

GDK: 181.45 : (497.12 Zasavje)

Naravne danosti, onesnaževanje okolja in stanje vegetacije na območju Zasavja

Natural Allotments, Environmental Pollution, and State of Vegetation in Zasavje Area

Natalija VIDERGAR-GORJUP*, Franc BATIČ**

Izvleček:

Vidergar-Gorjup, N., Batič, F.: Naravne danosti, onesnaževanje okolja in stanje vegetacije na območju Zasavja. Gozdarski vestnik, št. 2/1999. V slovenščini, s povzetkom v angleščini, cit. lit. 47.

Zasavje leži v osrčju Posavskega hribovja in se v večji meri uvršča v predalpsko fitogeografsko območje. Pokrajina je močno zaznamovana z rudarjenjem in vzporednim razvojem industrije. Prav tradicionalna zasavska navezanost na premog, bazična industrija in neugodne meteorološke razmere pa so tudi pglavitni razlogi za veliko onesnaženost tega območja. Onesnaženost zraka v Zasavju spremljajo postaje analitsko-nadzornega alarmnega sistema in ekološko-informacijskega sistema Termoelektrarne Trbovlje. Poškodovanost vegetacije v Zasavju kažejo popisi gozdov, kartiranje lišajev, opazovanje vpliva fotooksidantov na samonikle in kulturne rastline, analize biokemijskih parametrov v iglicah smreke in sledenje težkih kovin. Prispevek predstavlja geomorfološke, podnebne in vegetacijske značilnosti Zasavja, pglavitne vire onesnaženja in povzema rezultate raziskav o onesnaženosti zraka, tal in vegetacije na tem območju.

Ključne besede: onesnaženost okolja, gozdni ekosistem, vpliv na gozd, Zasavje.

Abstract:

Vidergar-Gorjup, N., Batič, F.: Natural Allotments, Environmental Pollution, and State of Vegetation in Zasavje Area. Gozdarski vestnik, No. 2/1999. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 47.

Zasavje is situated in the hart of Posavje hills and is mainly placed in Prealpine phytogeographic region. Landscape is strongly marked by coal mining and parallel industry development. Traditional Zasavje's attachment to coal, its basic industry, and inconvenient meteorological conditions, are the main causes of vast pollution of the area. The air pollution in Zasavje has been monitored by the stations of analytical control alarm system, and ecological informational system of Trbovlje steam power station. The vegetation damage in Zasavje has been shown by forest records, lichen mapping, the monitoring of photo oxidants' influences on wild grown and cultivated plants, by analysis of biochemical parameters in spruce, and by tracing of heavy metals. This article presents geomorphological, climatic and vegetal characteristics of Zasavje region, its major pollution sources, and summarizes research results on air pollution, pollution of soil and vegetation of the area.

Key words: environmental pollution, forest ecosystem, influence on forest, Zasavje.

1 GEOMORFOLOGIJA

1 GEOMORPHOLOGY

"Zasavje leži v trboveljski sinklinali, sega pa še v osrčje trojanske in litijske antiklinale. Na izoblikovanje današnjega reliefa je močno vplivalo vrezovanje Save in njenih pritokov. Ti so se ravnali po tektonskih prelomih in selektivni eroziji, pri čemer je prišlo do številnih pretočitev" (VRIŠER 1963).

Jedra antiklinal sestavljajo karbonski glinasti skrilavci, peščenjaki in konglomerati. Navadno nastopajo skupaj s permskimi rdečimi peščenjaki in konglomerati. Permo-karbonski skrilavci so razkriti na temenih obeh antiklinal. V sinklinali so na triadno podlago odloženi terciarni sedimenti. Podlago tvorijo večinoma psevdoziljski skrilavci, ki so navadno podlaga srednjeoligocenskih premogonosnih plastí. Krovovina (laporji, apnenci in skrilavci) in modrikaste sive morske gline med Dolom in Laškím prehajajo v peščenjake, na zagorskem področju pa v peščene, prodnate in glinaste sedimente ali pa v apnence (VRIŠER 1963).

* mag. V.-G. N., dipl. biol.,
Občina Zagorje ob Savi, Cesta 9,
avgusta 5, Zagorje ob Savi, SLO

** prof. dr. F. B., Oddelek za
agronomijo, Biotehniška fakulteta,
Jamnikarjeva 101, Ljubljana, SLO

2 PODNEBNE RAZMERE

2 CLIMATE

Čista deževnica ima pri 20°C pH 5,6. Po mednarodnem dogovoru so kisle padavine tiste, pri katerih je pH manjši od te vrednosti. Kislost padavin je odvisna od razmerja anionov disociiranih kislin in kationov, ki izvirajo iz topnih soli. Od kationov v slovenskih padavinah prevladuje kalcij, od anionov pa sulfat in nitrat kot končna oksidacijska produkta žveplovih in dušikovih oksidov. Ti so v vodi zelo topni in so tudi glavni povzročitelji kislosti padavin, k čemur v manjši meri prispevajo tudi fluoridi, fosfati in organske kisline. Izredno velike depozicije žvepla in dušika, v povprečju 12 g/m², so pred leti namerili v okolici trboveljske cementarne (LEŠNJAK 1994). Zemeljski prah in drugi alkalni prašni delci v padavinah povečujejo koncentracijo alkalijskih in zemljo alkalijskih kovin Na, K, Ca in Mg ter tako zmanjšujejo kislost padavin. Podobno deluje tudi amonijev ion, le da ima ta večji vpliv v toplem delu leta. Podatki o količini in kislosti padavin v Zasavju so zbrani v preglednici 1.

