Zahodno in Srednjo Evropo. Kar 2/3 približno enako velikih pokrajin, kakor je Slovenija, je v tem delu Evrope bolj čistih in le tretjina je bolj onesnaženih oziroma oddaja v zrak več  $\text{SO}_2$ . (9)

Druga značilnost Slovenije je, da je njena pokrajinska onesnaženost zelo neenakomerna. Tudi v tem pogledu se potrjuje velika pokrajinska razdrobljenost, ki je za Slovenijo tako značilna. Osnova za te razlike je močna razčlenjenost reliefa in druge poteze, ki so s tem povezane. Izrazita onesnaženost je namreč v dolinah in kotlinah ne samo zaradi njihove industrializacije in urbanizacije, temveč tudi zaradi reliefne zaprtosti in klimatskih ptez (ujete zračne gmote), ki onesnaženost zraka in drugih pokrajinskih členov stopnjujejo in zadržujejo znotraj dolin in kotlin. Zato se neposredno prepletajo pokrajine z močnim in šibkim onesnaževanjem, in v bistvu ne gre za splošno, temveč za regionalno onesnaženost Slovenije. Pravzaprav gre za dolinsko in kotlinsko onesnaženost, saj je vmesni, višji svet prav malo prizadet. Tega pa je v Sloveniji največ, več kot 2/3 vsega površja.

Značilno je tudi to, da se med seboj stika različno onesnažen svet. Poleg močno degradiranih pokrajin so sosednje domala še čiste. Nagli prehodi in izrazite omejitve so posledica večje zaključenosti pokrajinskih enot, ki je značilna za večino Slovenije. Nasploh je onesnaženost pokrajinskega okolja močno razdrobljena na številna manjša in večja jedra, ki se ponekod združujejo v večjo regionalno onesnaženost. Drobnost in izrazita degradacijska razčlenjenost je odraz splošne pokrajinske razdrobljenosti Slovenije. Zato tudi ne kaže govoriti

o njeni povprečni onesnaženosti, kajti dejanske razlike so takšne, da nam srednje vrednosti malo povedo.

Tudi o splošni onesnaženosti Slovenije težko govorimo, saj je večina pokrajin praktično še čista. Seveda je tudi ta presoja odvisna od tega, kakšna merila in razmerja pri tem upoštevamo. Onesnaženi deli so sicer manj obsežni, so pa zato populacijsko in gospodarsko najpomembnejši in v bolj ali manj onesnaženem okolju živi večji del prebivalstva, čeprav mu pripada le tretjina Slovenije. Če paupoštevamo širši položaj Slovenije, se pokaže drugačna podoba. Onesnaženost izvira tudi iz sosedstva, saj se poleg avtohtonega (lokalnega in regionalnega) onesnaževanja čedalje bolj uveljavlja tudi širše, alohtono (kontinentalno in planetarno). Za naše kraje ne gre zanemariti tistih degradacijskih vplivov, ki se z zračnimi tokovi prenašajo od drugod, bodisi iz Severne Italije ali iz drugih bolj oddaljenih industrijskih pokrajin Srednje in Zahodne Evrope.

Iz ustreznih raziskav OECD za leto 1972 (9) je razvidno, da dotekajo najbolj onesnažene zračne gmote od S, SZ in Z. Ker prevladujejo nad našimi kraji zahodni vetrovi, dotekajo zračne gmote v največji meri iz najbolj onesnaženih področij. Zato položaj Slovenije v tem pogledu ni najbolj ugoden, čeprav so pota onesnaženega zraka še premalo jasna. Domače raziskave namreč kažejo, da je deževnica onesnažena tudi na Jezerskem, kjer ni avtohtonega onesnaževanja. Večletne analize deževnice v Ljubljani, Kopru in na Jezerskem (1) ne kažejo le zanimivih razlik med temi kraji, temveč opozarjajo tudi na delež avtohtonega in alohtonega onesnaževanja zraka. V zvezi z zahodnimi vetrovi in orografskimi padavinami je tudi pojav, da so največ sledov stroncija ugotovili v padavinah zahodnih delov našega alpskega sveta (Bovec, Bohinj).

