GDK 181.45:114:4:(497.12 Kamnik)
K.b.: onesnaženost zraka, vplив na gozd, zdravstveno stanje, osut[illegible], bioindikacija onesnaženosti, obremenjenost tal, gozdna tla, Kamnik
T.D.: 3.06
l = 489
lu = 5771
ID = 1057958

Gozdarski inštitut Slovenije
Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Zaključno poročilo projekta "Imisijska obremenjenost gozdov v občini Kamnik"

mag. M. Čas, dr. P. Kalan, T. Kralj, doc. dr. T. Levanič, R. Mavsar,
dr. P. Simončič, M. Urbančič

Odgovorna nosilca za GIS
Dr. P. Simončič
Dr. P. Kalan

Direktor
Gozdarskega Inštituta Slovenije
Prof. dr. dr. h. c. N. Torelli

Ljubljana, november 2002

GOZDARSKA KNJIŽNICA
K E
489
22002000228
COBISS ®
UNIVERZA V LJUBLJANI, GIS

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
GOZDARSKA KNJIŽNICA
Večna pot 2
LJUBLJANA
Gozdarski inštitut Slovenije

KAZALO VSEBINE

1	**UVOD**	3
1.1	**Imisije onesnažil in njihov vpliv na gozdove**	4
2	**METODE DELA**	10
2.1	**Metode terenskega dela in laboratorijske analize**	10
2.1.1	*Osutost drevja*	10
2.1.2	*Popisi lišajev*	11
2.2	**Tla**	12
2.3	**Foliarni vzorci**	12
2.4	**Dendrokronološke raziskave**	13
3	**REZULTATI IN RAZPRAVA**	14
3.1	**Matična podlaga**	14
3.2	**Talne razmere**	14
3.3	**Kemijske lastnosti talnih plasti**	16
3.3.1	*Reakcije tal*	16
3.3.2	*Humus v tleh*	21
3.3.3	*Celokupni dušik*	22
3.3.4	*Vsebnosti karbonatov v tleh*	22
3.3.5	*Celokupno žveplo v tleh*	22
3.3.6	*Rezultati analiz izbranih težkih kovin*	23
3.4	**Gozdne združbe**	27
3.5	**Zdravstveno stanje drevja**	28
3.6	**Stanje lišajske vegetacije**	30
3.7	**Rezultati analiz smrekovih iglic**	31
3.8	**Rezultati dendrokronološke analize**	35
4	**ZAKLJUČKI**	38
5	**VIRI**	40

1 UVOD

Na pobudo Oddelka za Okolje in prostor občine Kamnik in raziskovalcev Gozdarskega Inštituta Slovenije, se je v l. 2001 začela enoletna raziskava z naslovom »Imisijska obremenjenost gozdov v občini Kamnik" (št. pogodbe 35301-3/00 z dne 22. junij 2001 med naročnikom del Občina Kamnik in izvajalcem, Gozdarski Inštitut Slovenije). Zaradi metodologije dela in načina financiranja naloge je projekt potekal v l. 2001 (prva faza) in 2002 (zaključek 31. oktober 2002, druga faza del). Mesta popisov stanja drevja in vzorčenj tal in smrekovih vej so bila v občini Kamnik izbrana na 10 stalnih ploskvah 4x4 km mreže (774-829), na kateri se vsakih pet let izvaja popis stanja gozdov (1995, 2000). Popis izvajata Gozdarski inštitut Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije. K desetim ploskvam je bilo s sodelovanjem naročnika naloge dodanih še 8 t. i. vročih lokacij, ki so bile izbrane na zgoščenih točkah 4x4 mreže - 2x2 oz.1x1 km (7 lokacij K01-K07) in ena ploskev v neposredni bližini mesta Kamnik (KO8), kjer so bile v preteklosti opravljene nekatere meritve (mag M.Čas).

Projektna skupino so strani izvajalca sestavljali :

Čas M.	GIS	Raziskovalec
Kalan P.	GIS	Raziskovalka, sonosilka naloge
Kastelic Z.	GIS	Tehnik, terensko delo
Kopše I.	GIS	Tehnik, terensko delo
Levanič T.	GIS	Raziskovalec, dendrokronologija
Mavsar R.	GIS	Raziskovalec, ocenjevanje stanja drevja
Rupel M.	GIS	Tehnik, terensko delo, priprava vzorcev
Simončič P.	GIS	Raziskovalec, uvod/foliarne analize/imisje, sonosilec naloge
M. Špenko	GIS	Tehnik, kemijske analize
Urbančič M.	GIS	Raziskovalec; tla, rastišča
Vovk T.	zunanji	plezalec, vzorčenje smrekovih vej
Žlindra D.	GIS	Raziskovalec, kemijske analize

Naročnika je pri nalogi zastopala ga. Mihalea Vetrnik.