EIS postaja <i>EIS station</i>	1993		1994		1995		1996	
	Kol. padavin <i>Ann. rain. (mm)</i>	pH	Kol. padavin <i>Ann. rain. (mm)</i>	pH	Kol. padavin <i>Ann. rain. (mm)</i>	pH	Kol. padavin <i>Ann. rain. (mm)</i>	pH
Kovk	702	4,86	999	4,80	1.246	4,60	/	4,54
Dobovec	752	5,06	1.119	4,73	1.311	4,69	/	4,73
Kum	640	6,09	673	6,65	1.030	6,12	/	5,53
Ravska vas	742	5,19	1.114	5,35	928	5,18	/	4,78
Lakonca	754	6,35	1.137	7,00	1.245	5,54	/	5,75
Prapretno	740	5,29	994	5,43	1.309	5,03	/	5,08

V ozkih zasavskih dolinah prevladujejo šibki vetrovi, pogosti so temperaturni obrati. V takih razmerah lahko tudi sorazmerno majhne emisije povzročajo občutno onesnaženost zraka. Lokalni temperaturni obrati nastajajo ob mirnem vremenu tudi pri skoraj popolni oblačnosti. Močnejše inverzije pa se pojavljajo pri jasnem in delno oblačnem nebu. Pogoji za njihov nastanek je slab veter tako pri tleh kot v višjih plasteh. Inverzija se oblikuje hitro in kmalu po sončnem zahodu sega že preko 100 metrov visoko. V času inverzije pride do sprememb v vertikalnem temperaturnem profilu, kar je odločilno za razporeditev onesnaženosti v zraku (PARADIŽ 1972). Glavna inverzijska plast, ki preprečuje širjenje dimnih plinov v višino, je pri razvitih inverzijah debela 10-30 metrov (MAČEK et al. 1972) in se običajno nahaja 200 do 280 metrov nad dnem doline (PLANINŠEK / RODE 1991). Jezera hladnega in onesnaženega zraka zapolnjujejo doline skoraj vsako mirno noč, včasih pa vztrajajo tudi nekaj dni. Ob razkroju inverzije se zrak dvigne in razprši v smeri vetra, ki piha nad dolinami. V višjih legah veter običajno piha s severozahoda, severa in zahoda ter Zidanemu Mostu, Radečam, Kumu, Hrastniku in njihovi okolici prinaša emisije TET in onesnažen zrak, ki se dviga ob razpadu temperaturnih obratov. Onesnažen zrak se delno zadrži na masivu Kuma.

3 VEGETACIJA

3 VEGETATION

Zasavje leži v prehodnem območju med Alpami in Dinaridi. Različni vplivi se zaradi izredno razgibanega terena tako prepletajo med seboj, da je težko razmejiti posamezna območja. Mala flora Slovenije iz leta 1984

Preglednica 1: Količina in pH padavin, izmerjena z avtomatskimi merilnimi postajami v Zasavju v letih 1993-1996 (PLANINŠEK 1994, 1995, 1996, 1997)

Table 1: The amount and pH of atmospheric precipitations recorded by Zasavje measurement stations in the years of 1993 to 1996 (PLANINŠEK 1994, 1995, 1996, 1997)

(MARTINČIČ / SUŠNIK) Zasavje uvršča v predalpsko fitogeografsko območje, kasneje pa so Kum in njegovo okolico vse do reke Save uvrstili v vzhodnodolenjsko območje preddinarskega podsektorja ilirske florne province (ZUPANČIČ et al. 1987, MARINČEK 1987). Združbe so povzete po Marinčku (1987), Smoletu (1988), Marinčku s sod. (1992) ter Marinčku in Zupančiču (1995).

V hribovju južno od Save najdemo preddinarske gozdove bukve in velike mrtve koprive (*Lamio orvalae-Fagetum* var. *geogr. Dentaria polyphyllus* Košir 1962), v njegovih najvišjih predelih (nad 900 metrov nadmorske višine) pa preddinarske visokogorske bukove gozdove (*Ranunculo platanifolii-Fagetum* var. *geogr. Calamintha grandiflora* Marinček 1982 (mscr.)) z vodilno rastlinsko vrsto, zasavsko ali trilistno konopico (*Dentaria trifolia* W. et K.). Med preddinarske visokogorske bukove gozdove uvrščamo tudi gozd na Čemšeniški planini, čeprav ta leži že zunaj preddinarskega območja. Na skalovitih osojnih pobočjih Kuma najdemo še preddinarski gozd bukve z gorskim javorjem in polžarko (*Ispoyro-Fagetum* Košir 1962). Na prisojnih dolomitnih podlagah uspevajo azonalni termofilni bukovi gozdovi z gabrovcem (*Ostryo-Fagetum* M. Wraber ex Trinajstić 1992 var. *geogr. Acer obtusatum* Marinček, Puncer, Zupančič 1980), strma osojna dolomitna pobočja pa poraščajo prav tako azonalni bukovi gozdovi s kresničevjem (*Arunco-Fagetum* var. *geogr. Ruscus hypoglossum* Košir 1979).

Vodilni rastlinski vrsti predalpskega sveta sta trilistna vetrnica (*Anemone trifolia* L.) in peterolistna konopnica (*Dentaria pentaphylos* W. et K.). Na karbonatni matični podlagi nekako do 600 metrov nadmorske višine na manjših površinah najdemo predalpski podgorski bukov gozd (*Hacquetio fagetum* var. *geogr. Anemone trifolia* Košir 1979), nad njim pa predalpske gozdove bukve in velike mrtve koprive (*Lamio orvalae-Fagetum* var. *geogr. Dentaria pentaphylos* (Marinček 1981) Marinček 1995). V višjih prisojnih legah uspeva toploljubni gozd bukve in gabrovca (*Ostryo-Fagetum* M. Wraber ex Trinajstić 1972 var. *geogr. Anemone trifolia* (Marinček, Puncer, Zupančič 1980) Poldini 1982). Osojna pobočja obraščajo predalpski gozd bukve in velike mrtve koprive (*Lamio orvalae-Fagetum* var. *geogr. Dentaria pentaphylos* (Marinček 1981) Marinček 1995) ter bukovi gozdovi s kresničevjem (*Arunco-Fagetum* var. *geogr. Anemone trifolia* Košir 1979 (n. nud.)). Sončna strma pobočja na nekarbonatni podlagi prekriva azonalni zmerni kisloljubni bukov gozd z gradnom in belkasto bekico (*Castaneo-Fagetum sylvaticae* (Marinček, Zupančič 1979) Marinček, Zupančič 1995 var. *geogr. Anemone trifolia* Dakskobler 1996 (prov.)), medtem ko na osojnih nekarbonatnih predelih uspeva gozd smreke in gozdne bekice (*Luzulo silvaticae-Piceetum* M. Wraber 1963). Na predelih s silikatno matično podlago je razširjena še združba bukve in rebrenjače (*Blechno-Fagetum* Horvat ex Marinček 1970).

4 INDUSTRIJA

4 INDUSTRY

Območje Zasavja je bilo naseljeno že v mlajši kameni dobi in je dolga stoletja ohranilo značaj kmetijske pokrajine. Močnejši promet po Savi se je razvil šele v 18. stoletju in z gradnjo železnice leta 1849 zamrl.

