

R A Z P R A V E

UDK 551.577.6(497.12) = 863

UDC 551.577.6(497.12) = 20

O TEHNOGENEM KROŽENJU ŽVEPLA V POKRAJINSKEM OKOLJU SR SLOVENIJE IN NJEGOVI BILANCI

Prispevek k vprašanju zakisanosti naših padavin in okolja sploh*

Darko R a d i n j a **

1. Uvod

Lanskoletna študija je onesnaženost padavin obravnavala na primeru snežne odeje, ki je na Slovenskem padla decembra 1986, in jo je med drugim osvetlila tudi s koncentracijo sulfatov v njej (R a d i n j a 1987a). Ni pa bilo tedaj še mogoče podati, koliko žvepla je padlo na tla, bodisi po posameznih območjih ali v Sloveniji kot celoti, kajti na Hidrometeorološkem zavodu SR Slovenije o tedanjih padavinah še niso imeli na voljo vseh ombrometrskih podatkov. Medtem zbrane meritve pa ta pregled sedaj že omogočajo in z drugimi podatki vred tudi vpogled v kroženje žvepla in njegovo bilanco. Načeti je mogoče tudi vprašanje o razmerju med avtohtonim in alohtonim žveplom, ki s padavinami pride na tla, pa tudi vprašanje o razmerju med suhim in mokrim odlaganjem žvepla iz ozračja na tla. Nekaj je mogoče reči tudi o samem režimu padavinskega žvepla ter njegovi regionalizaciji.

Naslednje poročilo skuša ta vprašanja konkretizirati. Ob strani pa zaenkrat pušča tista, ki bi mimo že doslej osvetljenih pojasnila še druge stvarne posledice prikazanega kroženja žvepla ne le za posamezne člene našega okolja, temveč tudi za pokrajinsko strukturo Slovenije nasploh, kajti ustreznih podatkov je za sedaj še premalo.

2. Metodologija dela

Izhodišče raziskave so podatki o koncentraciji žvepla v že omenjeni snežni odeji iz sredine decembra 1986 (15.–17.XII.), pridobljeni z nekaj več kot 300 vzorci iz 274 krajev po Sloveniji. Tedaj opravljene analize so osnova tudi za naslednji prispevek, ki je seveda izpopolnjen z različnimi, kasneje opravljenimi analizami.

* Raziskava je nastala v tematskem sklopu »Kulturna pokrajina« v okviru Znanstvenega inštituta filozofske fakultete v Ljubljani.

** Dr., red. univ. prof., Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Univerza Edvarda Kardelja, Aškerčeva 12, 61000 Ljubljana, YU.

Za analizirano snežno odejo so bili najprej zbrani podatki o dnevni količini padavin za vseh 296 meteoroloških postaj v Sloveniji (HMZ 1988). Na tej osnovi so za celotno odejo izračunane vsote, ki smo jih vnesli na karto ter izrisali izohiete (risba 1). Padavinska karta je zaradi frontalnih in orografskih preoblikovanih padavin zanimiva že sama po sebi, še bolj pa zaradi njihovega vpliva na razporeditev takrat zapadlega žvepla.

Na drugo karto smo za analizirane vzorce vnesli podatke o koncentraciji SO_4 ter izrisali izosulfate. Kakor kažeta legendi, smo pri padavinah razlikovali najprej 14 razredov po 10 mm, ki smo jih kasneje združili v 5 stopenj, pri sulfatih pa smo razlikovali 6 razredov, vendar z različnim razponom.

S prekritjem obeh kart smo dobili prek sto območij z različno kombinacijo padavin in koncentracijo sulfatov v njih. S planimetriranjem smo nato izračunali, koliko sulfatov je po posameznih območjih vsebovala snežna odeja in koliko žvepla je na ta način obležalo na tleh. Glede na količino zapadlega žvepla na površinsko enoto (g/m^2 ali t/km^2) smo naposled določili 6 razredov in vanje razvrstili posamezna območja, kakor prikazuje naslednja karta (risba 2).¹

V nadaljevanju smo s primerjavo celoletnih emisij žveplovega dioksida v Sloveniji in celoletnih količin sulfatov, ki s padavinami obležijo na tleh, dobili vpogled v kroženje žvepla. Na razmerje med suhim in mokrim odlaganjem žvepla smo sklepali po različnih koncentracijah žvepla v deževnici (snežnici) in strešnici. Ene in druge ugotovitve slonijo na analizah padavin, ki jih v zadnjih petih letih opravljamo v okviru katedre za varstvo geografskega okolja na oddelku za geografijo FF (R a d i n j a 1988).²

3. Glavne ugotovitve

3.1. Z decembrskim snegom zapadlo žveplo v Sloveniji kot celoti

Analizirana snežna odeja je vsebovala povprečno 39,4 mg SO_4 v litru snežnice.³ Ker je takrat padlo povprečno 47,7 mm padavin (HMZ 1988), je na kvadratnem metru obležalo povprečno 1,8 g sulfatov oziroma 0,6 g žvepla. To je 6 kg žvepla na hektar oziroma 0,6 tone na kvadratni kilometer. V vsej Sloveniji je potemtakem obležalo 12 675 ton žvepla. To je količina, ki ustreza npr. 10 vlakom, ki imajo po 63 vagonov, vsak vagon pa je naložen z 20 tonami žvepla. Če pa upoštevamo dva milijona prebivalcev v Sloveniji, bi prišlo na vsakega 6,3 kg žvepla.⁴

S tem v zvezi se postavlja najprej vprašanje, kaj pomenijo tolikšne količine hkrati zapadlega žvepla v naših razmerah in kaj v primerjavi s širšimi? Ali gre za povprečne ali izjemne vrednosti in za temu ustrezno onesnaženost okolja? – Odgovore smo skušali osvetliti najprej z naslednjimi primerjavami.

1 Pri zbiranju padavinskih podatkov in pripravi kart, vključno s planimetriranjem, je sodelovala prof. Irena R e j e c.

2 Iz različnih delov Slovenije je bilo doslej analiziranih preko tisoč vzorcev dežja in snega. Čeprav časovno in prostorsko niso enakomerno razporejeni, so že zaradi številčnosti precej reprezentativni. – Te in druge analize je opravil P. Markelj, kem. tehn. v Fizičnogeografskem laboratoriju oddelka za geografijo FF v Ljubljani.

3 Nadrobni podatki so na voljo pri avtorju. Dejansko gre tu in v naslednjem povsod za ione (SO_4^{2-}).

4 Toliko žvepla, kolikor ga je v treh decembrskih dnevih padlo na kvadratni meter v Sloveniji, marsikatera evropska dežela ne dobi v vsem letu, npr. Portugalska, večina Španije, Bretanja v Franciji, srednja Švedska in Finska itd. (F. P e a r c e. 1987).

3.2. Razmerje med celoletnimi emisijami žvepla v SR Sloveniji in decembrskimi emisijami žvepla v padavinah

Če v SR Sloveniji uhaja v zrak letno 200 000 ton žveplovega dioksida, kar je srednja vrednost različnih ocen (npr. H r č e k 1986, N o v a k 1986)⁵, ga na kvadratni kilometer odpade povprečno 10 ton (računajoč za SRS zaokroženo 20 000 km²) ali 10 g/m² SO₂, kar je 5 g/m² žvepla na leto.

Da bi se celotna emisija tega žvepla s padavinami vrnila na tla, bi morale vsebovati povprečno 10 mg/l SO₄ oziroma 3,3 mg/l žvepla, računajoč s povprečno letno količino 1500 mm padavin. Glede na to je sredi decembra 1986 liter snežnice vseboval v povprečju štirikrat več sulfatov. Potemtakem so bile takratne koncentracije žvepla daleč nadpovprečne. Ker je šlo za zimske razmere, ko zaradi kurilne sezone niso večje le emisije žvepla, temveč so zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturnih inverzij itd.) sorazmerno večje tudi emisije, so nadpovprečne koncentracije žvepla v decembrskih padavinah sicer razumljive, so pa vseeno previsoke. Zato moramo vzroke zanje iskati še drugje.

