

Proučevanje onesnaženosti gozdnih tal v imisijskem območju šoštanjske termoelektrarne s parno-primerjalnimi raziskovalnimi objekti

Forest Soil Pollution Study in the Emission Area of the Šoštanj Thermal Power Station by means of Pair – Comparison Research Objects

Mihej URBANČIČ *

Izvleček

Urbančič, M.: Proučevanje onesnaženosti gozdnih tal v imisijskem območju šoštanjske termoelektrarne s parno-primerjalnimi raziskovalnimi objekti. *Gozdarski vestnik št. 2/1996*. V slovenščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 18.

V prispevku so prikazane pedološke metode, pomembnejši rezultati in ugotovitve raziskave o značilnostih in stopnjah onesnaženosti gozdnih tal na treh parih stalnih raziskovalnih objektov, osnovanih leta 1990 v imisijskem območju TE Šoštanj. Ob parnih primerjavah so imela tla iz objektov z večjo onesnaženostjo gozda v organskih horizontih večje koncentracije skupnega žvepla od tal v manj onesnaženem gozdu. Na štirih objektih so bila tla v zgornjih plasteh mestoma onesnažena s svincem prek dopustne mejne vrednosti 100 mg Pb na kg tal.

Ključne besede: monitoring gozdnih tal, analiza tal, težke kovine, onesnaženost tal

Synopsis

Urbančič, M.: Forest Soil Pollution Study in the Emission Area of the Šoštanj Thermal Power Station by means of Pair – Comparison Research Objects. *Gozdarski vestnik No. 2/1996*. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 18.

The article presents pedologic methods, important results and findings of the research on the characteristics and stages of forest soil pollution in three pairs of permanent research objects, established in 1990 in the emission area of the Šoštanj Thermal Power Station. Couple comparisons evidenced higher concentrations of total sulphur in the soil from the objects with higher pollution of forest in organic horizons than in that of less polluted forest. In four objects, the soil in upper strata was in some parts polluted with sulphur over the permitted value of 100 mg Pb per kg of soil.

Key words: forest soil monitoring, soil analysis, heavy metals, soil pollution

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Termoelektrarna Šoštanj spada med največje onesnaževalce okolja v Sloveniji. Tako je npr. leta 1990 oddala v zrak 92964 ton žveplovega dvokisa, 12389 t dušikovih oksidov in 5731 t prašnih delcev (po viru RAJH-ALATIČ Z. in sod., 1991). Odpadni plini iz njenih dimnikov škodljivo vplivajo tudi na gozdove v njenem imisijskem območju in mestoma povzročajo njihovo propadanje. Škodljivi vplivi žveplovega dioksida in drugih onesnaževalcev zraka

na rastlinstvo v vplivnem območju TE Šoštanj so že razmeroma dobro poznani (BATIČ F. in sod., 1994; DRUŠKOVIČ B., 1990; FERLIN F., 1990; KALAN J. in sod., 1989; KOLAR I., 1989; KRAIGHER H., 1990; RIBARIČ-LASNIK C., 1991; SMOLE I. in sod., 1995; idr.). Čedalje več je tudi študij, ki obravnavajo vplive odločin iz zraka, onesnaženega zaradi TEŠ, na gozdna tla (SIMONČIČ P., 1992; SVETINA-GROS M., 1994, idr.) in raziskav onesnaženosti zraka, padavin, voda ter radioloških meritev ipd..

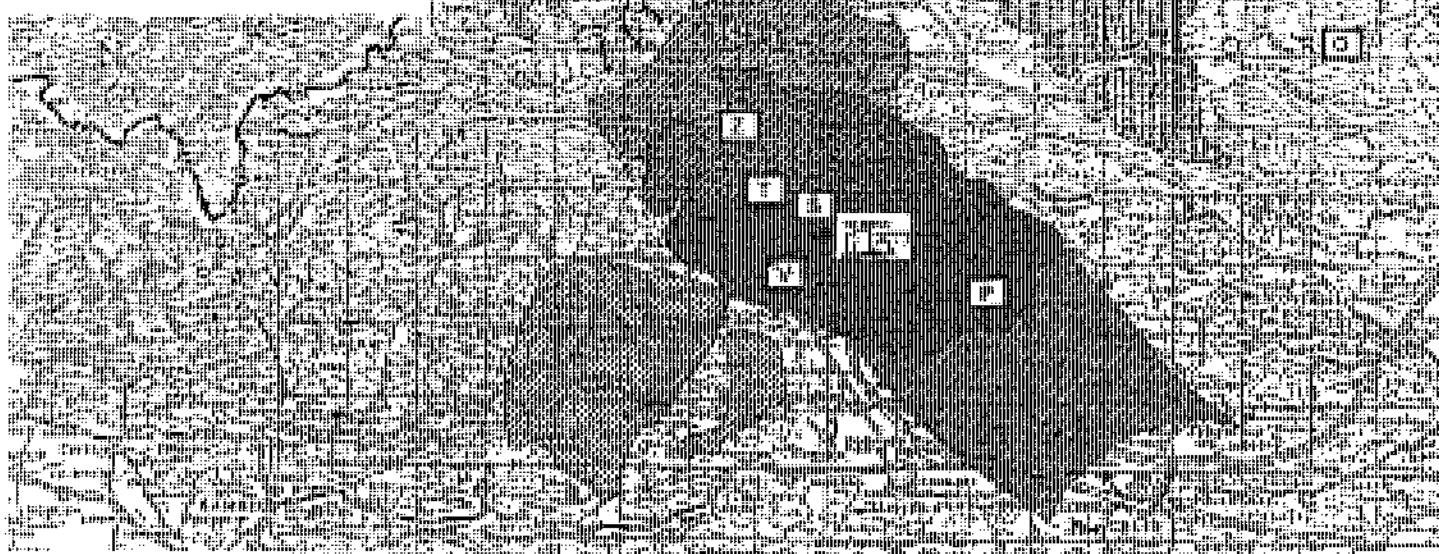
Na gozdarskem inštitutu smo prvo pilotsko raziskavo vplivov škodljivih snovi iz zraka na gozdna tla in rastlinstvo na osnovi primerjanja lastnosti objektov s podobnimi rastiščnimi razmerami, a z različno ones-

* M. U., dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, SLO

VPLIV TE ŠOŠTANI NA TLA IN VEGETACIJO

Legenda: Legend

- ▨ direktni (koncentrični) vplivni območja
- ▨ indirektni (centrični) vplivni območja
- ▨ lokalni raziskovalni vešči vplivni območja
- ▨ vzporedni vplivni območja
- ▨ intermedijarna (preložišča) območja
- ▨ izolirana (preložišča) območja
- ▨ postarostna vplivna območja
- ▨ postarostna izolirana območja



Slika 1: Vpliv TE Šoštanj na tla in vegetacijo
Figure 1: The influence of the Šoštanj Thermal Power Plant on soil and vegetation