Zasavska nahajališča premoga so odkrili leta 1736. Prvo znano dovoljenje za izkopavanje premoga je bilo izdano že leta 1755. Prvi dnevni kop so v Trbovljah odprli leta 1804. Leta 1842 je bila ustanovljena Premogo-

kopna družba Zagorje. Zadnja dva rudniška obrata v Zagorju so zaprli leta 1997, tako da sta danes aktivna le še rudnika v Trbovljah in v Hrastniku.

S širjenjem rudarstva se je razvijala tudi druga industrija. S hrastniškim premogom so steklarske peči kurili vse od leta 1870. Ena izmed največjih in najmodernejših steklarn v tedanji monarhiji je premog nadomestila z zemeljskim plinom šele čez dobro stoletje. Tudi trboveljska cementarna je v 19. stoletju zrastle na mestu nekdanje steklarne. Krovina dnevnih kopov je namreč nudila dovolj dobrega materiala za izdelavo cementa, pa tudi prodajal se je bolje kot steklo. Zaradi kasnejših ukinitvev dnevnih kopov je cementarna v letu 1936 odprla svoje kamnolome. V 120 letih obratovanja je Cementarna Trbovlje predelala 19 milijonov ton surovine ter skupaj z rudniki dodobra spremenila zasavsko pokrajino. Južna železnica in rudnik rjavega premoga sta bila pomembna razloga tudi za izgradnjo Tovarne kemičnih izdelkov Hrastnik.

Vzporedno z razvojem rudarstva in industrije je po letu 1870 število prebivalcev v Zasavju hitro in enakomerno naraščalo. Tehnološki napredek pa je poleg udobnejšega življenja prinesel tudi poškodbe okolja, ki jih niso znali ali hoteli predvideti. Po drugi svetovni vojni število prebivalcev skoraj ne narašča več.

5 VEČJI VIRI ONESNAŽENJA

5 MAJOR SOURCES OF POLLUTION

Dolga leta je svojo okolico prašila Industrija gradbenega materiala Zagorje s standardnim programom hidriranega ter živega mletega apna. V letu 1988 so bile njene emisije prašnih delcev kar 320-krat večje od dovoljenih (VEDENIK-NOVAK / PLANINŠEK 1988). Po letu 1991 so z vrečastimi filtri opremili dve manjši peči. Na hidramah so nameščeni penasti čistilci, tako da njene današnje emisije trdnih delcev iz peči in hidrarn ne presegajo mejnih vrednosti.

V Cementarni Trbovlje je dnevno v obtoku okoli 6.000 ton prašnih snovi. Kadar vsi trije elektrofiltri normalno delujejo, je dnevnih emisij prahu vseh izvorov okoli 200 kilogramov. Na leto emitirajo okoli 60 ton prahu, medtem ko so v letih 1964-1971 emitirali kar 3.600 ton prahu letno, v naslednjih dveh desetletjih pa po 1.500 oziroma 300 ton letno. V preteklih letih so v peči Cementarne Trbovlje končali tudi posebni odpadki (trdne gume, akumulatorska ohišja, odpadna zdravila, ostanki pri proizvodnji ftalne kisline in odpadni emajli).

Tovarna kemičnih izdelkov Hrastnik je emisije fluoridov zmanjšala pod predpisano mejo z uvedbo dvostopenjskih pralcev plinov v postopku proizvodnje fosforne kisline. Z letom 1996 so z nadomestitvijo postopka z živosrebrnima elektrodama z membranskim postopkom zmanjšali tudi emisije živega srebra iz obratov elektrolize.

Začetki pridobivanja električne energije v Trbovljah segajo v leto 1893 (ZAVERL et al. 1997), medtem ko so Termoelektrarno Trbovlje odprli leta 1915. Prvi kilovati so bili namenjeni pogonu naprav v rudnikih. TET II z zmogljivostjo 125 MW so zaradi potrebe po izkoriščanju manj vrednega premoga z začasnim dovoljenji pognali v letu 1968. Že po nekaj mesecih delovanja so bile vidne posledice emisij 150 ton žvepovega dioksida dnevno. Koncentracije žvepovega dioksida v najbolj izpostavljenih predelih so bile nad zgornjo možno mejo meritev registriranih instrumentov. Po obliki krivulj in času trajanja koncentracij so sklepali, da so bile največje polurne koncentracije žvepovega dioksida okrog 15.000 µg/m³ (MAČEK et al.

1972), po nekaterih virih celo $20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PARADIŽ 1972). Tudi v oddaljenem Zidanem Mostu so občasno namerili preko $5.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Povprečna letna koncentracija žveplovega dioksida v Prapretnem nad termoelektrarno je bila $740 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (HOČEVAR et al. 1986). Rešitev naj bi zasavskim dolinam prinesla izgradnja 360 metrov visokega dimnika v letu 1976. Novejši popisi vegetacije v okolici Termoelektrarne Trbovlje (VIDREGAR / KLEMENČIČ 1991) kažejo delno rekultivacijo nekoč skoraj ogolelih pobočij in prenos lokalnih težav na širšo okolico.

Emisije žveplovega dioksida iz Termoelektrarne Trbovlje so odvisne samo od vsebnosti žvepla v premogu in od števila obratovalnih ur (ČUHALEV 1997). TET je v letu 1996 emitirala 22.800 ton žveplovega dioksida (emisijske koncentracije $10.100 \text{ mg}/\text{m}^3$), 1.200 ton dušikovih oksidov (emisijske koncentracije $530 \text{ mg}/\text{m}^3$) in 500 ton prahu (emisijske koncentracije $220 \text{ mg}/\text{m}^3$) (ŠUŠTERŠIČ et al. 1997). V okolici TET so v letu 1996 maksimalne urne koncentracije žveplovega dioksida segle vse do $6.000 \text{ mg}/\text{m}^3$ (PLANINŠEK et al. 1997). Odkar so v letu 1972 prenehali s proizvodnjo zidakov oz. nehali spuščati pepel v Savo, TET okoli 300.000 ton pepela in žlindre letno odloži na deponijo v Prapretnem.