3.3. Razmerje med povprečno letno in decembrsko koncentracijo žvepla v padavinah ter njuna deleža

Dosedanje analize opozarjajo, da v primerjavi z avtohtonimi emisijami SO₂ vsebujejo padavine 2,5-krat več žvepla. Zato je očitno, da večina žvepla, ki s padavinami pride na tla, ni avtohtona, temveč izvira od drugod, izven Slovenije. Ta delež je dejansko še večji, če upoštevamo, da se polovica avtohtonih emisij SO₂ vrne na tla kot suh depozit. V tem primeru je delež alohtonega žvepla v padavinah celo 5-krat večji od avtohtonega.⁶

V primerjavi s povprečno koncentracijo sulfatov v padavinah, ki znaša 24,6 mg/l SO₄, je bila ta v decembrski snežni odeji, ki je znašala 39, 1 mg/l, za polovico večja, kar gre nedvomno na račun večjih zimskih emisij oziroma emisij (tabela 1).

Če pa namesto koncentracij primerjamo dejansko količino z decembrsko snežno odejo zapadlega žvepla, se pokaže, da je tedaj padla približno osmina celoletne avtohtone emisije SO₂, oziroma šestnajstina letne količine v padavinah zajetega žvepla. In še naslednje razmerje: Sredi decembra je padlo 92 odstotkov vseh mesečnih padavin (prvih je bilo 47,7 mm in drugih 53,3 mm), vendar le tridesetina povprečnih letnih. Torej je tudi glede na količino padavin padlo sredi decembra dvakrat več žvepla, kar prav tako potrjuje nadpovprečno onesnaženost ozračja in padavin v zimskem času.

Ostaja pa vprašanje, koliko žvepla prihaja v ozračje iz naravnih virov. Pri tem ne mislimo le na kamenine, prst in vegetacijo, temveč tudi na bližino morja in na naše orografsko okrepljene padavine. Ta delež ocenjujemo lahko zelo ohlapno. Nanj odpade morda le nekaj odstotkov vsega žvepla, ki zaide v ozračje, morda pa dvakrat ali trikrat več. Čeprav gre razlika med izpuhtelim in padavinskim žveplom tudi na ta ra-

5 Tovrstne ocene temeljijo predvsem na letni porabi fosilnih goriv ter primeseh žvepla v njih. Glede na približne številke enih in drugih podatkov so dejanske količine žvepla, ki se sproščajo v ozračje, od omenjene srednje vrednosti lahko tudi za četrtno večje ali manjše. Vendar se v to problematiko na tem mestu ne spuščamo.

6 Ker del avtohtonih emisij SO₂ odnese zračna cirkulacija izven Slovenije, je razmerje med deležem enega in drugega žvepla sicer nekoliko drugačno, kar pa v naših računih upoštevamo le posredno.

Tab. 1. Količina žvepla v snežni odeji SR Slovenije sredi decembra 1986

Table 1. Amount of the sulphur in the snow-cover in the S.R. of Slovenia by mid-December 1986

| | |
|---|--|
| 1) Snežna odeja | zapadla 15. – 17. XII. 1986 |
| 2) povpr. količina padavin | 47,7 mm (92 % mesečnih, 3 % letnih) |
| 3) mesečna količina padavin | 53,3 mm |
| 4) razpon padavin v SRS sredi decembra | 133,9 mm (min. 10 mm – maks. 143,9 mm) |
| 5) štev. analiziranih vzorcev snega | 274 |
| 6) povpr. koncentracija sulfatov v snežnici | 39,9 mg/l SO ₄ (skoraj 2-krat večja od povpr. letne) |
| 7) razpon sulfatov v snežnici | 0,0 mg/l – 206,4 mg/l SO ₄ |
| 8) razporeditev sulfatov v snežni odeji | a) brez sulfatov – 9,7 % vzorcev b) pod 10 mg/l – 14,4 % c) 10 – 25 mg/l – 20,1 % d) 25 – 50 mg/l – 26,8 % e) 50 – 100 mg/l – 21,8 % f) 100 – 200 mg/l – 6,9 % g) nad 200 mg/l – 0,3 % |
| 9) skupna količina sulfatov v snežni odeji | 38 025 ton SO ₄ |
| 10) spec. količina sulfatov | 1,8 g/m ² SO ₄ |
| 11) skup. količina žvepla v snežni odeji | 12 675 ton (1/8 povpr. letne količine) |
| 12) spec. količina žvepla | 0,63 g/m ² S |
| 13) količina žvepla na površinsko enoto | a) povpr. 0,63 g/m ² – 63 dag/ha – 627 kg/km ² S b) min. 0,07 g/m ² – 7 dag/ha – 70 kg/km ² S c) maks. 1,43 g/m ² – 1,43 kg/ga – 1,43 t/km ² S |

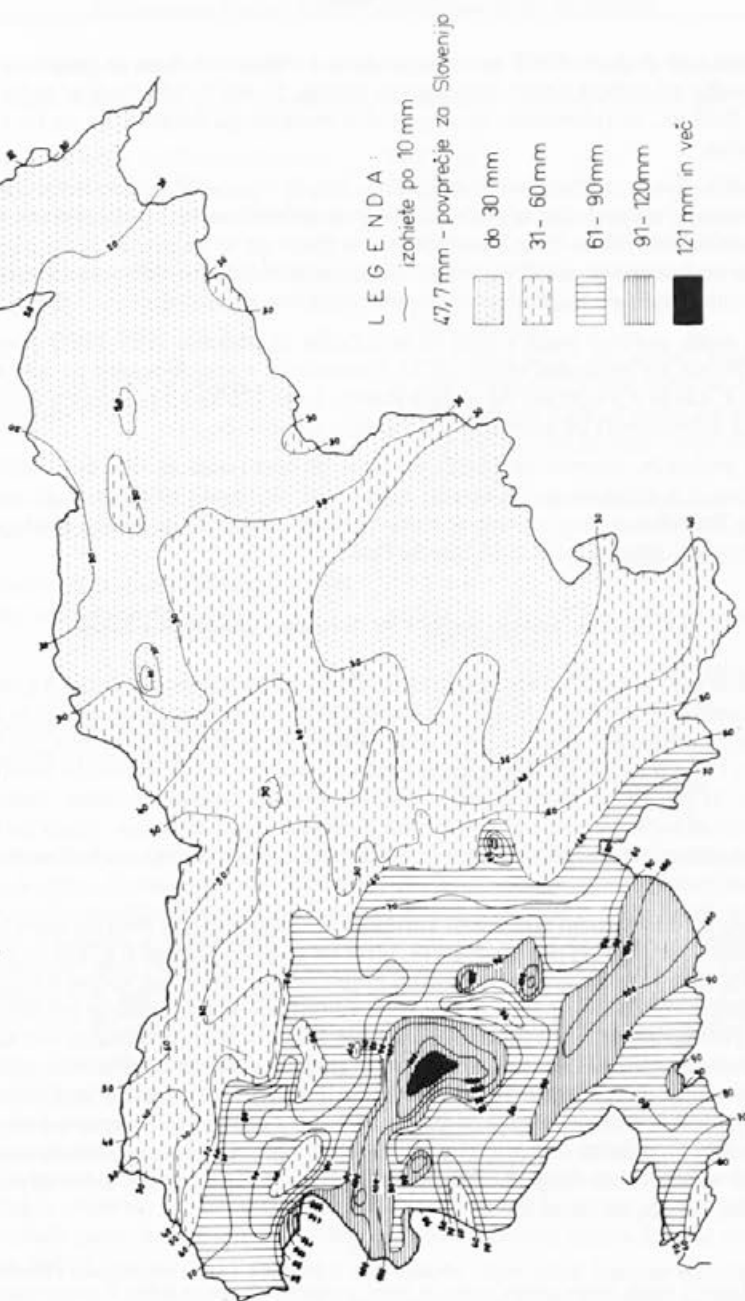
čun, menim, da na osnovno razmerje med njima ne vpliva bistveno. Kajti čeprav antropogenim emisijam žvepla v ozračje dodamo zaradi razpadanja organske snovi še četrtno naravnih emisij (po raziskavah 1972. leta v okviru OECD je ta delež tretjinski), je padavinskega žvepla, in s tem alohtonega, še vedno za dvakrat več.