Nahajališča parno-primerjalnih raziskovalnih objektov

The locations of pair-comparison research objects
(Povzeto po KALAN in sodel. 1989)
(Taken after KALAN et al., 1989)

□ Lokacija raziskovalnega objekta
The location of a research object

Nazivi raziskovalnih objektov

The names of research objects

- Š – Široko
- T – Toplišica
- V – Veliki vrh
- P – Pirešica
- Z – Prednji vrh pri Zavodnjah
- O – Osankarica

naženostjo gozdov, zastavili leta 1988 z večjim številom raziskovalnih ploskev na različnih koncih Slovenije (KALAN J., 1989; SMOLE I., 1990; URBANČIČ M., 1989 in 1992). Na osnovi teh izkušenj so bili leta 1990 v imisijskem območju TEŠ (v gozdovih, ki poraščajo rastišča na rečnih usedlinah, na andezitskem tufu in na tonalitu – te kamnine so med najbolj razširjenimi na območju Šaleške doline) osnovani trije pari stalnih raziskovalnih objektov za nadzor stanja gozdov, za spremljanje dogajanj v njih in še posebej za ugotavljanje imisijskih vplivov TE Šoštanj na gozdna tla in rastlinstvo. Na njih proučujemo tudi stanje tal in zasledujemo morebitne spremembe v talnih lastnostih s ciljem, da ugotovimo učinke odložen žvepla in drugih odpadnih snovi iz onesnaženega zraka na gozdna tla in posledice teh vplivov na stanje, stabilnost in razvoj gozdnih ekosistemov.

V tem prispevku prikazujemo način izbora raziskovalnih objektov, metode pedoloških raziskav in pomembnejše izsledke o

talnih lastnostih in onesnaženosti tal na teh treh parih objektov.

2 RAZISKOVALNI OBJEKTI IN METODE DELA

2 RESEARCH OBJECTS AND WORKING METHODS

2.1 Opis nahajališč raziskovalnih objektov

2.1 Research Objects' Location Description

Na stalnih raziskovalnih objektih se navadno proučuje vplive onesnaževalcev na tla tako, da se na istem mestu ugotavlja spremembe talnih lastnostih v določenih časovnih presledkih, npr. na vsakih 5 let. V obravnavanem primeru pa je za zdaj uporabljena metoda parnih primerjav.

Leta 1990 smo pod vodstvom pedologa Janka Kalana v osrednjem imisijskem vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj, ki ga imenujemo tudi Šaleško imisij-

Termoelektrarna Šoštanj
The Šoštanj Thermal Power Plant



sko območje, izbrali 5 stalnih raziskovalnih objektov, enega pa smo poiskali vzhodno od tega območja, na visokogorski planoti Pohorja. Objekte smo izbirali na gozdnih rastiščih, ki so med najbolj razširjenimi v Šaleškem imisijskem območju, in sicer tako, da sta si bila po dva raziskovalna objekta različna v stopnji onesnaženosti, v drugih ekoloških razmerah pa čimbolj podobna. Pričakovali smo, da bomo s primerjanjem talnih razmer med objektoma v paru dobili željene podatke o spremembah, ki jih v tleh povzročajo odložine iz onesnaženega zraka ter o učinkih teh sprememb na stanje obravnavanih gozdov. Kako močno so objekti onesnaženi, smo sklepali na osnovi njihovega položaja v prostoru glede na TEŠ, iz ocene poškodovanosti drevja zaradi imisij po ECE-metodi, iz stanja lišajev ter vsebnosti skupnega žvepla v vzorcih smrekovih iglic, ki so bile na objektih odvzete za foliarne analize (FERLIN F., 1990; KALAN J. in sod., 1989; KOLAR I., 1989; KRAIGHER

H., 1990; RIBARIČ-LASNIK C., 1991; SMOLE I., 1990 idr.). Rastišča gozdnih združb je na osnovi svojih popisov vegetacije določil fitocenolog Ivan Smole.

Dva objekta sta bila izbrana na rastiščih gozdne združbe jelke z viličastim mahom (Bazzanio – Abietetum WRABER (1953) 1958), v kmečkih gozdovih smreke s pretežno posamezno primesjo gradna, domačega kostanja, rdečega bora, jelke in bukve, v kateri prevladuje skupinskoprebiralno gospodarjenje. Sestoji poraščajo pobočne psevdogleje, ki so se razvili na pliokvartarnih fluvialnih sedimentih iz ilovice, peščene glin in glinastega proda. Objekt na Širokem pri Lajšah je dva in pol kilometra oddaljen od TEŠ, leži severno od termoelektrarne in je po naših ugotovitvah bolj izpostavljen njenim imisijskim vplivom od primerjalnega objekta pri Topolšici, ki je po zračni črti od TEŠ v smeri severozahod oddaljen štiri in pol kilometra.

Avtomatska postaja za merjenje onesnaženega zraka in drugih meteoroloških pojavov v Zavodnjah
Automatic station for the monitoring of polluted air and other meteorological phenomena in Zavodnje



Drugi par primerjalnih objektov je bil osnovan v raznodobnih kmečkih gozdovih na rastiščih kisloljubnega gozda bukve, belkaste bekice in hrastov (*Quercus-Luzulo-Fagetum* MARINČEK, ZUPANČIČ 1979), ki poraščajo rankerje, distrična rjava tla in sprana tla na andezitnih tufih, tufitih in vulkanskih brečah. Objekt na Velikem vrhu je tri in pol kilometra (v smeri jugozahod) oddaljen od TEŠ in leži v mešanem kmečkem gozdu bukve, kostanja, gradna, rdečega bora in smreke. Je pod močnim vplivom njenih emisij. Blizu objekta je postaja ANAS (Analitični Nadzorni Alarmni Sistem), ki meri onesnaženost zraka in druge meteorološke pojave. Objekt nad Pirešico leži približno 10 km vzhodno od TEŠ, na samem robu imisijskega območja, v malo onesnaženem, raznodobnem mešanem sestoju gradna, rdečega bora, bukve in kostanja, v katerem so tudi steljarili.

Peti objekt je postavljen v kmečki raznodobni bukov gozd s primesjo smreke, rdečega bora in macesna, ki leži na Prednjem vrhu pri Zavodnjah, blizu druge postaje ANAS, severozahodno od TEŠ. Čeprav je od termoelektrarne oddaljen približno 8 km (po zračni črti), je objekt močno izpostavljen njenim imisijskim vplivom. Ta gorski kisloljubni bukov gozd z belkasto bekico (*Luzulo albidae-Fagetum* s. lat.) porašča distrična rjava tla na tonalitu.