6 ONESNAŽENOST OKOLJA

6 POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Po oceni Hidrometeorološkega zavoda so največji vir žveplovega dioksida v Zagorju drobna kurišča (67 %) (VEDENIK-NOVAK / PLANINŠEK 1988). Če odmislimo emisije Termoelektrarne Trbovlje, je stanje podobno tudi v ostalih dveh zasavskih občinah. Drobna kurišča kurijo večinoma domač premog. Za ogrevanje povprečne stanovanjske enote v Trbovljah letno porabijo 5.230 kg premoga, kar glede na kakovost zasavskega premoga (predvsem trboveljski ima velik odstotek gorljivega žvepla) (LUKAN 1990) ustreza 157 kilogramom emitiranega žveplovega dioksida na leto (PLANINŠEK 1991). Dnevni hod koncentracij žveplovega dioksida v Zagorju ob Savi z dopoldanskim in večernim maksimumom je tipičen za onesnaženost, ki je posledica kurjenja fosilnih goriv za ogrevanje v mestih v kotlinah in dolinah (VEDENIK 1986).

Hidrometeorološki zavod je od kurilne sezone 1977/78 dalje, ko je pričela delovati mreža merilnih postaj za merjenje 24-urnih koncentracij žveplovega dioksida in dima, za vsako leto izdela tabelo povprečnih sezonskih koncentracij in slovenske kraje uvrstil po velikosti povprečnih koncentracij (PLANINŠEK / RODE 1991). Do leta 1993 sta na lestvici z žveplovim dioksidom najbolj onesnaženih mest vodila Trbovlje in Hrastnik, medtem ko je bilo Zagorje dolga leta z dimom najbolj onesnažen kraj. V zadnjih letih se zaradi širjenja plinovodnega in toplovodnega omrežja ter preusmeritve nekaterih večjih kotlovnice na zemeljski plin koncentracije žveplovega dioksida in dima v zasavskem zraku zmanjšujejo (PLANINŠEK 1995).

V Sloveniji je predpisana mejna imisijska koncentracija žveplovega dioksida za obdobje enega leta $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mejna dnevna imisijska koncentracija pa je $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ur. list RS, št. 73/94).

V Zasavju koncentracije dušikovih oksidov in ozona spremljajo na Kovku in v Trbovljah. Ker so mejne vrednosti za NO_2 , kot jih določa Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednostih snovi v zraku (Ur. list RS, št. 73/94), dokaj visoko postavljene, jih koncentracije na Kovku le malokdaj presežejo. Pač pa so na Kovku v poletnem času pogosto presežene mejne imisijske vrednosti koncentracije ozona. Za osrednjo Evropo velja, da so

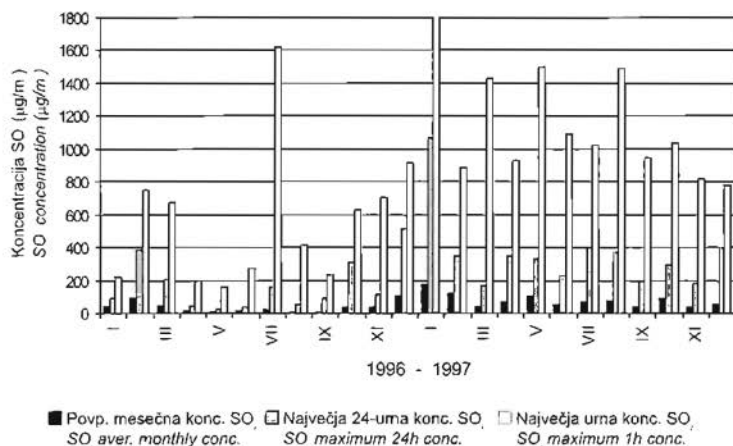
povprečne koncentracije ozona na podeželju med 20 in 40 ppb, v višinah nad 1.000 metrov pa med 30 in 50 ppb. 24-urna mejna koncentracija za zaščito vegetacije v vegetacijski dobi (1. april-30. september) je po slovenski zakonodaji 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ur. list RS, št. 73/94).

KOVK	Povprečne letne koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Average annual concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	Leto / Year	1992	1993	1994	1995	1996
Žveplov dioksid Sulphur dioxide		73	59	70	58	35
Dušikov dioksid Nitrous dioxide		10	8	8	11	2
Ozon / Ozone		70	68	69	75	69

Velik vir težkih kovin v Zasavju je nedvomno zgorevanje premoga. Pri tem se sproščajo predvsem Mo, Hg, Se in Sb (NRIAGU 1989). V letih 1991-1994 so v Zasavju kadmij in svinec merili v aerosolih. Iz rezultatov je razvidno, da oba elementa prevladujeta v respirabilnih aerosolih in da so v primerjavi z nekontaminiranim področjem koncentracije v Zasavju 4-12-krat večje za kadmij in 10-100-krat večje za svinec (DOLINŠEK / MILAČIČ 1994). Povprečne letne koncentracije kadmija v aerosolih so bile 0,5 do 1,0 ng/m^3 zraka, povprečne letne koncentracije svinca pa 50-650 ng/m^3 zraka (MILAČIČ et al. 1994). Možni izvori kadmija in svinca v zraku so motorji z notranjim izgorevanjem, sežiganje fosilnih goriv in odpadnih snovi ter predejava kamnin.

Preglednica 2: Povprečne letne vrednosti koncentracij SO_2 , NO_2 in O_3 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, izmerjene z avtomatskimi merilnimi postajami na Kovku v letih 1992-1996 (PLANINŠEK 1997)

Table 2: Average annual values of concentrations for SO_2 , NO_2 and O_3 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, recorded in automatic measurement stations on Kovk in the years of 1992 to 1996 (PLANINŠEK 1997)



Grafikon 1: Povprečne mesečne, največje 24-urne in največje urne koncentracije SO_2 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerjene na Kovku v letih 1996-1997 (CIGLAR 1997). Mejna 24-urna imisijska koncentracija SO_2 je 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mejna 24-urna imisijska vrednost za koncentracijo SO_2 v urnem intervalu je 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Graph 1: SO_2 average monthly concentrations measured in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on Kovk in the years 1996 and 1997 (CIGLAR 1997), maximum for 24 hour and 1 hour intervals. Imission limits for SO_2 concentration is 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for 24 hour and 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for one hour interval measurements respectively.