Letno količino žvepla, ki s padavinami obleži na tleh, smo ugotavljali še s podatki Hidrometeorološkega zavoda SRS v Ljubljani, kjer sicer ne analizirajo posamičnih padavin, temveč na izbranih krajih skupne, mesečne padavine (B o n a č 1976, 1987).⁷ Pri naših računih smo za šest postaj (Ljubljana, Jesenice, Celje, Koper oziroma Portorož, Jezersko in Anhovo) upoštevali podatke za petletno obdobje (1980–1984), za Trbovlje triletno (1982–1984), za Mašun pa enoletno obdobje (1984). Na ta način izračunana povprečna koncentracija sulfatov naj bi v naših padavinah znašala 19,6 mg/l, kar je le za petino manj od prej izračunane. Glede na mesečne vzorce padavin, na izbor postaj in drugo meritveno obdobje je razlika docela razumljiva. Po-

⁷ Padavine so na HMZ začeli analizirati v Ljubljani in Kopru 1965. leta, na Jezerskem 1972. leta, na Jesenicah, v Celju, Trbovljah in Anhovem 1980. leta in na Mašunu 1984. leta. Tu analizirajo tudi dnevne padavine. Slednji je namreč izbran v okviru mednarodnega programa za spremljanje prekomejnega onesnaževanja na velike razdalje (EMEP).

SNEŽNA ODEJA V SR SLOVENIJI SREDI DECEMBRA 1986
(15. - 17. XII.)

1



Risba 1. Snežna odeja v SR Sloveniji sredi decembra 1986
Fig. 1. Snow-cover in the S.R. of Slovenia by mid-December 1986

VIR: Po podatkih HMZ SRS v Ljubljani za 296 postaj

temtakem tudi podatki HMZ potrjujejo, da so količine z dežjem in snegom padlega žvepla večje od količin v zrak uhajajočega žvepla. Te naj bi bile dvakrat večje, pravzaprav štirikrat, če računamo, da se polovica emisijskega žvepla vrne na tla s suhim usedanjem.

Razlike glede izračunane koncentracije žvepla v padavinah niso le zaradi različnega obdobja, na katerega se nanašajo, temveč so bržkone tudi posledica različne reprezentativnosti enih in drugih podatkov. Ne glede na to pa prvi in drugi potrjujejo osnovno nesorazmerje med žveplovimi emisijami in imisijami, oziroma med oddanim in prejetim žveplom. Razlike med obema računoma so naslednje:

Po naših analizah pade v SRS na leto (velja za obdobje 1985–1987) povprečno 12,3 g žvepla na kvadratni meter ali 12,3 tone/km², v vsej Sloveniji pa 250 000 ton (249 075), kar je 2,5-krat več od lastnih emisij. To je 125 kg na prebivalca (računajoč z dvema milijonoma) ali prav toliko na hektar (tabela 2).

Po podatkih, zbranih na HMZ, pa pade na leto (velja za obdobje 1980–1985) povprečno 9,8 g žvepla na kvadratni meter, kar je skoraj 10 ton/km² ali na vsem ozemlju 205 500 ton, kar je dvakrat več od lastnih emisij. To je hkrati 100 kg žvepla na prebivalca oziroma prav toliko na hektar.⁸

3.4. Količine padlega žvepla v SR Sloveniji v primerjavi z Evropo

Kakor smo pravkar izračunali, prejme Slovenija na leto povprečno 9,8 g oziroma 12,3 g žvepla na kvadratni meter. Če upoštevamo vmesno vrednost (11 g) in jo primerjamo z razmerami drugod po Evropi, kakor jih prikazuje priložena, po N e w S c i e n t i s t u (1987) povzeta karta (risba 3), vidimo, da se Slovenija uvršča med ozemlja, ki prejemajo daleč največje količine žvepla. Tolikšne količine, kakor smo jih izračunali za Slovenijo, naj bi v Evropi prejela le tri območja, znana po klasični, a intenzivni industrijsko-energetski strukturi (Češka s Šlonskom in Doneško območje).

Toda po omenjenem viru naj bi Slovenija prejela skoraj dvakrat manj žvepla, kakor smo izračunali po naših podatkih, torej ne 11 g/m², temveč 6 g, kar jo pa vseeno uvršča med padavinsko nadpovprečno žveplaste pokrajine, saj večina Evrope prejema manj žvepla od nje.⁹ Po tem viru pade v Sloveniji na leto šestkrat več žvepla kakor na Portugalskem, štirikrat do šestkrat več kakor v Španiji, štirikrat več kakor v večini Francije, dvakrat več kakor v Švici, Avstriji, Madžarski itd. Na Norveškem naj bi padlo 6-krat do 12-krat manj žvepla kakor v Sloveniji, razen na skrajnem jugu, kjer ga pade 4-krat manj. Podobno velja za Švedsko in Finsko. Pravzaprav naj bi večina Srednje Evrope, ki je z žveplom sicer najbolj obremenjena, prejela manj žvepla od Slovenije. Tudi drugi deli naše države naj bi po teh podatkih dobivali vsaj dvakrat manj žvepla, če ne še manj.

8 Nerazčiščeno je vprašanje, koliko žvepla odnašajo vode iz Slovenije. Čeprav razpolagamo s številnimi analizami žvepla v vodah, ostaja odprto, koliko ga izvira iz kamenin ali prsti in koliko iz suhega oziroma mokrega usedanja neposredno iz atmosfere (risba 4). Odprto je tudi kroženje žvepla preko organskega sveta (C o l i n v e a u x, 1973). V ospredju našega zanimanja je seveda le sedimentacijska narava tega kroženja.

9 Visok specifični dotok padavinskega žvepla, čeprav ni v celoti avtohton, na svojevrsten način kaže ne le naravovarstveno, temveč tudi gospodarsko zaostalost Slovenije v primerjavi z zahodno ali srednjo Evropo. Še posebej, če primerjamo specifične vrednosti padavinskega žvepla z različnimi ekonomskimi kazalci, npr. s specifično porabo energije, narodnim dohodkom ipd.

Tab. 2 Antropogeno kroženje žvepla v pokrajinskem okolju SR Slovenije in njegova bilanca

Table 2. Anthropogenic circulation of the sulphur and its balance in the landscape environment of the S.R. of Slovenia