Šesti stalni raziskovalni objekt smo osnovali na Pohorju blizu Osankarice. Leži približno 30 km severovzhodno od TEŠ, zunaj njenega osrednjega vplivnega imisijskega območja. Osnovan je v enodobnem smrekovem debeljaku s posamezno primesjo bukve, jelke in gorskega javorja. Sestoj porašča distrična rjava tla na tonalitu. Potencialna gozdna združba tega zasmrečenega rastišča je uvrščena v obubožano obliko visokogorskega pohorskega bukovega gozda (*Savensi-Fagetum*, geogr. var. *pohoricum* KOŠIR 1965, forma *depaupe-rata*).

Raziskovalni objekti so bili osnovani na položnem terenu, kjer razvoj tal ni bil moten ali prekinjen zaradi erozijskih procesov, vlak, poti, starih kopišč, ognjišč, izvalov ter podobnih vplivov in na mestih, ki so bili rastiščno in sestojno ustrezno homogeni

na površini, veliki najmanj en hektar. Najpomembnejše rastiščne značilnosti, ki so bile ugotovljene na objektih ob fitocenoloških popisih in opisih reprezentančnih talnih profilov, so prikazane v Preglednici 1.

2.2 Opis terenskih in laboratorijskih del

2.2 A Description of Field and Laboratory Work

V letu 1990 smo izvedli tudi prva terenska pedološka dela. Na vsakem izbranem raziskovalnem objektu smo izkopali po en reprezentančni talni profil, ki prikazuje tla, značilna za tisto rastišče, ga opisali in iz njegovih genetskih horizontov in podhorizontov odvzeli talne vzorce. V bližini talnega profila smo iz treh kvadratnih ploskev, vsaka je bila velika 25 cm x 25 cm, odvzeli kvantitativne vzorce tal iz naslednjih plasti: opada (Ol), fermentacijske plasti (Of), organskega podhorizonta z že humificirano organsko snovjo (Oh) ter iz naslednjih globin tal: 0–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, tako da za te plasti spoznamo prostorninsko maso tal, kar nam je omogočilo izvesti kvantitativne laboratorijske analize tal. Tako nabrani vzorci tal so bili analizirani po standardnih metodah (opisane so v Simončič P. 1992, Urbančič M. 1989 in 1992 ter v drugih naših pedoloških prispevkih) v pedoloških laboratorijskih gozdarskih inštitutih v Ljubljani (IGLG oz. sedaj GIS) in na Dunaju (FBVA), deloma pa so arhivirani za prihodnje primerjalne in dopolnilne analize. Vzorcem so bile določene naslednje lastnosti: tekstura; reakcija (pH v CaCl_2); količina organskega ogljika (C) in skupnega dušika (N); ogljik-dušikovo razmerje (C/N); rastlinam lahko dostopen kalij (K_2O), fosfor (P_2O_5) in magnezij (Mg); izmenljivi kovinski bazični kationi (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+); izmenljiv vodik (H^+); vsota izmenljivih baz (SB), kationska izmenljiva kapaciteta (KIK), stopnja nasičenosti z bazami (V).

Kvantitativnim vzorcem, odvzetim iz plasti z vnaprej določenimi globinami, so bile poleg teh parametrov na FBVA (Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Dunaj) določene z atomsko absorpcijsko spektrofotometrijo (ekstrakcija z zlatotopko) celokupne vsebnosti naslednjih težkih kovin:

Preglednica 1: Ekološke značilnosti raziskovalnih objektov
 Table 1: Ecological characteristics of the research plots

Ime objekta: <i>Name of the plot:</i>	Topoišica	Široko	Veliki vrh	Pirešica	Prednji vrh pri Zavodnjah	Osankarica
Matična podlaga: <i>Parent material:</i>	Rečne usedline (ilovica, peščena glina, glinast prod) iz pliokvartarja <i>Alluvial deposits</i>	Rečne usedline iz pliokvartarja <i>Alluvial deposits</i>	Andezitni tufi, tufiti, vulkanske breče (smrekovske plasti) iz oligocena <i>Andesitic tuff</i>	Andezitni tufi iz oligocena <i>Andesitic tuff</i>	Karavanski tonalit <i>Tonalit of Karavanke</i>	Pohorski tonalit <i>Tonalit of Pohorje</i>
Talni tip: <i>Type of the soil:</i>	Pobočni psevdoglej <i>Slope Pseudogley</i>	Pobočni psevdoglej <i>Slope Pseudogley</i>	Distrični kambisol <i>Dystric Cambisol</i>	Pobočni psevdoglej <i>Slope Pseudogley</i>	Distrični kambisol <i>Dystric Cambisol</i>	Distrični kambisol <i>Dystric Cambisol</i>
Rastišče gozdne združbe: <i>Site of the forest association:</i>	<i>Bazzanio-Abietetum</i> (WRABER (1953)1958), <i>typicum</i>	<i>Bazzanio-Abietetum, sphagnetosum</i> (ZORN 1965)	<i>Quercu-Luzulo-Fagetum</i> (MARINČEK et ZUPANČIČ 1979)	<i>Quercu-Luzulo-Fagetum</i>	<i>Luzulo albidae-Fagetum</i> (LOHM.et TX.1954), <i>s.lat.</i>	<i>Savensi-Fagetum depauperata</i> (KOŠIR 1965 <i>mscr</i>)
Nadmor. višina: <i>Altitude:</i>	440 m	410 m	480 m	420 m	825 m	1250 m
Nagib terena: <i>Slope gradient:</i>	10°	15°	15°	15°	15-20°	3-5°
Ekspozicija: <i>Exposure of site:</i>	N	N	NW	NE	SW	N
Ocena onesnaženosti gozda: <i>Pollution:</i>	Srednje onesnažen gozd <i>Medium polluted forest</i>	Močno onesnažen gozd <i>Strongly polluted forest</i>	Močno onesnažen gozd <i>Strongly polluted forest</i>	Malo onesnažen gozd <i>Little polluted forest</i>	Močno onesnažen gozd <i>Strongly polluted forest</i>	Malo onesnažen gozd <i>Little polluted forest</i>

kroma (Cr), bakra (Cu), železa (Fe), mangana (Mn), niklja (Ni), svinca (Pb) in cinka (Zn). Na gozdarskem inštitutu so bile tem vzorcem z aparaturom Sulmhomat 12-ADG (suhi sežig) določene še količine skupnega žvepla.

3 IZIDI TALNIH PREISKAV IN UGOTOVITVE RAZISKAVE

3 THE RESULTS OF SOIL INVESTIGATIONS AND THE RESEARCH'S FINDINGS

3.1 Značilnosti tal reprezentančnih profilov

3.1 Soil Characteristics of Representative Profiles

Na objektu Topolšica so se na pliokvartarnih-rečnih usedlinah iz peščene glin in glinastega proda razvila zelo globoka tla. Prevladuje globok, distrični, počni psevdoglej s precej debelim organskim horizontom. Tudi na objektu Široko so na pliokvartarnih

sedimentih nastala zelo globoka tla. Tu prevladuje srednje globok (ker se psevdoglejni g horizont pojavlja v globini pod 45 cm), distrični, pobočni psevdoglej z razmeroma tankim organskim horizontom.