V okviru v letih 1989-90 zastavljene pilotske raziskave so na 19 zasavskih točkah naključno vzorčili tla, vodo, pšenico, lucerno, trpotec, meso in drobovino (ZUPAN 1990). Na večini odzemnih mest je vsebnost kadmija v tleh presegala dovoljeno vrednost. Kadmij bi lahko izviral iz matične kamnine (saj v tleh, nastalih iz sedimentnih kamnin, lahko nasploh pričakujemo večje koncentracije kadmija (KABATA-PENDIAS 1986)), iz uporabljenih gnojil, lahko pa bi bil posledica depozicije iz zraka. V travniških tleh v Zagorju ob Savi so v letu 1997 izmerili povečane koncentracije niklja, kadmija in kobalta. Ob prometni cesti so bile velike tudi koncentracije svinca in cinka (KUGONIČ 1998).

Raziskave gozdnih tal na območju Slovenije so v Zasavju zajele pokarbonatna rjava tla na dolomitu. Kljub velikim emisijam žvepovega dioksida iz Termoelektrarne Trbovlje se kislost tal nikjer ni bistveno povečala in je pH vrednost vedno nad 6. Tudi stopnja nasičenosti tal z bazami je precej velika, saj znaša od 46,7 % do 78,3 %. Do zakisovanja verjetno ni prišlo zaradi karbonatne matične podlage in emisij apnenčastega prahu iz cementarne. Vsebnost žvepla v tleh je v primerjavi s tlemi iz manj obremenjenega območja, kjer je vsebnost žvepla 0,7 g/kg, povečana na 0,8-3,4 g/kg (KALAN / SIMONČIČ 1994).

Večletne polemike zaradi dovažanja elektrofiltrskega pepela iz lju-bljanske toplarne so prebudile vprašanja o dodatni dozi radioaktivnega sevanja, ki naj bi jo prebivalci Zasavja prejeli zaradi nakopičene rudniške jalovine in pepela. Izkazalo se je, da je na zagorski deponiji jalovine in pepela koncentracija urana in radija v jalovini 2-3-krat večja kot v okolišni zemlji, saj vsebuje tudi do 100 Bq/kg ²²⁶Ra. Razen tega so nasuta tla manj kompaktna in bolj prepustna za radon. Tudi radioaktivnost odloženega pepela je (110-450 Bq/kg) večja kot v tleh v okolici (40 Bq/kg) (KRIŽMAN / KONDA 1994).

7 POSLEDICE ONESNAŽENJA NA VEGETACIJI

7 THE RESULTS OF POLLUTION ON VEGETATION

V letu 1971 so poškodovani gozdovi segali od Zagorja do Brega pri Sevnici in od Planinskega doma na Gorah skoraj do vrha Kuma (MAČEK et al. 1972). Poškodovanih je bilo preko 5.000 ha gozdov, od tega 400 ha močno poškodovanih ali uničenih (PARADIŽ 1972). Propadali sta tudi podrast in ruša, zato je bila velika nevarnost erozije.

V letu 1988 je bilo samo 1,8 odstotka zasavske bukke popolnoma zdrave. Hrasti in ostali trdi listavci so bili v tem času srednje poškodovani. Smreka je bila nekoliko manj obremenjena, kar so razlagali z njenimi bolj oddaljenimi in višje ležečimi rastišči. Kar 84 odstotkov vseh poškodb v zasavskih gozdovih naj bi povzročal onesnažen zrak (ŠOLAR 1989). V letu 1990 se je stanje smreke značilno poslabšalo. Obremenjenost njenih iglic z žveplom je bila med največjimi v Sloveniji (ŠOLAR 1991). Leto dni kasneje se je stanje zasavskega gozda neznatno izboljšalo, še vedno pa je bila zasavska smreka 2-krat, zasavska bukev pa kar 10-krat bolj poško-

Slika 1: Sestoj skeletov posušenih in hirajočih dreves na platoju nad TET pred izgradnjo 360 m visokega dimnika

Figure 1: Skeleton stand of withered and pined trees of plateau above the TET before 360 m tall chimney was build





Slika 2: Termoelektrarna Trbovlje
Figure 2: Trbovlje steam power station

dovana kot slovenska (KALAN 1989, ŠOLAR 1991). Manjše razlike v poškodovanosti pri smreki Šolar razlaga s tem, da imamo v Zasavju opravka s preostalo odporno populacijo smreke (ŠOLAR 1992).

Da se zasavski gozd uvršča med najbolj poškodovane slovenske gozdove, nam potrjujejo tudi popisi epifitskih lišajskih vrst (BATIČ / KRALJ 1995). V popisih v letih 1985 in 1987 grmičastih lišajev v Zasavju niso našli. Tudi indeksi atmosferskih poškodb, izračunani na osnovi opazovanj številčnosti in pokrovnosti treh osnovnih morfoloških tipov epifitskih lišajev, so bili zelo majhni. Na posameznih točkah epifitskih lišajev sploh ni bilo (BATIČ 1990).

Glede na popise lišajev v letih 1991-1996 (VIDERGAR-GORJUP 1998) ocenjujemo, da vplivno območje Termoelektrarne Trbovlje sega od južnih pobočij Mrzlice preko Kuma do Svibnega in Jatne na jugu ter od (v manjši meri) Vač preko Tirne in Šklendrovca do Gor in Čimernega. Epifitska lišajska flora je bogatejša v zahodnih, severozahodnih in severnih delih obravnavanega območja. Na skrajnih delih raziskovanih profilov so vplivi nekoliko zabrisani, medtem ko je v njihovih osrednjih delih vpliv zračnega onesnaženja očiten. Glede na pojavnost lišajskih vrst ocenjujemo zgornjo povprečno višino zaporne inverzijske plasti na 500 metrov nadmorske višine.



Slika 3: V zeliščni plasti propadlega gozda so se v času "plinskih poškodb" številčno razširile vrste, ki so sicer redkejšje; na sliki gozdni šebenik (Vse foto: Franc Batič)

Figure 3: In the vegetal layer of a decayed forest the otherwise rare species had spread in number at the time of "gas damages"; *Erysimum sylvestre* Scop. (All photo: Franc Batič)

Popis propadanja gozdov v profilu Prebold-Trbovlje (STRNIŠA / BATIČ 1997) je pokazal, da predpostavka o čistejšem severnem delu profila ne drži povsem.

Popis lišajev in analize biokemijskih parametrov iglic smreke na desetih izbranih raziskovalnih ploskvah v Zasavju nam kot najbolj onesnažena območja označujejo Dobovec, Kovk, Ostenk, Ravensko vas in Retje, sledita še Marno in Jelenca. Najmanj onesnaženi so Javor, Gore in Ključevca (VIDERGAR-GORJUP 1998).