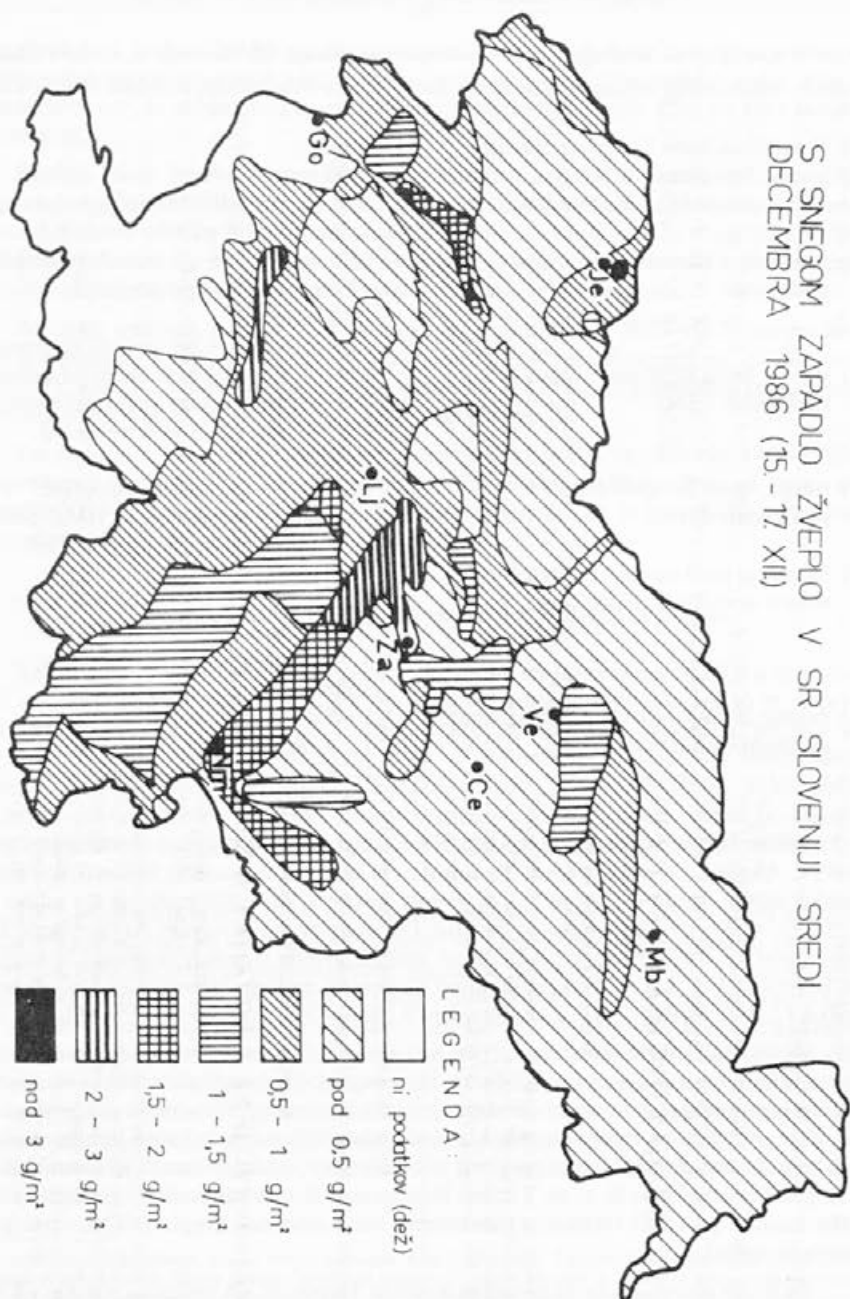
| | |
|--|---|
| 1) Povprečna letna količina padavin | 1500 mm |
| 2) povpr. letna emisija SO ₂ | 200 000 ton |
| 3. spec. emisija SO ₂ oziroma S na leto | a) SO ₂ 10 g/m ² ali 10 t/km ² b) S: 5 g/m ² ali 5 t/km ² |
| 4) povprečna koncentracija sulfatov v padavinah | a) 24,6 mg/l SO ₄ – po lastnih podatkih b) 19,6 mg/l SO ₄ – po podatkih HMZ SRS c) 22,1 mg/l SO ₄ – po srednji vrednosti |
| 5) povpr. letna količina žvepla v padavinah v SRS | a) 249 075 ton (2,5-krat večja od emisije) b) 202 500 ton (2-krat večja od emisije) c) 225 787 ton (2,25-krat večja od emisije) |
| 6) povpr. spec. količina žvepla v padavinah na leto | a) 12,3 g/m ² – po lastnih podatkih b) 9,8 g/m ² – po podatkih HMZ SRS c) 11,0 g/m ² – po srednjih podatkih |
| 7) razmerje med emisijo ter avtohtonim suhim in mokrim depozitom | 2 : 1 : 1 a) SO ₂ = 200 000 ton : 100 000 ton : 100 000 ton b) S = 100 000 ton : 50 000 ton : 50 000 ton |
| 8) razmerje med avtohtonim in alohtonim žveplom v padavinah | a) 1 : 5 po lastnih podatkih b) 1 : 4 po podatkih HMZ SRS c) 1 : 4,5 po srednji vrednosti |

Toliko žvepla kakor Slovenija naj bi v Evropi prejemale le pet območij (severna Italija, Anglija, Doneški bazen, Podmoskovje ter prej omenjeno industrijsko-energetsko osrčje Srednje Evrope). Več žvepla kakor v Sloveniji pade na tla edino na Češkem, v Šlonsku in Doneškem bazenu. Podobne podatke navaja Atmospheric Environment 18, 1984 (Moore 1986). Spec. emisije žvepla (ton/km²/leto) naj bi znašale za Evropo 2,5–3, kar je dvakrat manj od Slovenije, za Vzh. Nemčijo 20,5, Češkoslovaško 12, Vel. Britanijo 11, Zah. Nemčijo 8, Italijo 5,2, Poljsko 4,5, Francijo 3,2 itd.

Vzroki za tolikšne količine žvepla, ki padejo v Sloveniji, so na eni strani v relativno velikih emisijah žveplovega dioksida, nastajajočih zaradi zastarele in ekstenzivne oziroma energetske potratne industrije, zaradi njene proizvodne in druge strukture, ki je obdržala še močne poteze klasične industrializacije, kakršna je bila za srednjo in zahodno Evropo značilna pred več desetletji, nadalje zaradi industrijskih in energetskih objektov, ki so še v celoti brez ustreznih čistilnih naprav, pa tudi zaradi rabe fosilnih goriv, ki vsebujejo razmeroma visok odstotek žvepla (slabše vrste premoga in nafte).

Na drugi strani so vzroki za velike količine žvepla, ki jih padavine spirajo na tla, v goratosti Slovenije oziroma v dolinsko-kotlinski legi glavnih virov žveplovih emisij in z njo povezanih temperaturnih inverzijah ter drugih neugodnih klimatskih potezah, ki emisije žveplovega dioksida slabo razpršujejo. Vzroki so tudi v humidnosti Slovenije, posebno v njenih orografsko okrepljenih padavinah, ki so med največjimi

S SNEGOM ZAPADLO ŽVEPLO V SR SLOVENIJI SREDI
DECEMBRA 1986 (15. - 17. XII)



2

Risba 2. S snegom zapadlo žveplo v SR Sloveniji sredi decembra 1986

Fig. 2. Amount of the sulphur introduced with the snowfall (in g/m² of sulphur) in the S.R. of Slovenia by mid-December 1986

v Evropi in ki tudi ob manjših koncentracijah SO_2 spirajo iz ozračja večje količine žvepla. Pri tem pripomore tudi sam mehanizem orografskih padavin. Predvsem pa ne smemo prezreti razmeroma neugodne lege Slovenije glede na prevladujočo usmerjenost onesnaženih zračnih gmot, ki dotekajo bodisi iz Srednje, Zahodne pa tudi Mediteranske Evrope, še posebno iz bližnje, močno industrializirane severne Italije, odkoder se onesnažene zračne gmote neovirano širijo do naših krajev, kjer se zadržujejo, ko ob alpsko-dinarskem stiku naletijo na orografsko oviro.¹⁰ Odtod v naših padavinah nekajkrat večji delež alohtonega žvepla v primerjavi z avtohtonim. Suhlega usedanja žvepla pri tem niti ne upoštevamo.