Psevdoglejna tla reprezentančnega profila Široko imajo v primerjavi s tlemi profila Topolšica tanjši organski horizont, so močnejše oglejena, v g horizontu vsebujejo več glin, so manj kislja (za okoli 1/2 stopnje vsebnosti pH (CaCl₂)), vsebujejo nekoliko več skupnega dušika (N) in imajo manjšo kationsko izmenjalno kapaciteto. V zgornjem delu so manj zasičene z izmenljivimi bazami, v spodnjem g horizontu pa bolj.

Na objektu Veliki vrh so se na andezitnih tufih in tufitih razvila zelo globoka tla. Prevladuje podtip ilimeriziranega distričnega kambisola. Tudi na objektu Pirešica so na enaki kamnini nastala zelo globoka tla. Tu prevladuje srednje globok, distrični, pobočni psevdoglej.

V primerjavi s tlemi iz velikovrškega reprezentančnega profila so tla profila iz

Kape z indikatorskimi lističi za merjenje vsebnosti SO₂, NO_x in O₃ v zraku
Hoods with indicator papers for the measuring of SO₂, NO_x and O₃ content in the air



Pirešič bolj kislа, vsebujejo nekoliko več organske snovi in skupnega dušika, imajo ožja ogljik-dušikova (C/N) razmerja, z rastlinam dostopnim kalijem so bolj preskrbljena, imajo pa nižje stopnje nasičenosti z izmenljivimi bazami. Pri njih je illimerizacija slabše izražena, imajo bolj glinasto teksturo in slabšo prepustnost za vodo. V primerjavi z velikovškim profilom so srednje močno psevdooglejena.

Na objektu Prednji vrh pri Zavodnjah in na objektu Osankarica na Pohorju prevladujejo globoka, tipična, distrična rjаva tla na tonalitu. Distrični kambisol, predstavljen z zavodenjskim reprezentančnim profilom, ima zelo podobne lastnosti kot tla pohorskega profila. Vzorci pohorskih tal iz primerljivih globin praviloma vsebujejo manj organske snovi, tla so bolj preskrbljena z dostopnim fosforjem in magnezijem in imajo nižje stopnje nasičenosti z izmenljivimi bazami od zavodenjskih.

Rezultati laboratorijskih analiz kvalitativ-

nih talnih vzorcev iz genetskih (pod)horizontov reprezentančnih profilov so prikazani v preglednicah 2, 3 in 4.

3.2 Lastnosti kvantitativnih vzorcev

3.2 The Characteristics of Quantitative Samples

Kvantitativnim vzorcem, odvzetim iz ploskev, velikih po 25 cm x 25 cm, so bili določeni isti parametri kot talnim vzorcem iz profilov, poleg tega pa s kislinjskim razklopom in AAS še celokupne vsebnosti nekaterih elementov, ki so za rastline in druge talne organizme pomembni kot hranila ali (in) nevarni kot možni zastrupljevalci. Zanimivejši izidi laboratorijskih analiz kvantitativnih vzorcev so prikazani v preglednicah 5 in 6.

Na vseh objektih so imeli kvantitativni vzorci iz vnaprej določenih plasti v primerjavi s talnimi vzorci iz ustreznih (ekstrapoliranih) globin reprezentančnega profila do-

Parno-primerjalni raziskovalni objekt na Prednjem vrhu pri Zavodnjah
The pair-comparison research object on Prednji vrh near Zavodnje



Preglednica 2: Kemične lastnosti vzorcev iz reprezentančnih talnih profilov
 Table 2: Chemical properties of the samples from the representative soil profiles

Kraj Location	Horizont Horizon	Globina Depth (cm)	pH (CaCl ₂)	Org. snov Humus g/kg	C/N	Skupni N Total N g/kg	Dost./Avail. P ₂ O ₅ mg/kg	Dost./Avail. K ₂ O mg/kg	Dost./Avail. Mg mg/kg
Topolšica	Ol	7-6	-	-	-	-	-	-	-
	Of	6-3	3,18	672	42	9,4	130	600	130
	Oh	3-0	3,02	567	36	9,2	60	300	60
	Ah1	0-1	3,37	133	24	3,2	sledovi	120	sl
	Ah2	1-12	3,63	41	22	1,1	sl	100	sl
	(B)v	12-44	3,65	17	17	0,6	sl	100	sl
	(B)v/g	44-63	3,86	12	14	0,5	sl	80	0
	g1	63-80	3,92	9	17	0,3	sl	80	0
	g2	80-100	3,88	7	20	0,2	sl	60	0
	g3	100-120	4,02	5	16	0,2	sl	40	0
Široko	Ol	5-4	-	-	-	-	-	-	-
	Of	4-1	4,11	621	20	17,8	10	230	sl
	Oh	1-0	4,45	552	27	11,7	130	850	130
	Ah1	0-4	3,94	173	24	4,3	20	200	sl
	Ah2	4-11	4,03	43	17	1,5	20	100	sl
	(B)v1	11-25	4,11	22	16	0,8	sl	80	sl
	(B)v2	25-45	4,09	14	13	0,6	sl	60	sl
	g1	45-60	4,10	10	12	0,5	sl	50	0
	g2	60-80	4,16	10	12	0,5	sl	50	0
	g3	80-100	4,22	10	12	0,5	sl	70	0
Veliki vrh	g4	100+120	4,26	9	10	0,5	sl	80	0
	Ol	7-5	-	-	-	-	-	-	-
	Of	5-2	4,49	585	32	10,5	90	780	90
	Oh	2-0	4,06	396	37	6,3	sl	300	0
	Ah	0-10	4,22	78	35	1,3	sl	130	0
	E	10-25	4,26	28	27	0,6	sl	100	0
	(B)w/F	26-41	4,20	14	20	0,4	sl	70	0
	(B)w/Bt	41-61	4,15	9	13	0,4	sl	70	0
	(B)v1	61-80	4,24	7	13	0,3	sl	70	0
	(B)v2	80-100	4,35	7	20	0,2	sl	60	0
Pirešica	(B)v3	100+120	4,36	7	20	0,2	sl	60	0
	Ol	7-4	-	-	-	-	-	-	-
	Of	4-3	4,46	741	33	13,2	180	970	180
	Oh	3-0	3,16	483	22	12,5	130	880	130
	Ah	0-6	3,21	169	31	3,2	sl	340	sl
	E	6-16	3,83	40	23	1,0	sl	120	sl
	(B)w/Bt	16-47	3,91	21	24	0,5	sl	100	sl
	g1	47-60	3,61	16	13	0,7	sl	200	0
	g2	60-80	3,84	12	14	0,5	sl	250	0
	g3	80-100	3,84	10	12	0,5	sl	280	0
Prednji v. pri Zavodnjah	g4	100-120	3,85	9	10	0,5	sl	290	0
	Ol	2-1	-	-	-	-	-	-	-
	Of	1-0	3,33	655	26	14,8	90	410	sl
	Ah	0-5	3,29	466	29	9,3	50	230	sl
	Ah/(B)v	5-10	3,94	195	22	5,3	sl	110	sl
	(B)v	10-21	3,91	112	22	3,0	sl	50	0
	(B)v/C1	21-40	3,84	66	21	1,8	sl	40	0
	(B)v/C2	40-60	4,28	43	21	1,2	sl	30	0
	C/(B)v1	64-80	4,77	29	19	0,9	sl	30	0
	C/(B)v2	80-100	5,24	28	23	0,7	sl	30	0
Osankarica	C/(B)v3	100-116	5,36	24	23	0,6	sl	30	0
	Ol	3-1	-	-	-	-	-	-	-
	Of/Oh	1-0	4,77	552	24	13,1	130	400	sl
	Ah	0-5	3,66	207	16	7,6	40	140	sl
	Ah/(B)v	5-15	3,88	112	18	3,7	10	50	sl
	(B)v1	15-37	4,66	66	21	1,8	10	40	10
	(B)v2	37-64	4,51	34	25	0,8	10	30	10
	C/(B)v1	64-80	4,28	17	17	0,6	20	30	20
	C/(B)v2	80-103	4,04	14	16	0,5	20	30	20
	C(B)	100-112	-	-	-	-	-	-	-