Žveplo v lišajih je posledica absorpcije žveplovega dioksida in mokrega depozita žveplovih spojin oziroma žvepla, ki je v trdnih zračnih delcih povezan z drugimi elementi. V Zasavju z okolico so največ žvepla v lišajih našli na Trojanah (2.590 $\mu\text{g/g}$ liofilizirane steljke) in v Gradišču (2.320 $\mu\text{g/g}$ liofilizirane steljke), sledijo Veliki vrh z 2.120, Čeče z 2.100, Jelše s 1.815 in Orešje s 1.423 $\mu\text{g/g}$ liofilizirane steljke (JERAN 1995). Raziskave izotopske sestave žvepla v gozdnih tleh in smrekovih iglicah na Kovku, v Čečah in na Dobovcu so pokazale, da se vrednosti žvepla v iglicah z njihovo starostjo povečujejo. Preproste korelacije med sestavo žvepla v iglicah in v dimnih plinih niso našli, za kar iščejo razloge v izotopski frakcionaciji žvepla pri sežigu rjavega premoga v Termoelektrarni Trbovlje (BERIČNIK-VRBOVŠEK 1997).

V letih 1990-1992 smo v Zasavju sledili ozon z občutljivimi kultivarji tobaka (BATIČ et al. 1995). Specifične ozonske poškodbe so se sicer pojavljale na vseh zasavskih izpostavitvenih mestih, vendar je bilo njihove vzroke težko razložiti. Izpostavljene rastline so bile najbolj poškodovane na Kumu, kar bi bilo lahko posledica tako emisij TET kot tudi nadmorske višine. Prva natančnejša naloga, ki ugotavlja vplive fotooksidantov na nekatere samonikle in kulturne rastline, se je znotraj mednarodnega kooperativnega programa ICP-Crops začela v letu 1995 (BATIČ et al. 1996). Na Kovku so potrdili prisotnost velikih koncentracij ozona ter njegov škodljiv vpliv na rast in razvoj plazeče detelje ter nekaterih drugih rastlin (BIENELLI 1997).

Raziskave onesnaženosti Slovenije s težkimi kovinami na osnovi lišajev kot bioakumulatorjev (JERAN 1995) so na širšem zasavskem območju zajele Trojane, Čeče, Jelše, Gradišče, Veliki vrh in Orešje. V okolici Hrastnika so zaznali povečane koncentracije arzena (Steklarna), v širšem Zasavju pa so bile velike še vrednosti molibdena, kadmija in antimona. Analize prisotnosti težkih kovin v vrtninah na območju občine Zagorje ob Savi so pokazale veliko obremenitev s Cd in Ni. Vegetacija naj bi bila z nekaterimi težkimi kovinami obremenjena predvsem z imisijami preko zraka (KUGONIČ 1998).

8 ZAKLJUČEK

8 CONCLUSIONS

Bazična industrija in neugodne meteorološke razmere so Zasavje zaznamovale z velikimi dnevnimi kopji, kamnolomi, posedanjem tal, deponijami in onesnaženim okoljem. Prav dolgoletno onesnaževanje in nezadostna raziskanost ogroženosti okolja postajata obremenitveni dejavnik razvoja Zasavja. Pregled raziskav na tem območju kaže, da so mnoga področja še premalo raziskana, predvsem pa manjka skupen interdisciplinaren pregled stanja s predlogom prednostnih sanacijskih dejavnosti.

NATURAL ALLOTMENTS, ENVIRONMENTAL POLLUTION, AND STATE OF VEGETATION IN ZASAVJE AREA

Summary

Zasavje is situated in the hart of Posavje hills at the uttermost southeast of Savinja Alps. It is placed in Prealpine phytogeographic region by Mala flora Slovenije from 1984 (MARTINČIČ / SUŠNIK). Later on Kum, with its vicinity up to river Sava, has been placed into eastern Lower Crania district of Predinaric subsector of Iliric flora province (ZUPANČIČ et al. 1987, MARINČEK 1987). Rich coal-bearing layers were already discovered here in 1736. Coal mining and parallel industrial development had significantly changed the original appearance of its landscape. It is marked with huge surface mining, stone-pits, subsiding grounds, depots, and polluted environment.

Narrow Zasavje valleys are prevailed with breezes. The disposal of air pollution is significantly influenced by frequent temperature inversions. The major inversion layer, which prevents the spread of pollutants into height, usually lies 200 to 280 meters above the bottom of the valley (PLANINŠEK / RODE 1991). Inconvenient meteorological conditions aid highly to vast pollution of Zasavje region. In 1977/78 heating season, the net of monitoring stations started to operate and measure 24-hour concentrations of sulphur dioxide and smoke. Since then until 1993, Trbovlje and Hrastnik had held leading positions on Slovene scale of most polluted places with sulphur dioxide. Meanwhile, Zagorje used to be the most polluted site with smoke.

With disintegration of temperature inversions the air rises and spreads with wind above the valleys. In higher layers the wind typically blows from northwest, north, and west directions, and brings polluted air to Zidani most, Radeče, Kum, Hrastnik, and the vicinity. The polluted air rises when inversions disintegrate, and with power station's emissions of the major pollutant in Zasavje. 125 MW Trbovlje II steam power station (TET) has been operating since 1968. In its first decade of operations the concentrations of sulphur dioxide measured on half an hour reached even 20,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the most exposed Zasavje sites. After few months of working the first results of high concentrations of pollutants had shown on forests. In 1971 over 5,000 ha of forests were damaged. Damaged forests had reached from Zagorje to Breg near Sevnica and from Planinski Dom na Gorah up to the top of Kum (MAČEK et al. 1972). The undergrowth and dwarf pine were also in decay, therefore the danger of erosion had increased even more. The solution was brought to Zasavje valleys with 360 meters tall smokestack construction in the year of 1976. Recent records of vegetation in the vicinity of power station show partial recultivation of once almost barren slopes. Air pollution of the area influenced by TET has been monitored by six stations of ecological informational system (EIS TET). TET operates with electrostatic precipitator to clean collected dust but without disulphurizing devices. In 1996 TET had emitted 22,800 tons of sulphur dioxide, 1,200 tons of nitric oxides and 500 tons of dust (ŠUŠTERŠIČ et al. 1997). In the vicinity of TET the maximum hourly concentrations from this very year extended up to 6,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PLANINŠEK et al. 1997).