Za Slovenijo je značilna tudi zaključnost degradacijskih področij, ki je predvsem reliefno zasnovana. Širjenje onesnaženega zraka najbolj zavira višji relief (pobočja, kotlinski obodi, gorati svet sploh) in posamezne klimatske poteze (stabilne zračne plasti, večja zatišnost dolinskega zraka, ujete zračne gmote itd.). Ker se iz tesnih dolin in globokih kotlin onesnaženost slabo širi, so znane ne samo po večji, temveč tudi po zaključeni onesnaženosti. Ob posebnih vremenskih razmerah, ko se uveljavlja temperaturna inverzija, pa je širjenje zraka še slabše. Takrat je dolinski, oziroma kotlinski zrak kratkomalo ujet in onesnaženost v njem naglo narašča. Širi se tako kakor v zaprtem prostoru. Inverzijska zračna plast zapre namreč doline in kotline tudi na zgornji strani. Po prostornini ujetega zraka lahko izračunamo njihovo degradacijsko zmogljivost. Take razmere so sicer kratkotrajne, ker se ustvarjajo le ob določenem tipu vremena. Obdobja z ujetim hladnim zrakom (jezera hladnega zraka) so za onesnaževanje še posebno kritična. V naših dolinah in kotlinah — alpskih in dinarskih — so taki dnevi razmeroma pogostni, od 60 pa tja do 300 dni na leto. V tem so torej naravne osnove za precej izrazito degradacijsko regionalnost Slovenije. Ker je v kotlinah največ industrije, prometa in naselij, torej poglavitnih virov onesnaževanja, obenem pa je v njih naravno čiščenje zraka slabo in večkrat nezadostno, je v tem eno od njihovih osnovnih pokrajinskih navzkrižij. Ker je zaradi močno onesnaženega kotlinskega zraka posredno prizadeto celotno okolje, so kotline in doline naše najbolj izrazite in kritične degradacijske pokrajine, če ne dejansko, pa potencialno. K zatišnosti in temperaturni inverziji pripomorejo predvsem položaj in izoblikovanost kotlin ter klima. Večina kotlin leži namreč na notranji, panonski strani alpskodinarskega gorstva. To je na odvetrni, zatišni strani glede na prevladujoče vetrove.

Druga lastnost, ki stopnjuje kotlinska zatišja in temperaturne inverzije, je, da so kotline razmeroma globoke in z visokimi obodi, odkoder se spuščajo močno ohlajene zračne gmote, ki krepijo in poglobljajo temperaturno inverzijo. Za meg-

lo, inverzijo in onesnaženost je pomembno še to, da so dna kotlin v nizki nadmorski legi, pod 500 m absolutne višine. Nižje kotline so namreč bolj zamegljene in inverzijske (3). Pomembna je tudi njihova velikost. Ker z izjemo ene ali dveh niso posebno velike, jih hladen zrak hitro, pogosto in na visoko napolni.

Vse to so torej osnove, ki že ob normalnih vremenskih razmerah, to je ob negativnem temperaturnem gradientu, slabijo naravno čiščenje onesnaženega kotlinskega zraka. Ob posebnih vremenskih razmerah, kakršne so ob stabilnem ozračju, pa ga sploh zavrejo.

Ko torej govorimo o zaprtosti kotlin in dolin, ne mislimo samo na reliefno zaprtost, temveč tudi na inverzijsko zračno plast, ki kotline kratkomalo pokrije. Ves onesnaženi zrak ostaja v njih in škodljive snovi se v njem naglo zgoščajo. Če bi take razmere trajale dalj časa, bi se močno industrializirane in urbanizirane kotline kratkomalo zadušile. Spremenile bi se v svojevrstne plinske celice.

Na stopnjo kotlinske onesnaženosti vpliva poleg trajanja inverzije tudi višina inverzijske plasti. Ta odloča o globini zračnega jezera oziroma o količini ujetega zraka in koncentraciji plinov v njem. Pri nižji zaporni zračni plasti višji industrijski dimniki pošiljajo pline skozi to plast izven kotline. Onesnaževanje nizkih virov (promet, ogrevanje naselij) pa ostaja v kotlinah. V globokih kotlinah, kakršne so naše, so zaporne plasti lahko tudi več sto metrov visoko in tedaj tudi industrijsko onesnaževanje ostaja v njih. Pomembno je zato tudi razmerje med urbanim in industrijskim onesnaževanjem.