Preglednica 3: Izmenjive sposobnosti tal (v mmol lE/kg tal) reprezentativnih profilov
 Table 3: Exchangeable capacities of soils (mmol lE/kg of soil) from the representative profiles

Kraj Location	Horizont Horizon	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SB	H ⁺	KIK	V %
Topolšica	Ah1	14,7	9,3	2,6	0,9	27,5			
	Ah2	7,3	9,2	1,3	0,4	18,2	195	213,2	8,5
	(B)v	6,6	4,5	2,0	0,4	13,5	165	178,5	7,6
	(B)wg	7,3	2,5	1,8	0,4	12,0	145	157,0	7,6
	g1	3,8	4,1	1,5	2,2	11,8	160	171,8	6,8
	g2	2,8	1,9	2,3	2,2	9,2	175	184,2	5,0
	g3	2,1	0,5	3,8	3,5	9,9	175	184,9	5,4
Široko	Ah1	9,7	4,2	5,1	0,4	19,4			
	Ah2	3,5	1,3	2,0	1,3	6,1	170	178,1	4,5
	(B)v1	2,2	0,9	1,8	0,4	5,3	145	150,3	3,5
	(B)v2	2,3	0,8	1,0	0,4	4,5	135	139,5	3,2
	g1	7,3	4,1	1,0	1,3	13,7	135	148,7	9,2
	g2	11,4	14,6	1,0	1,7	28,7	155	183,7	15,6
	g3	10,1	8,2	1,8	1,7	19,8	145	164,8	12,0
Veliki vrh	g4	3,3	6,2	1,8	1,7	13,0	140	153,0	6,8
	Ah	3,4	2,4	3,8	0,4	10,0	175	185,0	5,4
	E	11,3	2,4	2,8	0,8	17,3	150	157,3	10,3
	(B)wE	11,1	2,9	2,3	1,7	18,0	135	153,0	11,8
	(B)wBt	7,4	2,1	1,8	1,7	13,0	125	138,0	9,4
	(B)v1	16,7	5,3	2,6	2,2	26,8	120	146,8	18,3
	(B)v2	30,8	23,1	3,1	2,6	59,6	100	159,6	37,3
Pirešica	(B)v3	43,8	28,8	3,6	3,5	79,7	115	194,7	40,9
	Ah	7,3	4,1	7,9	1,7	21,0			
	E	1,1	1,0	3,3	0,9	6,3	145	151,3	4,2
	(B)wBt	1,2	1,4	3,1	0,4	6,1	120	126,1	4,8
	g1	2,7	13,8	5,4	0,4	22,3	130	152,3	14,6
	g2	4,8	27,5	6,9	0,4	39,6	155	194,6	20,3
	g3	6,1	30,9	7,4	0,4	44,8	155	199,8	22,4
Zavodnje	g4	9,6	38,7	7,7	0,4	56,4	150	206,4	27,3
	Ah/(B)v	8,8	1,5	2,8	1,7	14,8	260	274,8	5,4
	(B)v	2,2	0,9	1,3	1,3	5,7	200	205,7	2,8
	(B)wC1	3,1	0,8	0,8	1,7	6,4	165	191,4	3,3
	(B)wC2	6,1	1,7	1,0	4,8	13,6	165	178,6	7,6
	C/(B)v1	7,9	2,1	0,8	2,2	13,0	155	168,0	7,7
	C/(B)v2	10,2	3,0	1,0	2,2	16,4	145	161,4	10,2
Osankarica	C/(B)v3	15,1	3,7	1,0	2,2	22,0			
	Ah	6,0	2,8	0,3	0,4	9,5	288	294,5	3,2
	Ah/(B)v	1,0	0,7	2,0	0,9	4,6	240	244,6	1,9
	(B)v1	0,7	0,3	0,3	0,4	1,7	195	196,7	0,9
	(B)v2	0,5	0,1	0,3	1,3	2,2	145	147,2	1,5

volj podobne lastnosti in zato v tem prispevku niso podrobneje prikazani.

Ob parnih primerjavah izsledkov laboratorijskih analiz povprečnih kvantitativnih talnih vzorcev iz objektov (Široko: Topolšica, Veliki vrh; Pirešica, Prednji vrh pri Zavodnjah; Osankarica) ugotovljamo, da so imela tla iz objektov z večjo onesnaženostjo gozda v organskih horizontih praviloma večje koncentracije skupnega žvepla od tal objektov v manj onesnaženih gozdovih. Enaka ugotovitev velja tudi za vsebnosti celokupnega svineca v gornjih plasteh tal. Večina analiziranih talnih vzorcev je vsebovala nenormalno veliko svineca (nad 20 mg Pb na kg tal). Na štirih objektih

(Široko, Topolšica, Veliki vrh, Prednji vrh pri Zavodnjah) pa so bila tla v zgornjih plasteh mestoma onesnažena s svincem prek mejne vrednosti še dopustne onesnaženosti (100 mg Pb na kg tal), ki jo navaja slovenski Uradni list iz leta 1990.

Količine drugih težkih kovin (celokupnega kobalta, kroma, bakra, niklja, cinka), določene v talnih vzorcih, so se gibale v okvirih normalnih vsebnosti ali vsaj pod mejami, ki veljajo po avstrijskih predpisih (ÖNORM) za verjetno onesnaženost.