3.5. Razporeditev žvepla po Sloveniji, padlega z decembrsko snežno odejo

Decembra 1986 je s snežno odejo padlo v Sloveniji več kot 12 000 ton žvepla ali povprečno 0,6 g na kvadratni meter (oziroma 6 kg/ha ali 0,6 t/km²), vendar so bile med posameznimi pokrajinami velike razlike, kajti žveplo se je razporedilo zelo neenakomerno. Nekateri kraji so ga dobili le neznatne količine, drugi precej večje (karta 2.). Razlike so se gibale od 0,07 g do 1,6 g/m², torej v razmerju 1:23, padavine pa v razmerju 1:14. Če zanemarimo nadrobnosti, se kaže naslednja podoba.¹¹

Od severovzhodne Slovenije, ki je prejela najmanj žvepla (100 do 300 kg na km²), so se količine postopoma povečevale do osrednje Slovenije, kjer so bile nekajkrat večje in so znašale povprečno okoli 1000 kg na km², ponekod pa tudi za polovico več (okoli 1500 kg/km²). Odtod so se proti zahodni in jugozahodni Sloveniji količine padlega žvepla ponovno zmanjševale, vendar so ostajale povečini na povprečni ali celo rahlo nadpovprečni ravni (500–800 kg/km²). Visoki kras, kjer je bila snežna odeja sicer najdebelejša, ni prejel največ žvepla, vendar pa je zunanji, jugozahodni rob snežne odeje večinoma vseboval vsaj povprečno količino.

Poleg značilne razporeditve žvepla od primorske proti notranji in severovzhodni Sloveniji, se kaže še druga razporeditev, potekajoča pravokotno na prvo, ko so se količine padlega žvepla stopnjevale od severozahoda proti jugovzhodu. Tako je najmanj žvepla prejel alpski svet (z izjemo jeseniškega območja), več osrednja Slovenija, največ pa jugovzhodni del (Dolenjska, Kočevska in Bela krajina), čeprav je v tem delu Slovenije najmanj emisij SO_2 . Tako razporeditev povezujemo s takrat prevladujočimi severozahodnimi vetrovi, ki naj bi žveplave emisije potisnili od severozahodnega, industrijskega dela osrednje Slovenije nad pretežno agrarni, jugovzhodni del (R a d i n j a, 1987a), kakor potrjujejo tudi sinoptične karte za ta čas (arhiv HMZ SRS).

Na splošno pa je največ žvepla prejela osrednja Slovenija, ležeča na notranji strani Visokega krasa, ki so ga zračne gmote prečkale in pri tem okrepile padavine ter

¹⁰ Ni naključje, da vsebujejo padavine v Koprskem Primorju pogosto zelo visoke koncentracije žvepla. In to ne le v mesečnih padavinah (B o n a č, 1987), temveč tudi posamičnih (R a d i n j a, 1988).

¹¹ Kako različna je bila žveplasta sestava decembrske snežne odeje, kaže že to, da je bila desetina vzorcev brez sulfatov in šestina jih je imela manj kot 10 mg/l, povprečje pa je vseeno znašalo skoraj 40 mg/l. Kako različna je tudi sicer sestava naših padavin, se vidi po tem, da je med 719 vzorci, analiziranimi 1986, in 1987. leta, znašal razpon preko 300 mg/l in da je bila petina vzorcev brez sulfatov, trije odstotki pa so jih imeli preko 100 mg/l, povpreček pa je znašal nekaj čez 30 mg/l. Tudi v tem pogledu se zrcali izredna pokrajinska pestrost Slovenije. Zato so tudi povprečja, ki jih dobimo iz tako različnih vzorcev, precej abstraktna. V pokrajinsko enoličnejših evropskih deželah je žveplavost padavin ne le nižja, temveč tudi bolj enakomerna (I z r a c l, 1983).

precej izprale ozračje tudi na njegovi notranji strani. Znotraj osrednje Slovenije pa največ žvepla nista prejela njen severozahodni in osrednji del, temveč jugovzhodni. Če izvzamemo Jesenice, je največ žvepla prejelo območje med Ljubljano in Trbovljami, v severovzhodni tretjini Slovenije pa poleg ožjega Zasavja še Velenjska kotlina, ne pa tudi Celjska in tudi ne mariborsko območje.

V grobem bi lahko rekli, da se v razporeditvi padlega žvepla prepletajo vsaj štirje vplivi. Najprej vpliv alohtonega onesnaževanja, ki se na zahodni strani Slovenije kaže ne le s povprečnimi količinami žvepla, temveč tudi z dvema progama nadpovprečnih: prva poteka v smeri od Furlanske nižine oziroma Vidma proti zahodu, druga v smeri od Tržaškega zaliva oziroma Trsta in Tržiča proti severovzhodu. V osrednji Sloveniji se kaže tudi vpliv avtohtonega onesnaževanja, zlasti v spodnjem delu Ljubljanske kotline, v osrčju Zasavja in v Velenjski kotlini. Naposled se kaže še vpliv severozahodnih in zahodnih vetrov, ki so v osrednji Sloveniji območje večje onesnaženosti prestavili z Gorenjske na Dolenjsko in od zahoda proti vzhodu (vzhodno od Ljubljane, vzhodno od Velenjske kotline). Pomembna je seveda tudi sama razporeditev padavin.

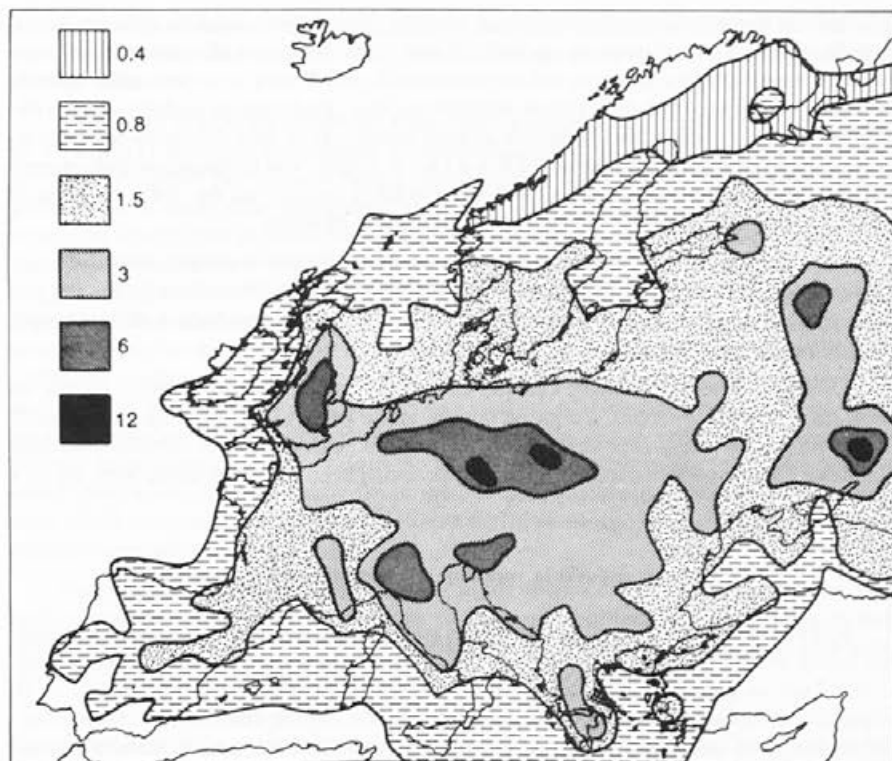
3.6. Vprašanje suhega in mokrega odlaganja žvepla

Žveplov dioksid, ki z dimnimi in drugimi plini uhaja v ozračje, se ne pretvori ves v kislino in se ne vrača v celoti s padavinami na tla, temveč se ga del vrne, ne da bi se pretvoril, torej v plinasti oziroma suhi obliki. Delež enega in drugega je od pokrajine do pokrajine različen. Nad pretežnim delom Evrope naj bi se večina žveplovega dioksida usedala na tla v suhi obliki (F. Pearce 1987). V humidni oziroma dobro in pogosto namočeni Sloveniji moremo pričakovati, da suho usedanje žvepla bržkone ne prevladuje, ima pa vseeno pomemben delež. Ne gre pa le za količinska razmerja, saj gozdarji menijo, da je za gozdove glavni škodljiv faktor onesnaženega ozračja suhi depozit in ne mokri (Š o l a r, 1983, 1986, S c h r ö d e r, 1985).