Po podatkih za 1973. leto (7) je bilo onesnaževanje zraka z  $SO_2$  v treh kotlinah približno za polovico preveliko (v Ljubljanski, Celjski in Slovenjegraški kotlini), v Novomeški pa je skoraj doseglo dopustno mejo. Onesnaževanje v ozki Mežiški dolini pa je bilo kar 20-krat preveliko! Ti podatki veljajo le za kritična, inverzijska obdobja, ko se kotline in zaprte doline napolnijo z jezeri ujetega hladnega zraka. Ker koncentracije kotlinskih emisij sprva, prvih 10—15 ur, naraščajo zelo naglo, kasneje pa čedalje počasneje (7) se jezera hladnega zraka hitro onesnažijo in so zato za kotline že krajše inverzije zelo škodljive.

Kotline in doline se uveljavljajo še z značilno vertikalno razporeditvijo onesnaževanja — z degradacijsko nadstropnostjo. Zato niso onesnažena le dna kotlin in dolin, temveč tudi njihova obrobja. Ponekod so pobočja celo bolj degradirana kakor kotlinsko dno.

Zaradi temperaturnih inverzij in z njimi povezanih klimatskih potez (hladnejša, vlažnejša in bolj meglena dna kotlin) so bila za naselitev in izrabo privlačna terasirana sončna pobočja nad njimi, saj so naselja na pobočnih terasah za gorato Slovenijo zelo značilna. Še posebno tista nad ožjimi dolinami, kjer na dnu ni prostora za naselja in izrabo. Onesnaževanje pobočij je toliko bolj neugodno, ker se termalno najugodnejši višinski pas začne šele nekaj deset metrov nad dnom dolin in kotlin.

Nekdaj ugodne višinske in ekspozijske lege pobočnih teras so se v marsičem zmanjšale, ker so se pobočja znašla pod neposrednim vplivom najbolj onesnaženih kotlinskih in dolinskih zračnih plasti. V stabilnem ozračju se namreč onesnaženi zrak širi predvsem horizontalno. Ker segajo viri onesnaževanja različno visoko, nastane v kotlinah več različno onesnaženih plasti. Zračno plast pri tleh onesnažuje zlasti promet, naslednjo višjo plast hišni dimniki, najvišjo pa industrijski.

Nazoren primer degradacijske slojevitosti je v Celjski kotlini. Vpliv urbanega in industrijskega onesnaževanja Celja se zaradi njegove lege na robu kotline dobro kaže na bližnjih pobočjih, ki se dvigajo na južni strani mesta. Na pobočju Miklavškega hriba so v dveh višinskih pasovih propadli lišaji, ki so za onesnaženi zrak posebno občutljivi (12). Posledice nadstropnega onesnaževanja zraka se

na teh pobočjih poznajo tudi na drugi vegetaciji in na drugih pokrajinskih členih. Terasa na južni strani Celja v rel. višini okoli 40—50 m je med najbolj degradiranimi deli celjske okolice. Na Aljaževem hribu, ki je sestavni del terase — na njej je zaradi ugodne lege že pred vojno nastalo naselje vil — so pred leti večkrat namerili visoke koncentracije  $SO_2$  (17). Na južni strani kotline se pas intenzivno degradiranega pobočja, povečini terasnega, nadaljuje v isti višini proti vzhodu do Štor.

Podobno je tudi v drugih kotlinah in dolinah, npr. na južnem robu Velenjske kotline (Lokovica), na vzhodnem robu Slovenjegraške kotline, v Ljubljanski kotlini (Golovec, Rašica) in drugod. Močno so onesnažene pobočne terase nad ožjimi in globokimi dolinami v Zasavju (Praprotno, Dobovec, Trava itd.), v Mežiški dolini nad Zerjavom, Mežico ter Ravnami (samotne kmetije), v Gornjesavski dolini nad Jesenicami (Mirca) itd.

Pobočja s posledicami močno onesnaženega zraka niso samo v višini nižnjih in industrijskih dimnikov oziroma v ustrezni višini nad njimi, temveč tudi višje, kjer se inverzijske plasti najpogosteje obnavljajo. Te plasti so kakor strop, pod katerim se onesnaženi zrak kopiči in širi do pobočij, ki so v ustrezni višini najbolj prizadeta.

Z večnadstropnim onesnaževanjem zraka se ugodne sončne lege nad dnom kotlin in dolin marsikje spreminjajo v svoja nasprotja. Prej ugodni deli kotlin postajajo čedalje manj ugodni, saj so včasih celo bolj onesnaženi od dna. Tako se z industrializacijo in urbanizacijo negativni pomen temperaturnih inverzij močno stopnjuje.

V gorskih dolinah in kotlinah je zato varstvo okolja bolj nujno, zapleteno in zahtevno kakor drugod.