Povzetek

Gozdarski inštitut izvaja tudi posebne in interdisciplinarne raziskave propadanja gozdov in vplivov onesnaženega zraka na slovenske gozdove. V sklopu teh raziskav celotnega gozdnega prostora so uvrščena tudi proučevanja vplivov imisij termoelektrarne Šoštanj (TEŠ) na gozdove. V ta namen so bili leta 1990 v imisijskem območju TEŠ (v gozdovih, ki poraščajo rastišča na rečnih usedlinah, na andezitnem tufu in na tonalitu) osnovani trije pari stalnih raziskovalnih objektov za nadzor stanja gozdov, za spremljanje dogajanj v njih in še posebej za ugotavljanje imisijskih vplivov TE Šoštanj na gozdna tla in rastlinstvo. Objekta v paru se razlikujeta v imisijski obremenjenosti gozda, v drugih ekoloških dejavnikih sta si podobna.

Na vsakem raziskovalnem objektu so bili odvzeti iz genetskih (pod)horizontov reprezentativnega profila kvalitativni talni vzorci, iz vnaprej določenih plasti treh ploskev velikosti 25 cm x 25 cm (do globine 20 cm) pa kvantitativni vzorci tal. Kvalitativnim vzorcem so bile z laboratorijskimi anali-



Reprezentančni profil distričnih rjavih tal s Prednjega vrha

A representative profile of the district brown soil from Prednji vrh

Odvzem kvantitativnih vzorcev organskih podhorizontov s pomočjo lesenega okvirja
The taking of quantitative samples of organic subhorizons by means of a wooden frame



Preglednica 4: Tekstura tal reprezentančnih profilov
 Table 4: Texture of the fine earth for the representative profiles

Kraj Location	Horizont Horizon	Pesek Sand %	Grob melj Coarse silt %	Droben melj Fine silt %	Glina Clay %	Teksturni razred Texture class
Topolišica	Ah2	34,0	33,8	18,0	14,2	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	(B)v	25,8	41,2	22,0	10,2	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	(B)v/g	45,8	12,0	12,0	30,2	glinasta ilovica <i>Clay loam</i>
	g1	25,0	15,8	35,5	23,7	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	g2	26,1	12,7	33,5	27,7	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	g3	16,3	23,8	29,7	30,2	mejastoglinasta ilovica <i>Silty clay loam</i>
Široka	Ah2	26,3	23,5	27,9	22,3	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	(B)v1	21,1	20,3	34,8	24,0	mejasta ilovica <i>Silty loam</i>
	(B)v2	26,8	14,9	33,9	24,4	ilovica <i>Loam</i>
	g1	17,9	13,2	33,8	35,1	mejastoglinasta ilovica <i>Silty clay loam</i>
	g2	23,1	9,3	27,5	40,1	glinasta ilovica <i>Clay loam</i>
	g3	26,0	10,5	19,5	44,0	glina <i>Clay</i>
Veliki vrh	g4	27,3	12,4	17,3	43,0	glina <i>Clay</i>
	Ah	72,3	17,8	5,2	4,7	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	E	48,4	11,2	24,4	16,0	ilovica <i>Loam</i>
	(B)wE	48,2	11,7	28,0	14,1	ilovica <i>Loam</i>
	(B)wBt	36,6	19,9	23,2	23,3	ilovica <i>Loam</i>
	(B)v1	40,7	17,4	21,4	20,5	ilovica <i>Loam</i>
Pirešica	(B)v2	40,6	14,2	22,4	22,0	ilovica <i>Loam</i>
	(B)v3	45,1	15,1	18,8	20,0	ilovica <i>Loam</i>
	E	11,0	18,8	42,3	27,8	mejastoglinasta ilovica <i>Silty clay loam</i>
	(B)wBt	12,3	18,4	38,4	30,9	mejastoglinasta ilovica <i>Silty clay loam</i>
	g1	14,7	17,4	35,6	32,3	mejastoglinasta ilovica <i>Silty clay loam</i>
	g2	7,3	9,7	28,9	54,1	glina <i>Clay</i>
Prednji v. pri Zavodnjah	g3	10,3	0,5	32,1	57,1	glina <i>Clay</i>
	g4	2,7	6,9	31,5	58,9	glina <i>Clay</i>
	(B)wC1	68,7	11,3	11,4	8,6	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	(B)wC2	68,5	10,9	14,5	6,1	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	C/(B)v1	68,6	12,8	12,6	7,8	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	C/(B)v2	64,5	6,3	8,0	1,2	ilovnat pesek <i>Loamy sand</i>
Osankarica	C/(B)v3	68,4	14,2	12,6	4,8	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	(B)v1	62,5	9,5	8,2	19,8	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>
	(B)v2	63,4	12,6	15,8	8,2	peščena ilovica <i>Sandy loam</i>

Preglednica 5: Analizni podatki kvantitativnih vzorcev o reakcijah (vrednostih pH), količinah organske snovi (v g/kg tal in v kg/ha površine), vsebnosti celokupnega dušika, razmerjih med organskim ogljikom in celokupnim dušikom, vsebnosti celokupnega žvepla in o razmerjih med organskim ogljikom in celokupnim žveplom. Prikazana so povprečja treh podvzorcev, nabranih na površinah 25 cm x 25 cm.

Table 5: Quantitative samples' analytical data of reactions (pH values), quantities of the organic matter (g/kg of soil and kg/ha of area), contents of the total nitrogen, ratio of the organic carbon and the total nitrogen, contents of the total sulphur and ratio of the organic carbon and the total sulphur. Averages of tree subsamples taken from the areas 25 cm x 25 cm are shown.

Kraj	Pišť	Globina	pH	Org. snov	Org. snov	N	C/N	S	C/S
Location	Layer	Depth	(CaCl ₂)	Org. matter	Org. matter	kg/ha		mg/kg tal	
		cm		g/kg	kg/ha			mg/kg of soil	
Topolšica	Oi		3,27	891	2170	24	52	1290	393
	Of		3,30	724	19375	308	37	1510	245
	M5	0-5	3,28	195	30873	808	22	640	127
	M10	5-10	3,63	64	24698	813	18	430	75
	M20	10-20	3,93	31	30109	1058	16	400	36
Siroka	Oi		3,63	781	4111	87	27	1090	416
	Of		4,17	707	17074	353	28	1970	208
	M5	0-5	4,47	348	48518	1198	23	1280	158
	M10	5-10	4,10	98	30598	809	22	540	106
	M20	10-20	3,60	40	34843	1047	19	440	52
V. vrh	Oi		4,53	914	10417	121	50	1220	434
	Of		4,49	650	7775	141	32	1540	245
	M5	0-5	3,82	128	38053	805	27	470	157
	M10	5-10	3,85	71	28095	517	32	330	124
	M20	10-20	3,98	45	35673	717	29	310	84
Pirešica	Oi		4,10	798	4919	81	35	1150	403
	Of	0-5	3,73	609	5866	130	26	1420	249
	M5	5-10	3,37	150	39562	923	25	540	161
	M10	10-20	3,70	67	34163	763	26	360	108
	M20		3,90	38	35858	852	24	300	73
Prednji v. pri Zavodnjah	Oi		3,76	845	4574	68	39	1760	278
	Of/Oh		3,94	776	21751	353	36	1880	239
	M5	0-5	3,60	468	66898	1337	29	1200	225
	M10	5-10	3,70	221	58114	1396	24	750	171
	M20	10-20	3,93	148	76629	1705	26	560	154
Osankarica	Oi		4,58	914	6295	76	48	1040	510
	Of/Oh		4,69	586	17155	351	28	1400	243
	M5	0-5	4,44	205	54844	1791	18	890	134
	M10	5-10	3,32	117	36204	1205	17	560	121
	M20	10-20	3,69	86	52439	1643	18	360	139