Da bi delež enega in drugega žvepla določneje opredelili, smo opravili več posebnih analiz. Med drugim smo primerjali vsebnost žvepla v padavinah in strešnici; torej v deževnici, preden pride v stik s podlago, in potem, ko že steče prek strehe ali kamnitih tal.

Analize kažejo, da se deževnica, ko steče prek strehe, praviloma navzame večje ali manjše količine žvepla. Čeprav je s streho v dotiku le nekaj dolžinskih metrov, se količina žvepla poveča tudi za več deset odstotkov, kar je v primerjavi s potjo dežja skozi ozračje (npr. z višine tisoč metrov) neprimerno krajša pot, približno v razmerju 1:200, medtem ko je razmerje med količino v ozračju in na strehi pridobljenega žvepla (deževnica – strešnica) manj kot 1:10, pogosto 1:2 ali vsaj 1:3. Poleg tega tudi te analize potrjujejo podobne razlike v količini žvepla med padavinami v topli oziroma hladni (kurilni) polovici leta.

Vzporedne meritve žvepla v deževnici in strešnici, opravljene v zadnjih štirih letih, kažejo, da so razlike odvisne predvsem od emisij SO_2 (onesnaženosti ozračja) in vremenskih razmer, zlasti od tega, koliko časa pred analiziranim dežjem ni bilo padavin in se je žveplo nemoteno nabiralo na strehi. Količine žvepla se v strešnici zmanjšujejo potem, ko je streha že izprana, torej po dalj časa trajajočem dežju. Nasploh pa razlike med žveplom v deževnici in strešnici nazorno opozarjajo na delež suhega



Risba 3. Povprečna letna količina zapadlega žvepla v Evropi (g/m^2). Po F. Pearce-ju 1987

Fig. 3. Total amount of deposited sulphur in Europe during one year (in g/m^2). According to F. Pearce 1987

usedanja žvepla iz ozračja na tla. Čeprav se je tovrstnih analiz nabralo doslej več kot sto, so prostorsko (po Sloveniji) in zlasti časovno (preko leta) premalo razširjene, da bi bile reprezentativne za Slovenijo kot celoto, za prvo orientacijo pa vendarle služijo.¹² Kažejo namreč, da se koncentracija žvepla v strešnici zaradi suhega depozita v primerjavi z deževnico poveča sicer zelo različno, od 3 do 141 odstotkov, povprečno pa za okoli 40 odstotkov. Povečanje bi bilo še večje, če ne bi veter odnašal suhega depozita s streh. Manj izrazite od povprečnih so ekstremne razlike. Kajti največje doslej izmerjene koncentracije sulfatov v deževnici se sušejo okoli 300 mg/l , v strešnici pa presegajo 400 mg/l , kar je več od dovoljene mere za pitno vodo (Ur. list SFRJ 1980, št. 9).

Tudi analize deževnice, ki je na matičnem Krasu v okolici Lokve tekla v različnih vremenskih razmerah po več metrov dolgem kraškem žlebu (škraplji), so pokazale podobno, čeprav nekoliko nižje naraščanje žvepla.¹³

Druga vrsta tovrstnih raziskav so analize sulfatov v sveži deževnici in tisti, ki je

12 Največ analiz je bilo doslej opravljenih v Ljubljani, Trbovljah in Mežiški dolini (R a d i n j a, 1985a, 1987b, 1988).

13 Ugotovitve bodo objavljene na drugem mestu.

bila več dni izpostavljena onesnaženemu ozračju. V slednji so količine sulfatov narasle tudi za več deset miligramov na liter. V isto vrsto spadajo tudi analize destilirane vode, izpostavljene na prostem več nepadavinskih dni. V njej se je prav tako nabralo po več deset ali vsaj več miligramov sulfatov na liter. Podobne so nadalje analize destilirane vode, s katero smo izplaknili prazno skledo, ki je bila določeno obdobje izpostavljena onesnaženemu ozračju (R a d i n j a 1988). Vse te raziskave dokumentirajo razmeroma intenzivno suho usedanje žvepla iz ozračja na tla, težje pa je na ta način določiti delež suhega depozita v primerjavi z mokrim.

Ne nazadnje so na intenzivnost suhega usedanja žvepla iz ozračja opozorile tudi analize snežne odeje sredi decembra 1986. Zgornja plast snežne odeje je namreč ponekod že po nekaj dnevih vsebovala tudi za 30 odstotkov povečano količino žvepla (R a d i n j a. 1987a).

Dosedanje raziskave torej kažejo, da v naših razmerah suhi depozit žvepla ne zaostaja mnogo za mokrim. Če ga ne doseže ali ne preseže, je navadno zaradi usedlin, ki jih zaradi odnašanja vetra v strešnici nismo registrirali. Pri računih smo zato upoštevali, da se polovica naših, torej lastnih emisij žveplovega dioksida vrne na tla v suhi obliki.

3.7. Žveplavost padavin in vprašanje zakisanosti pokrajinskega okolja

Kakor smo ugotovili, naj bi Slovenija s padavinami prejela zelo veliko žvepla, več kakor večina Evrope. Uvrščala naj bi se potemtakem med tiste evropske dežele, ki dobivajo na površinsko enoto v letu dni največ padavinskega žvepla. Glede na to bi pričakovali, da bo naše okolje že zaradi tega med najbolj načetimi in prizadetimi. Dejansko pa ni tako, saj je okolje v marsikateri evropski deželi, ki dobiva mnogo manj padavinskega žvepla, veliko bolj prizadeto. Nazoren primer je Švedska, ki po že omenjenem viru dobiva v severnem delu okoli 0,5 g žvepla na kvadratni meter, v srednjem delu 0,8 in v južnem 1,5 g, kar je nekajkrat manj kakor v Sloveniji (od 4-krat do 15-krat manj), negativne posledice pa so v tamkajšnjem pokrajinskem okolju neprimerno večje.

Zaradi silikatnih kamenin in drugih pokrajinskih potez (klimatskih, hidroloških, pedoloških itd.) se namreč na Švedskem v veliko večji meri kaže povezava med padavinskim žveplom in kislim dežjem ter zakisanim okoljem sploh, zlasti prsti in voda, posebno jezer. To se kaže v tolikšni meri, da je zlasti v slednjih življenje močno prizadeto, posebno življenje rib, ki so iz močno zakisanih jezer takorekoč izginile. Poleg jezer so kislji tudi potoki (s pH 4–5) z vsemi posledicami vred. Mehanizem vseh teh procesov so doslej v marsičem že osvetlili (P e a r c e, 1987).

Vsega tega v Sloveniji ni, saj zanjo še niso značilne oziroma prevladujoče kisle padavine. In to kljub obilici žvepla, ki ga vsebujejo. Kakor kažejo analize, je kislih padavin (pH < 5,6) približno petina, medtem ko jih ima pH pod 5 le nekaj odstotkov (Radinja 1987a, 1988). V našem pokrajinskem okolju se potemtakem zakisanje še ni razširilo tako, kakor bi pričakovali po žveplavosti ozračja in padavin. Zakisanje ni zajelo niti padavin in še manj voda ali drugih sestavin okolja. Na eni strani se zato kaže izrazito nesorazmerje med emisijami žveplovega dioksida v zraku oziroma sulfatov v padavinah in na drugi strani nezakisanostjo padavin, voda in drugih členov naravnega okolja. O kislih vodah ne moremo govoriti niti v trboveljskem, celjskem, mežiškem

in drugih najbolj onesnaženih območjih (R a d i n j a, 1985 a, 1987 c) in tudi ne o kislih jezerih (R a d i n j a, 1984, 1980–1987), čeprav so stoječe vode za zakisanje najbolj občutljive.