In 1988 only 1.8 percent of Zasavje beech tree was completely healthy. About 84 percent of the total damages to Zasavje forests were caused by airpollution (ŠOLAR 1989). In 1990 the status of spruce significantly declined. The load of its needles with sulphur was among the highest in Slovenia (ŠOLAR 1991). A year later the status of Zasavje forest insignificantly improved. Nevertheless, the Zasavje spruce was still twice and Zasavje beech tree even ten times more damaged than the Slovene trees respectively (KALAN 1989, ŠOLAR 1991). The listing of Zasavje forests among the worse damaged of Slovene forests is also confirmed by the records on epiphytic lichen species (BATIČ / KRALJ 1995).

According to lichen records in the years of 1991 to 1996 (VIDERGAR-GORJUP 1998), it has been estimated that the influential area of Trbovlje steam power station reaches from southern slopes of Mrzlica over Kum to Svibno and Jatna on the south and, in minority, from Vače over Tirne and Šklendrovec up to Gora and Čimerno. Epiphytic lichen flora is richer in eastern, northwestern, and northern parts of discussed area. The influence of air pollution is obvious in the central parts of the searched profiles, when slightly blurred at the extremes. Lichen records and analysis of biochemical parameters in spruce needles of ten research plots chosen in Zasavje, present Dobovec, Kovk, Ostenek, Ravensko village, and Retje, as the most polluted areas, followed by Marno and Jelenca. The least polluted are Javor, Gore, and Ključevca (VIDERGAR-GORJUP 1998).

In the years 1990 to 1992 ozone has been traced in Zasavje with sensitive tobacco cultivation (BATIC et al. 1995). Specific damages made by ozone had otherwise appeared in all exposed Zasavje sites, yet their causes were difficult to explain. The exposed plants of Kum were most highly damaged due to either TET or the altitude. The presence of high concentrations of ozone on Kovk, and its damaging influence to growing white clover and some other plants, has been confirmed by the research on influence of photooxidants on some wild and cultivated plants. The research has been going on within international cooperation program ICP-Crops.

Research on pollution of Slovenia with heavy metals based on lichen as bioaccumulators (JERAN 1995), had shown the increased concentrations of arsenic in the vicinity of Hrastnik, and high values of molybdenum, cadmium, and antimony in the broader Zasavje region. The results of analysis of heavy metals traced in crops in the area of Zagorje municipality, had shown high loads of cadmium and nickel. Vegetation is mostly loaded with some of the heavy metals through the air (KUGONIČ 1998). In Zasavje air, cadmium and lead are predominant in aerosols. The concentration of cadmium in the air is 4 to 12 times higher in Zasavje area, and concentration of lead respectively is 10 to 100 times higher, compared to uncontaminated areas (DOLINŠEK / MILAČIČ 1994).

VIRI / REFERENCES

- BATIC, F., 1990. Lichen Mapping in Jugoslavia, especially in Slovenia.- Stuttgart Beitr. Naturk. Ser. A, 456, s. 121-124.
- BATIC, F. / KRALJ, A., 1995. Epiphytic Lichen Vegetation as a Biomonitoring System in Forest Decline Studies in Slovenia.- Report of a Workshop Exceedance of Critical Loads and Levels, Federal Ministry for Environment, Youth and Family, Vienna.
- BATIC, F. / KLEMENČIČ, S. / JENČIČ-MEDVEŠEK, M. / MACAROL, B. / STRNIŠA, A. / RIBARIČ-LASNIK, C. / VIDERGAR, N., 1995. Bioindikacija ozona v troposferi z občutljivim kultivarjem tobaka (*Nicotiana tabacum* L. cv. BelW3).- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47, s. 131-144.
- BATIC, F. / RIBARIČ-LASNIK, C. / KOPUŠAR, N. / VIDERGAR, N., 1996. Monitoring of Ozone Effects on Agricultural Plants within the ICP-Crops in Slovenia.- Proceedings of the 14th International Congress of Biometeorology, Part 1, September 1-8, Ljubljana, 1996.
- BERIČNIK-VRBOVŠEK, J., 1997. Vpliv onesnaževanja s SO₂ na izotopsko sestavo žvepla v iglicah smreke.- Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Ljubljana, 1997.
- BIENELLI, A., 1997. Vpliv fotooksidantov na rast in razvoj izbranih vrst kmetijskih rastlin na območju Zasavja.- Diplomski naloga, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 87 s.
- CIGLAR, R., 1997. Onesnaženost zraka v Sloveniji.- Meritve avtomatskih merilnih postaj, mesečno poročilo za december 1997. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, 44 s.
- ČUHALEV, I., 1997. Trendi onesnaženosti zraka v okolici TEŠ in TET.- Društvo energetikov Šoštanj, Zbornik 1. mednarodnega simpozija Sanacija termoelektričnih objektov (ed. Dejanovič, B., Ribarič-Lasnik, C.), Rogaška Slatina, 28.-30. maj, s. 521-526.
- DOLINŠEK, F. / MILAČIČ, R., 1994. Neposredno določanje kadmija in svinca v aerosolih v Zasavju z elektrotermično atomsko absorpcijsko spektrometrijo. Onesnaženost zraka v Zasavju.- Zbornik posvetovanja Varstvo zraka - stanje in ukrepi za izboljšanje stanja v Sloveniji, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana, s. 65-69.
- HOČEVAR, A. / PETKOVŠEK, Z. / KAJFEŽ-BOGATAJ, L., 1986. Ocena transporta onesnaženja zraka nad Slovenijo.- URP: Umiranje gozdov. Poročilo o delu za leto 1986. BF, Ljubljana, 29 s.
- JERAN, Z., 1995. Epifitski lišaji – biološki indikatorji onesnaženosti zraka s kovinami in radionuklidi.- Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Ljubljana, 134 s.
- KABATA-PENDIAS, A. / PENDIAS, H., 1986. Trace Elements in Soils and Plants.- CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 293 s.
- KALAN, J. / SIMONČIČ, P., 1994. Vpliv onesnaženega zraka na gozdna tla.- Zbornik posvetovanja Varstvo zraka - stanje in ukrepi za izboljšanje stanja v Sloveniji, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana, s. 14/1-14/13.
- KALAN, J., 1989. Obremenjenost slovenskih gozdov z žveplom.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 34, s. 99-120.
- KRIŽMAN, M. J. / KONDA, D., 1994. Meritve sevanja na področju Ruardija.- Posebne strokovne podlage za pripravo ureditvenih načrtov za sanacijo površin po končanem rudarjenju, Institut Jožef Stefan, Ljubljana, 17 s.
- KUGONIČ, N., 1998. Posnetek stanja onesnaženosti tal in rastlinskega materiala na območju občine Zagorje ob Savi.- Erico Velenje, poročilo, 106 s.