zami določene onovne lastnosti (tekstura, reakcija, vsebnosti celokupnega dušika, ogljika, humusa, rastlinam dostopnih glavnih hranil, izmenjalne sposobnosti tal). Kvantitativnim talnim vzorcem pa so bili poleg teh parametrov določene še vsebnosti celokupnega žvepla in težkih kovin (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn).

Ob pamem primerjanju izidov pedoloških laboratorijskih preiskav se je izkazalo, da so vzorci iz gornjih plasti tal objektov iz bolj onesnaženih gozdov praviloma vsebovali več celokupnega žvepla in svinca od primerljivih vzorcev tal objektov iz z odloženimi iz zraka manj obremenjenih območij. Na štirih objektih pa so bila tla v zgornjih plasteh mestoma onesnažena s svincem prek mejne vrednosti še dopustne onesnaženosti (100 mg Pb na kg tal).

FOREST SOIL POLLUTION STUDY IN THE EMISSION AREA OF THE ŠOŠTANJ THERMAL POWER STATION BY MEANS OF PAIR-COMPARISON RESEARCH OBJECTS

Summary

The Slovenian Forestry Institute also carries out special and interdisciplinary research regarding the dying back of forests and the effects of polluted air on Slovenian forests. The study of the effects of the emissions from the Šoštanj Thermal Power Plant (TES) has also been included into the research of the entire forest space. For this purpose, three couples of permanent research objects were established in 1990 in the emission area of the TES (in the forests growing on the

Preglednica 6: Vsebnosti težkih kovin (kobalta, kroma, bakra, niklja, svinca, cinka, v mg/kg tal) v kvantitativnih vzorcih.

Table 6: Contents of heavy metals (mg/kg of soil) in the quantitative samples

Kraj	Plast	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Location	Layer						
Topošica	OI	2	3	9	5	63	44
	Of	4	8	11	10	144	56
	M5	10	18	10	13	107	62
	M10	19	20	9	15	36	66
	M20	20	21	9	15	20	77
Široko	OI	2	3	8	4	42	53
	Of	4	12	15	13	136	80
	M5	9	23	16	19	137	62
	M10	14	35	15	24	47	66
	M20	24	37	18	28	42	84
Veliki vrh	OI	6	4	12	4	36	70
	Of	8	17	18	18	150	118
	M5	11	8	10	9	84	79
	M10	7	6	8	11	40	76
	M20	11	6	8	11	36	76
Pirešica	OI	6	3	10	7	33	67
	Of	7	9	12	8	76	87
	M5	12	16	8	12	64	46
	M10	13	21	6	16	44	45
	M20	11	21	7	20	29	51
Prednji vrh pri Zavodnjah	OI	3	3	12	4	56	68
	Of/Oh	4	9	12	9	221	89
	M5	9	10	9	8	149	77
	M10	17	11	8	10	63	79
	M20	16	12	8	13	59	76
Osankarica	OI	2	2	9	4	31	61
	Of/Oh	8	10	12	1	95	51
	M5	5	10	8	10	76	36
	M10	7	11	6	10	56	32
	M20	10	12	6	3	44	42

sites on river sediments (andesite tuff and tonalite) in order to control the condition of forests, to follow what is going on there and, primarily, to establish the effects of the emission of the TES on forest soil and plants. The objects of a pair differ as to emission burden of forest; regarding other ecological factors, however, they are similar. From each research objects, qualitative soil samples were taken from genetic (sub)horizons of representative profile and from the preliminary defined layers of three plots of 25cm x 25cm (up to 20cm

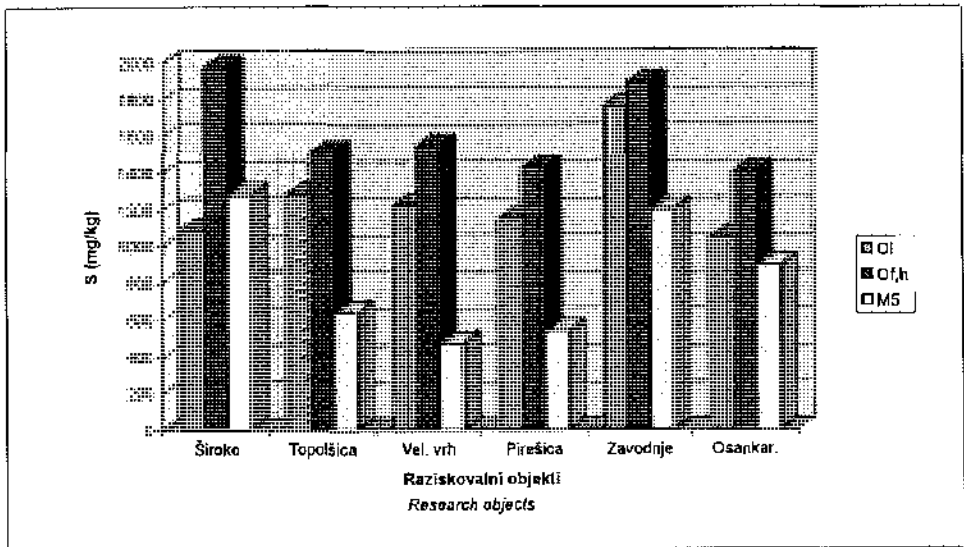
in depth) quantitative ones. By means of laboratory analyses, basic features (texture, reaction, the contents of total nitrogen, carbon, humus, the main nutrients accessible to plants, exchangeable properties of soil) were established for qualitative samples. Apart from the stated parameters, the content of total sulphur and heavy metals (Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) was established for quantitative soil samples.