Vzroke za omenjena nasprotja kaže iskati v pokrajinski strukturi Slovenije, zlasti v njeni (1) pretežno karbonatni kameninski sestavi, ki bodisi posredno ali neposredno nevtralizira zakisavanje okolja, zlasti prsti in vode.¹⁴ Poleg litološke sestave so pomembne še druge črte pokrajinske strukture. Takšne so tudi (2) klimatske poteze z izrazitimi letnimi časi in dinamičnim temperaturnim režimom, vključno z močno spremenljivimi in obdobjno visokimi temperaturami, kar v pokrajinskem okolju stopnjuje intenzivnost kemičnih in drugih transformacijskih procesov. Podobno velja za njeno humidnost in vlažnostno-temperaturne indekse, prav tako pa tudi za (3) hidrološke poteze (z naglim kroženjem in obnavljanjem vode), kar skupaj (4) z večjimi hipsografskimi razlikami in dobro razčlenjenim reliefom stopnjuje kroženje materije in energije, to pa vsestransko krepi razvojno dinamiko celotnega pokrajinskega kompleksa, vključno s sulfurnim. Pomembna je nadalje (5) izrazitost pedogenetskega procesa in pestrost pedološke odeje. Še posebno pa je pomembna (6) velika pestrost samih pokrajinskih kompleksov, ki je med drugim zasnovana s širšim prepletanjem med seboj zelo različnih sestavnih delov, kakršni so alpsko-dinarski, subpanonski in submediteranski svet.

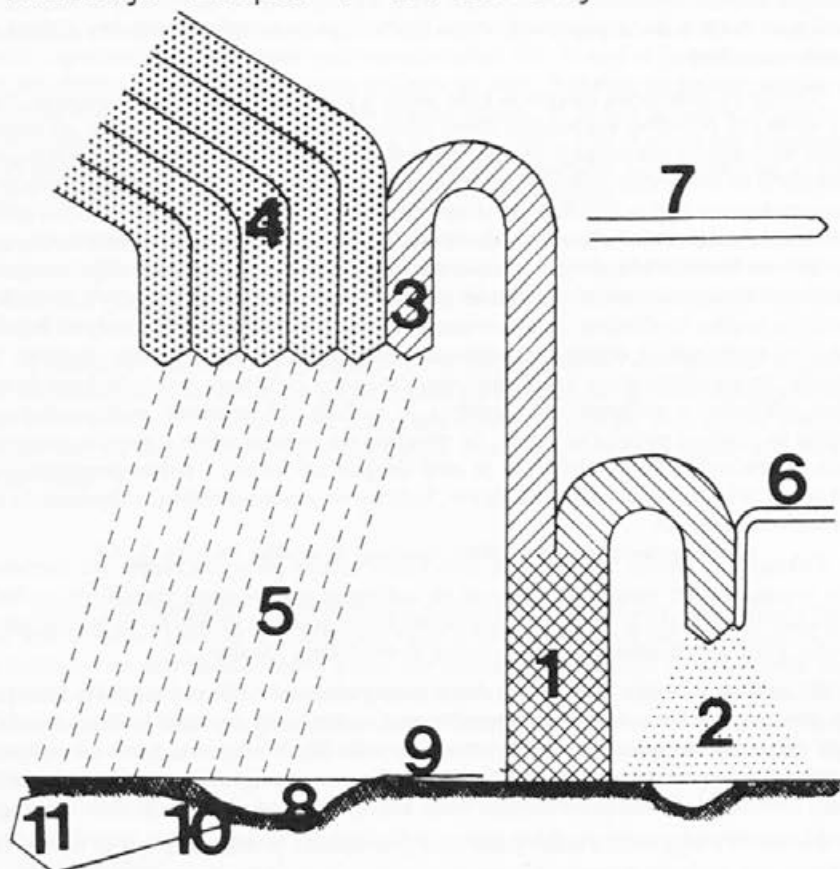
Pokrajinsko okolje Slovenije je zato kljub večjim emisijam žvepla ter tovrstno večji onesnaženosti ozračja in padavin za zakisanje okolja manj transferno in bolj nevtralizacijsko. Zato je kislih padavin malo, kislih voda pa praktično ni in tudi zakisovanje prsti zaradi onesnaževanja okolja je kvečjemu lokalno.

Za zakisanje okolja je med bolj dovtetnimi potezami naših pokrajinskih struktur šteti kvečjemu večjo reliefno in atmosfersko (inverzijsko) zaprtost kotlinsko-dolinskega sveta znotraj goratega, razširjenost naravno kislih prsti, vključno s kraškimi, ter večji delež iglastega gozda in druge acidofilne vegetacije. Sem spada tudi protislovna značilnost, kakršno sestavljajo kisle kraške prsti na sicer karbonatni podlagi.

Pač pa so s tega vidika manj jasne tiste pokrajinske poteze, ki procese mokre faze žveplastih padavin hitreje in intenzivneje razvijajo (hitrejše pretvarjanje SO_2 v SO_4 in H_2SO_4), bodisi zaradi večje humidnosti in klimatske spremenljivosti oziroma periodičnosti okolja ter procesov, povezanih z orografskimi padavinami.

Razmerje med alohtonim in avtohtonim žveplom kaže, da k okrepljenemu dotoku le-tega pripomore predvsem položaj Slovenije. Ta je tranziten in odprt za onesnažene zračne gmote, obenem pa zanje tudi zaježujoč, za kotlinsko-dolinski svet znotraj nje pa hkrati zatišen in zaprt ter degradacijsko manj zmogljiv. Vse to v Sloveniji sicer stopnjuje odlaganje padavinskega žvepla, hkrati pa zakisanje okolja bistveno zavira zaradi njene pokrajinske strukture. Glede na dotok žvepla od drugod bi bila Slovenija ob drugačni pokrajinski sestavi na slabšem od Švedske in njej podobnih pokrajin severne Evrope. Vendar se na tovrstno tolerančnost našega okolja ne kaže preveč zanašati že zaradi vse večjih posrednih in kumulativnih učinkov, ki jih po ana-

¹⁴ Kar velja nasploh, se nazorno kaže zlasti lokalno. Tako so v okolici cementarn, apnenic in večjih kamnolomov laporja, dolomita ali apnenca pogosto zelo alkalne padavine, ki so velikokrat tudi »trde« (s cel. trdoto 4–5 °NT). Nazoren primer so močno alkalne padavine v okolici trboveljske cementarne, ki vsebujejo občasno izjemno visoke vrednosti pH (preko 10 in tudi 12), čeprav so zaradi sosednje termoelektrarne zelo onesnažene s sulfati in drugimi primesmi (R a d i n j a, 1985a).



- 1 Emisija SO₂ 200.000 ton letno - izgorevanje fosilnih goriv itd.
- 2 Suhi depozit SO₂ 100.000 ton letno.
- 3 Avtohtoni mokri depozit žvepla 50.000 ton letno.
- 4 Alohtoni mokri depozit žvepla 200.000 ton letno.
- 5 Padavinsko žveplo 250.000 ton letno - delno kisle padavine.
- 6 Alohtoni suhi depozit žvepla (količinsko nejasen).
- 7 Žveplo, ki se odnaša izven Slovenije (količinsko nejasno).
- 8-10 Jezera, reke, podzemeljske vode - še neraziskane.
- 11 Odnašanje žvepla z vodami (količinsko nejasno).

Risba 4. Kroženje žvepla v SR Sloveniji
 Fig. 4. Circulation of the sulphur in the S.R. of Slovenia

logiji pravzaprav bolj slutimo kakor poznamo. Dosedanji gospodarski razvoj pa, žal, temelji vse preveč ravno na tem, saj čiščenje onesnaženega okolja prepušča kratkoročno naravi. Ne glede na to postaja očitno, da je podaljševanje sedanjih degradacijskih procesov čedalje manj smotrnino in manj perspektivno ne le s širšega, posrednega oziroma ekološkega (naravovarstvenega) vidika, temveč tudi neposrednega oziroma ekonomskega.