Med dolinami in kotlinami so seveda marsikateri razlike glede na njihov položaj, usmerjenost, izoblikovanost itd. Te regionalne posebnosti je treba posebej preučiti. V ilustracijo naj navedemo, da trboveljska TE pokuri 5-krat manj premoga od šoštanjske TE, okolje pa znatno bolj onesnažuje, ker je globoka savska dolina bolj zaprta od plitvejše Velenjske kotline. (čtetudi upoštevamo, da je v lignitu manj žvepla kakor v zasavskem premogu).

Gorske doline in kotline so v času temperaturnih inverzij oziroma jezer ujetega hladnega zraka v bistvu zaprti pokrajinski sistemi. Podobno velja za kraška polja, jezera, umetne vodne akumulacije. Ker so zaprti sistemi za onesnaževanje najbolj dovzetni, so med našimi najbolj onesnaženimi pokrajinskimi enotami. Ker je v zaprtih pokrajinskih sistemih naravno čiščenje zraka slabo, mora biti umetno toliko večje oziroma onesnaževanje manjše. Predvsem pa so modeli za sanacijo in preprečevanje onesnaževanja v takih pokrajinah drugačni od odprtih.

Pomembna pokrajinska značilnost Slovenije je tudi ta, da se njena onesnaženost preko leta precej spreminja. Uveljavljajo se ustrezni degradacijski režimi, ki niso značilni samo za zrak in vodo, temveč za celotno pokrajinsko onesnaženost. Skladno s klimatskimi, rečnimi in drugimi režimi se v Sloveniji uveljavlja značilna sezonska onesnaženost geografskega okolja z zelo izrazito amplitudo. Poleg nje se uveljavlja še ekstremna, kritična onesnaženost, ki je odraz posebnih vremenskih razmer. Ta onesnaženost je na srečo kratkotrajna in vezana le na določen tip vremena. Zajema predvsem kotline in doline, ki pa so naše najpomembnejše pokrajinske enote. Imenovali smo jo inverzijska onesnaženost. Slovenija je prav zaradi nje znana po nesorazmerno močni degradaciji. To je toliko bolj neugodno, ker je prebivaistveno, gospodarsko in drugo težišče Slovenije ravno v dolinskem in kotlinskem svetu.

Degradacijski režimi posameznih pokrajinskih členov se med seboj le deloma skladajo. Zato je pomembno, kako se med seboj prepletajo. Pri rekah gre pove-

čini za nivo-pluvialno oziroma pluvio-nivalno kolebanje onesnaženosti, če letni potek označimo s hidrološkimi termini. Degradacijski minimum je pomladi in jeseni, degradacijski maksimum poleti in pozimi. Drugače je pri Dravi in Muri, kjer je degradacijski minimum poleti zaradi visoke nivalne vode. Nasprotno je pri nekaterih pluvialnih vodah, npr. istrskih, degradacijski minimum pozimi.

Sezonska onesnaženost zraka še bolj koleba. Najmanjša je poleti in največja pozimi, pravzaprav v vsej hladni polovici leta. Zimsko onesnaževanje je že samo po sebi večje (industrija in ogrevanje) in je zaradi temperaturnih inverzij tudi bolj učinkovito. Pojavljajo se trditve, da zrak najbolj onesnažuje ogrevanje naselij in ne industrija, češ da je poletna onesnaženost zraka, ko deluje zgolj industrija, zelo nizka. Močno zimsko onesnaženost pripisujejo zato drugim virom. Osnove so seveda drugje, predvsem v klimatskih razlikah, posebno temperaturnih inverzijah.

Ekologi vidijo ravno v razčlenjenem reliefu in iz tega izvirajoči pokrajinski pestrosti ekološko stabilnost naših pokrajin. Vendar ali ni ravno ekološka oziroma degradacijska zmogljivost prej presežena ravno v manjših, zaprtih, skratka razčlenjenih pokrajinah, čeprav so ekološko stabilne, kakor pa v večjih in bolj odprtih.

Očitno je torej, kako različno vrednotimo že osnovno pokrajinsko strukturo Slovenije.