- LEŠNJAK, M., 1994. Meritve kakovosti padavin v Sloveniji.- Zbornik posvetovanja Varstvo zraka - stanje in ukrepi za izboljšanje stanja v Sloveniji, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana, s. 6/1-6/5.
- LUKAN, B., 1990. Strokovna ocena zmanjšanja onesnaževanja zraka po plinifikaciji Zagorja ob Savi.- Maribor, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, 12 s.
- MAČEK, J. / PARADIŽ, B. / ŠOLAR, M. / ZUPANČIČ, T., 1972. Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju, vzrokih in posledicah.- HMZ SRS, Ljubljana, 16 s.
- MARINČEK, L., 1987. Bukovi gozdovi na Slovenskem.- Delavska enotnost, Ljubljana, 153 s.
- MARINČEK, L. / MUCINA, L. / ZUPANČIČ, M. / POLDINI, L. / DAKSKOBLER, I. / ACCETO, M., 1992. Nomenklatorische Revision der Illyrischen Buchenwälder (Verband Aremonio-Fagion).- Trieste, Studia geobotanica 12, s.121-135.
- MARINČEK, L. / ZUPANČIČ, M., 1995. Nomenklatorna revizija acidoofilnih bukovih in gradnovih gozdov zahodnega območja ilirske flore province.- Ljubljana, Hladnikia, 4, s. 29-35.
- MARTINČIČ, A. / SUŠNIK, F., 1984. Mala flora Slovenije. Praprotnice in semenke.- Državna založba Slovenije, Ljubljana, 793 s.
- MILAČIČ, R. / LESKOVŠEK, H. / DOLINŠEK, F. / HRČEK, D., 1994. Triletna študija onesnaženosti zraka v Zasavju, industrializiranem urbanem področju v Sloveniji.- Zbornik posvetovanja Varstvo zraka-stanje in ukrepi za izboljšanje stanja v Sloveniji, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana, s. 75-82.
- NRIAGU, O. J., 1989. Natural Versus Anthropogenic Emissions of Trace Metals to the Atmosphere.- Control and Fate of Atmospheric Trace Metals. Pacyna, J. M., Ottar, B. (ed.), NATO ASI Series, Vol. 268, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers, 1989, s. 3-13.
- PARADIŽ, B., 1972. Ugotovitve o onesnaženosti zraka v Zasavju.- HMZ SRS, Ljubljana, 24 s.
- PLANINŠEK, A., 1991. Onesnaženost zraka v Zasavju.- Zbornik 2. posvetovanja Onesnaževanje in varstvo okolja, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana, s. 78-91.
- PLANINŠEK, T. / RODE, B., 1991. Varstvo zraka v Zagorju - strokovne podlage.- HMZ RS, Ljubljana, 11 s.
- PLANINŠEK, A. (ed.), 1994. Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1993.- Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, 77 s.
- PLANINŠEK, A. (ed.), 1995. Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1994. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, 117 s.
- PLANINŠEK, A. (ed.), 1996. Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1995. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, 107 s.
- PLANINŠEK, A. (ed.), 1997. Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1996. Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS, Ljubljana, 148 s.
- SMOLE, I., 1988. Katalog gozdnih združb Slovenije.- Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 154 s.
- STRNIŠA, A. / BATIČ, F., 1997. Vpliv emisij na gozdove v Zasavju.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52, s. 187-222.
- ŠOLAR, M., 1989. Popis propadanja gozdov in analiza žvepla na 10-tih interpolacijskih točkah v Zasavju v letu 1988.- Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 7 s.
- ŠOLAR, M., 1991. Poročilo o stanju zasavskega gozda v letu 1990.- Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 4 s.
- ŠOLAR, M., 1992. Poročilo o stanju zasavskega gozda in biološki detekciji onesnaženega zraka v letu 1991.- Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana, 4 s.
- ŠUŠTERŠIČ, A. / SEVŠEK, I. / VEDENIK-NOVAK, M. / VENGUST, M., 1997. Emisije slovenskih termoelektrarn dve leti po sprejetju uredbe o emisiji snovi v zrak iz kurilnih naprav.- Zbornik 1.mednarodnega simpozija Sanacija termoeenergetskih objektov (ed. Dejanovič, B., Ribarič-Lasnik, C.), Društvo energetikov Šoštanj, Rogaška Slatina, 28.-30. maj, s. 308-318.
- VEDENIK, M., 1986. Onesnaženost zraka na območju občine Zagorje.- HMZ SRS, Ljubljana, 16 s.
- VEDENIK-NOVAK, M. / PLANINŠEK, T., 1988. Strokovne podlage za Odlok o varstvu zraka v občini Zagorje.- HMZ SRS, Ljubljana, 6 s.
- VIDREGAR, N. / KLEMENČIČ, S., 1992. Revegetacija nad Termoelektrarno Trbovlje.- Pripraviška naloga, 1992.
- VIDREGAR-GORJUP, N., 1998. Bioindikacija onesnaženosti zraka v Zasavju.- Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 173 s.
- VRIŠER, I., 1963. Rudarska mesta Zagorje, Trbovlje, Hrastnik.- Slovenska matica, Ljubljana.
- ZAVERL, M. / GORJUP, A. / RAK, V., 1997. Tehnološka obnova bloka 125MW in ekološka sanacija Termoelektrarne Trbovlje.- Zbornik 1. mednarodnega simpozija Sanacija termoeenergetskih objektov (ed. Dejanovič, B., Ribarič-Lasnik, C.), Društvo energetikov Šoštanj, Rogaška Slatina, 28.- 30. maj, s. 232-234.
- ZUPAN, R., 1990. Ugotavljanje stopnje kontaminacije okolja v Zasavju s težkimi kovinami in določanje njihove koncentracije v organizmih (pilotska študija).- Javni zavod Zasavski zdravstveni center, Trbovlje, 14 s.
- ZUPANČIČ, M. / MARINČEK, L. / SELIŠKAR, A. / PUNCER, I., 1987. Considerations on the Phytogeographic Division of Slovenia.- Biogeographia, 12, s. 89-98.
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednostih snovi v zraku.- Uradni list RS, št. 73/1994.