Odlaganje padavinskega žvepla, ki po prisposodbi ustreza dvema ali celo trem 50-kilogramskim vrečam letno na hektar površja, spominja na podobno količino umetnih gnojil, ki jih prejema hektar kmetijskih tal. S tem v zvezi pogrešamo raziskav o tem, kako »gnojenje«, ki je posledica onesnaževanja ozračja z žveplom, v naših pokrajinskih strukturah vpliva na okolje in njegove sestavne dele, saj mora imeti zelo različne in ne le negativne posledice (P e a r c e, 1982). Ne gre le za to, da je tovrstnih raziskav za kolikor toliko zaokroženo geografsko podobo premalo, temveč tudi za to, da so bodisi presplošne ali preveč specializirane. Pogosto so tudi enostranske, bodisi zaradi omalovaževanja za okolje negativnih posledic ali pa zaradi njihovega pretiravanja. Kaže, da se najtežje prebijajo uravnovešeni pogledi, saj je tudi nekaj geografskih interpretacij precej enostranskih. Tudi takrat, ko obravnavamo onesnaženost okolja, moramo več pozornosti posvečati pokrajinskim strukturam, če hočemo prispevati k razjasnjevanju konkretne degradacijske problematike.

S tega vidika se kot osnovna lastnost Slovenije kaže na eni strani njena močno nadpovprečna obremenjenost s padavinskimi in drugim žveplom, na drugi pa njena močno podpovprečna zakisanost oziroma nezakisanost. Omenjeno nasprotje oziroma protislovje kaže svojevrstno toleranco okolja, ki je očitno posledica njene pestre in hkrati zelo dinamične pokrajinske strukture. Kaže, da smo na to premalo pozorni in pri razlagi posameznih degradacijskih pojavov tudi preveč enostranski. Pri nadaljnjih raziskavah bo treba zato več pozornosti usmeriti v razlike, ko gre za sulfurno onesnaženost ozračja in padavin v zakisanem oziroma nezakisanem okolju.

Literatura

- B o n a č, M., R a j h - A l a t i č, Z., 1976, Primerjava rezultatov analiz padavin treh različnih krajev v Sloveniji, Razprave DMS, 20, 1, Ljubljana.
- B o n a č, M., 1987, Kemijske analize padavin (gradivo), Arhiv HMZ SRS, Ljubljana.
- C o l i n v e a u x, P., 1973, Introduction to ecology.
- G a m s, I., 1986, Osnove pokrajinske ekologije, Ljubljana.
- G l e n n y, M., 1987, Living in Socialist Smog, New Scientist, 116, št. 1579, London.
- H r č e k, D., 1986, Stanje onesnaženosti zraka v SR Sloveniji, HMZ SRS, Arhiv, Ljubljana.
- I z r a e l, J. A. in drugi, 1983, Kislotnye doždi, Leningrad.
- M o o r e, J. W., 1986, The Changing Environment, New York.
- N o v a k, P., 1986, Kakovost življenja, energija, okolje in čas na Slovenskem (xerox), Ljubljana.

- O d u m, E., 1971, *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia.
- P e t k o v š e k, Z., 1977, Določanje emisije SO₂ in izračun emisijskega potenciala za nekatere kotline v Sloveniji, *Razprave DMS*, 21, 1–2, Ljubljana.
- P e a r c e, F., 1982, The menace of acid rain, *New Scientist*, 95, 111, London.
- P e a r c e, F., 1987, Acid Rain, *New Scientist*, 116, št. 1585, London.
- R a d i n j a, D., 1984, Alpine Lakes in Yugoslavia, *Geogr. Jugoslavica*, V. 1983, Lj.
- 1985a, Onesnaženost padavin v trboveljski občini. V elaboratu: Vplivi in učinki onesnaževanja okolja v trboveljski občini, IGU, Ljubljana.
 - 1985b, Onesnaženost trboveljskih voda. V elaboratu: Vplivi in učinki onesnaženega okolja v trboveljski občini, IGU, Ljubljana.
 - 1987 a, Snežna odeja v SR Sloveniji sredi decembra 1986 ter vprašanje onesnaženost našega okolja, *Geogr. vestnik*, 59, Ljubljana.
 - 1987 b, Regionalne značilnosti degradiranega okolja v Mežiški dolini (onesnaženost padavin), IGU, Raz. nal., Ljubljana.
 - 1987 c, Degradacija okolja v Spodnji Mežiški dolini, Raz. nal. IGU, Lj.
 - 1988, Analize padavin v Sloveniji 1984–1988 (gradivo, tekoča raziskava), Odd. za geogr. FF, Ljubljana.
 - 1980–1987, Letna poročila o raziskavah Bohinjskega in Blejskega jezera, IGU, Ljubljana.
- R a m a d e, S., 1987, *Éléments d'écologie appliquée*, Paris.
- Š o l a r, M., 1983, Dvodnevno posvetovanje o vplivu kislega dežja na kmetijstvo in gozdarstvo, *Gozd. vestnik* 4, Ljubljana.
- Š o l a r, M. in sod., 1986, Onesnaženje zraka in propadanje gozdov v Sloveniji, Inštitut za gozd. in lesno gospodarstvo (tipkopis), Ljubljana.
- S c h r ö d e r, V., 1985, Direct effect of air pollution SO₂ on plants.
- 1988, Dnevne višine padavin po ombrometru za december 1986, Arhiv HMZ SRS, Ljubljana.

**ABOUT THE TECHNOGENIC CIRCULATION OF SULPHUR AND ITS
BALANCE VALUES IN THE LANDSCAPE ENVIRONMENT OF THE
SOCIALIST REPUBLIC OF SLOVENIA (NW JUGOSLAVIA)**

Darko R a d i n j a

(Summary)

The study starts with observation that – on December 1986 (with the average amount of 48 mm of snow-fall in the S. R. of Slovenia with its 20 000 km²) – as much as 12 675 tonnes of sulphur or 0,6 g/m² viz. 6 kg per hectar were deposited. That was much above the average since one thirtieth part of the yearly precipitation has yielded one sixteenth part of the total annual deposition of the sulphur from the air, thus revealing the above – the – average pollution of the air and of precipitations during the winter period.

The then registered amount of the sulphur is compared with the average yearly amount that is 225 000 tonnes or 11 g/m² (110 kg per hectar) and is among the highest in Europe as demonstrated by several recent analyses. It does also exceed Slovenia's own emissions of the SO₂ i.e. some 200 000 tonnes (or 100 000 tonnes of sulphur) which is 2,2 times less. Precipitations introduce thus to the soil four and a half times more of the sulphur considering the fact that one half of the regional emissions is returned to the soil in the dry form (dry deposits) as it has been established by the analyses of the rain-water (including that from the roof-tops). So the gap to the total registered amount results from the supply from other regions. The balance is 1 : 4 in favour of the alochtonous sources of sulphur.

The annual amount of the deposited sulphur per territorial unit is among the highest measured in Europe. The reason is not only the plentiful general supply of precipitation, itself increased by orographic precipitations (among most abundant in Europe) but also the large share of the sulphur – both autochtonous and alochtonous-washed down from the atmosphere. The amount of the former is large due to the (geographical) position of Slovenia in Europe and, of the second, because of the level of industrial development in Slovenia (characterised also by extensive features such as: the greater specific consumption of energy, the use of sulphurous coals, the unfavourable structure of industries) but also because of the location of main sources of pollution with sulphur in the valleys and basins with more frequent stagnation of the air and temperature inversions which hamper dispersion.

In spite of all this, however, the waters and other elements of the environment are not acid. The study attributes this fact to the dynamic and variegated landscape structure of Slovenia, notably to its mainly carbonate rocks, greater humidity, rapid regeneration of the waters etc.