#### OSNOVNI VIRI

1. Bonač M. in Rajh—Alatič Z. Primerjava rezultatov analiz padavin treh različnih krajev v Sloveniji, Razprave, DMS, 20, 1, Ljubljana, 1976;
2. Černe A., Degradacija geografskega okolja v Velenjski kotlini, dipl. naloga, PZE za geografijo fil. fak., Ljubljana, 1975 (tipkopis);
3. Furlan D., Vpliv reliefa na meglo v nekaterih predelih Slovenije, Razprave, DMS, 20, 2, Ljubljana, 1976;
4. Hribar F., -sodelavci, Elaborat o kvaliteti voda, Sistematične raziskave kvalitete vode v SR Sloveniji v letu 1971, HMZ, 1972, Ljubljana;
5. Paradiž B., Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah, HMZ, 1972 (tipkopis);
6. Petkovšek Z., Ocena transkontinentalnega transporta onesnaženja zraka v Sloveniji in iz nje, Razprave, DMS, XVII, Ljubljana, 1974;
7. Petkovšek Z., Določanje emisije SO<sub>2</sub> in izračun emisijskega potenciala za nekatere kotline v Sloveniji, Razprave, DMS, 21, 1—2, Ljubljana, 1977;
8. Radinja D., Onesnaženost slovenskih rek in njene pokrajinske značilnosti. Referat na X. zbor. slov. geogr. v Mariboru, 1978 (tipkopis);
9. OECD, Cooperative Technical Programme to Measure the Long-range Transport of Air Pollutants NR (ENV), 74, 7, Paris, 1974;
10. Simpozij o onesnaževanju okolja v Sloveniji, Bled, 4.—6. X. 1972, Ljubljana;
11. Skupinsko delo, Varstvo voda v luči varstva okolja, Zveza vodnih skupnosti Slovenije, 1977 Ljubljana;
12. Škoberne P., Lišajsko kartiranje Celja in okolice, Varstvo narave, 1975, 8, Ljubljana;
13. Solar M., Gozd in onesnaženje ozračja v Sloveniji, Gozdarski vestnik, 1972, Ljubljana;
14. Vida M., Poskus ocene vremenskih procesov v Sloveniji z ozirom na vremenske situacije, Razprave, DMS, XVII, Ljubljana, 1974;
15. Whittom, B. A., River ecology, Oxford;
16. Zrnec C., Vplivi in posledice onesnaženega ozračja na vegetacijo industrijskega rajona v Zasavju v letu 1973, Razprave, DMS, XVI, Ljubljana, 1974;
17. Zavod za zdravstveno varstvo Celje, Onesnaževanje atmosfere mesta Celje v letu 1973/74, Celje 1974 (tipkopis).



REGIONAL DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS OF INDUSTRIAL POLLUTION  
IN SLOVENIA

Our geographical department shows a degree of pollution greater than the industrial and other kind of development of Slovenia would lead us to expect. This is true in particular of the air pollution and to a more moderate extent also of the other features of the countryside. The disproportion between the pollution and the state of being polluted (emission and immission) is in Slovenia really big. This is due to social and to natural reasons, but the latter are more important.

Another characteristic of Slovenia is the fact that the country is very unevenly polluted. In this respect the great diversity of the area, otherwise characteristic of Slovenia, is yet again demonstrated. Basically this is due to the strongly dissected relief and to other features related to it. The greatest pollution, as expected, is to be found in basins and valleys. This is due not simply to the fact that basins and valleys are relatively most industrialized but also to their specific climatic conditions, which keeps retaining the pollution of the air and of other elements. In this way there is a direct intermingling of areas with strong and areas with weak pollution. Hence it is more to the purpose to speak of the regional rather than general pollution of Slovenia. In fact we have to do with the pollution of basins and valleys, as the intervening areas lying higher up are not much affected by pollution. And most of Slovenia consists of areas higher up.

The basins and valleys are characterized also by the characteristic vertical distribution of pollution — by the storeyed degradation.

The third characteristic of the Slovene landscape is to be seen in the fact that the pollution varies considerably in the course of the year — this is not merely to be accounted for by the seasons and the broader climatic conditions, but also by the narrower ones, determined by the relief and the features related to it, e. g. the basin climate. There emerge for this reason certain degradation regimens, characteristic not only of the air and the water but also of the entire landscape pollution. Following the climatic, fluvial, vegetational and other regimens Slovenia experiences a typical seasonal pollution of the environment. In addition, there comes up the extreme, critical pollution, reflecting special meteorological conditions and of course the great intensiveness of industry. The pollution of this kind is fortunately of short duration and conditioned by a certain type of weather. But unfortunately it extends mostly in basins, which represent the most important parts of our country. It is called inversion pollution. It is because of this type of pollution that Slovenia is known to be an unproportionately strongly polluted country. In turn, this is all the more to our disadvantage because the population and the economy are also centered in the basins.