The pair comparison of the results of pedological laboratory research proved that the samples from

Preglednica 7: Interpretacijske koncentracije težkih kovin v tleh (izražene v mg/kg tal)
 Table 7: The interpretation concentrations of heavy metals in the soil (expressed as mg/kg of soil)

Kovina Metal	Normalna vsebnost (BLUM et al. 1989) Normal content	Literaturna (pogosta) (KLOKE 1980) Cited in literature (frequent)	Verjetno onesnažena tla (ONORM) Probably polluted soil	Mejne vrednosti še dopustne onesnaženosti (Ur.l. SRS 1990) Limit pollution values
Kobalt (Co) Cobalt	1-40	1-10	20	50
Krom (Cr) Chromium	2-50	2-50	50	100
Baker (Cu) Copper	2-40	1-20	50	100
Nikelj (Ni) Nickel	5-50	2-50	40	60
Svinec (Pb) Lead	2-20	0.1-20	50	100
Cink (Zn) Zinc	10-80	3-50	150	300

Slika 2: Povprečne vsebnosti celokupnega žvepla (v mg/kg tal) v organskih podhorizontih (O1, Of, h) in talnih plasteh iz globine 0 do 5cm (M5) na raziskovalnih objektih
 Figure 2: The average content of total sulphur (in mg/kg of soil) in organic subhorizons (O1, Of, h) and soil layers from depths from 0 - 5 cm (M5) in the research objects

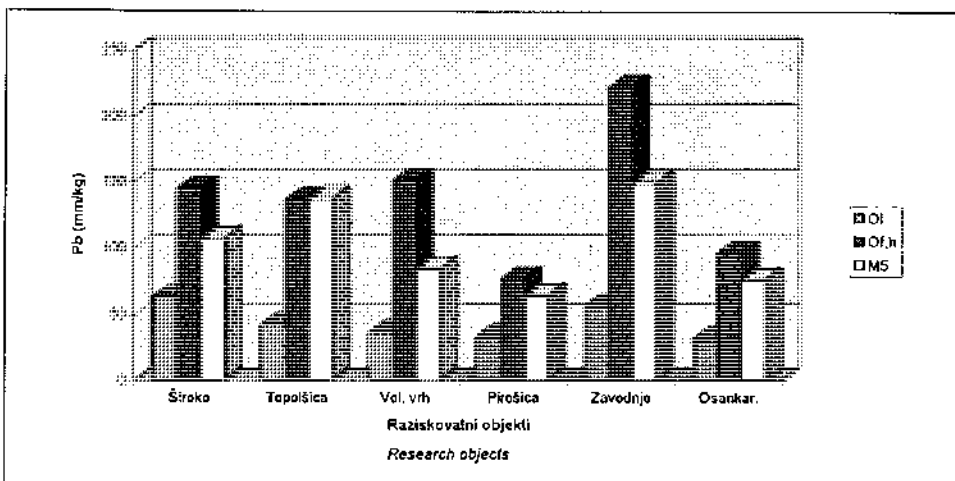


upper soil layers of the objects from more polluted forests contained as a rule more total sulphur and lead than the compared soil samples of the objects from the regions less burdened by air pollutants did. In four objects, however, the soil in upper layers was in some places polluted by lead over the limit permitted (100mg Pb per kg of soil).

VIRI

1. BATIČ, F./ JURC, D./ KALAN, J./ KOVAČ, M./ KRALJ, T./ MIKULIČ, V., 1993. Impact of Pollution Gasses from Thermal Power Plant in Šoštanj, Slovenija, on Forest Environment: A Brief Expertisa on Cause-consequence Relationship in Forest Decline Studies Carried out on Slovenian

Slika 3: Povprečne vsebnosti celokupnega svinca (v mg/kg tal) v organskih podhorizontih (O1, Of,h) in talnih plasteh iz globine 0 do 5cm (M5) na raziskovalnih objektih
 Figure 3: The average content of total lead (in mg/kg of soil) in organic subhorizons (O1, Of, h) and soil layers from depths from 0 – 5 cm (M5) in the research objects



Forestry Institute. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana, e-423, 36 s.

2. DRUŠKOVIČ, B., 1990. Ocena poškodovanosti rastlinskega genetskega materiala v Šaleški dolini z obrobjem. Raziskovalna naloga. Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani.

3. FERLIN, F., 1990. Vpliv onesnaževanja ozračja na rastno obnašanje in rastno zmogljivost odraslih smrekovih sestojev. Magistrsko delo. Ljubljana.

4. KALAN, J., 1989. Pedološka proučevanja. Poročilo o raziskovalnem delu v letu 1989. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana

5. KALAN, J./ BATIC, F./ HRČEK, D./ KRALJ, A./ SMOLE, I./ SOLAR, M., 1989. Vpliv termoelektrarne Šoštanj na tla in vegetacijo. 1. faza. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, p-225, 57 s.

6. KRAIGHER, H., 1990. Raziskave mikorize pri smrekah v različno onesnaženih okoljih. Raziskovalna naloga. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana. 56 s.; Ref. 60

7. KOLAR, I., 1989. Umiranje smreke v gozdovih Šaleške doline. Magistrsko delo. Ljubljana.

8. LEŠNJAK, M./ HRČEK, D./ BATIC, F./ SOLAR, M./ KOLAR, I./ FERLIN, F., 1989. Air pollution and damage on vegetation near TE Šoštanj thermal power plant in Slovenia, 8th World Clean Air Congress, Haag

9. RAJH-ALATIČ, Z./ ŠUŠTERŠIČ, A., 1991. Onesnaževanje zraka iz TEŠ, letno poročilo. Elektroinštitut Milan Vidmar, oddelek za elektrarne, Ljubljana

10. RIBARIČ-LASNIK, C., 1991. Ekofiziološke lastnosti smreke (Picea abies L. KARSTEN) na vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj. Ma-

gistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za biologijo

11. SIMONČIČ, P., 1992. Razmere mineralne prehrane za smreko na distričnih rjavih tleh na tonalitu v vplivnem območju termoelektrarne Šoštanj. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo, 134 s.

12. SMOLE, I./ KUTNAR, L., 1995. Spremembe gozdne vegetacije kot posledica učinkovanja onesnaženega zraka. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47. Ljubljana, s. 171-180

13. SMOLE, I., 1990. Spremembe gozdne vegetacije kot posledica učinkovanja onesnaženega zraka. Fazno poročilo raziskovalne naloge (p-243). Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana. 23 str.; Ref. 11

14. SVETINA-GROS, M., 1994. Vpliv padavin na tla in vodne izvire na območju termoelektrarne Šoštanj. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FNT, oddelek za geologijo, 102 s.

15. SKORIC, A./ FILIPOVSKI, G./ CIRIČ, M., 1985. Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti BiH, Sarajevo

16. URBANČIČ, M., 1989. Lastnosti gozdnih tal na tonalitu in andezitnem tufu v imisijskem območju termoelektrarne Šoštanj. Ekspertiza, (p-233). Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana. 82 str.; Ref. 44

17. URBANČIČ, M., 1992. Uvajanje monitoringa gozdnih tal na stalnih raziskovalnih objektih v Sloveniji. Gozdarski vestnik, Vol. 50, št. 5-6. Ljubljana. Str. 258-266; Ref. 5

18. URADNI LIST SR SLOVENIJE, št. 6, 1990. Uredba o ugotavljanju onesnaženosti kmetijskih zemljišč in gozda. Ljubljana, s. 355-357