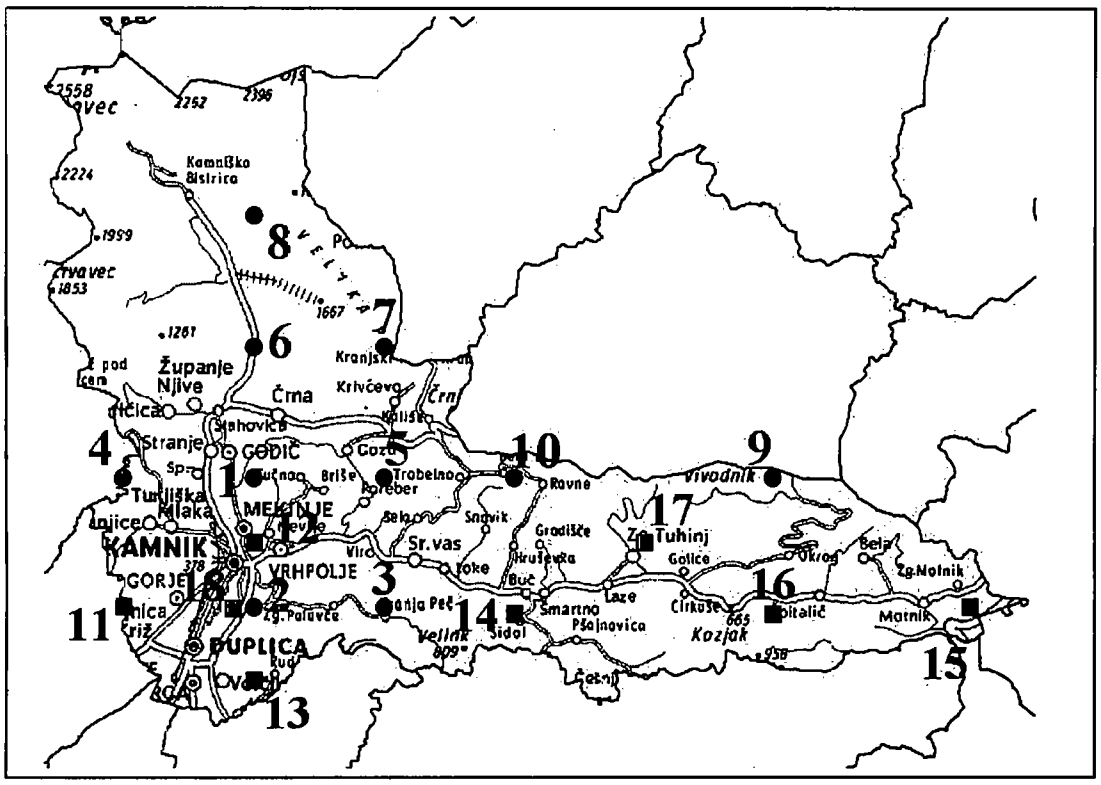
1.1 Imisije onesnažil in njihov vpliv na gozdove

Spremljanje stanja gozdov s pomočjo snemanj in bioindikacijskih metod je pomembno za ugotavljanje motenj v njihovem razvoju in rasti. Ohranjen, zdrav, dobro gospodarjen in zato stabilen gozd, lahko prinaša lastnikom trajne neposredne materialne koristi (predvsem les). Njim in mnogim drugim omogoča tudi nematerialne dobrine, zadržuje padavinsko vodo in zdrse tal, blaži podnebne ekstreme, varuje naravne znamenitosti, omogoča raznovrstno rekreacijo idr. Vse to omogoča ljudem boljše, varnejše in bogatejše življenje.

Med vzroki slabšega zdravstvenega stanja gozdov in stabilnosti gozdov so tudi imisije onesnaženega zraka v gozd. Vplivajo tako, da neposredno spreminjajo in motijo življenjske procese v gozdnih ekosistemih in z njimi povezane življenjske razmere za normalno rast gozdov.

V nalogi smo s pomočjo snemanja stanja drevesnih krošenj (osutost listja oz. iglic) in bioindikacijskih metod, kot so popis lišajev, določitev vsebnosti dušika, žvepla in izbranih težkih kovin v tleh in smrekovih iglicah ugotovili, kakšna je imisijska obremenjenost gozdov v občini Kamnik. V letu 2001 smo opravili vsa terenska dela in terenske meritve, laboratorijske analize in vrednotenje rezultatov pa v letu 2002. V poročilu so predstavljene značilnosti gozdnih rastišč, rezultati popisa osutosti drevja in poškodovanosti gozdov, analizni rezultati tal in vzorce smrekovih iglic za izbrane ploskve v občini Kamnik, za dve lokaciji pa dendrokronološke analize za smreko.

Snemanja in vzorčenje smo v l. 2001 izvedli na desetih lokacijah 4 x 4 km nacionalne mreže, na kateri se vsakih pet let izvaja velikopovršinska inventura stanja gozdov (1991-1995-2000; na karti 1 so te ploskve označene s krogci). Ker na ta način nismo zadovoljivo pokrili vsega območja občine Kamnik (na primer v zadnjem obdobju s prometom obremenjene Tuhinjske doline), smo na željo naročnika projekta v nekaterih delih občine mrežo zgostili na 2x2 km in tako postavili še 7 dodatnih točk (na Karti 1 označene s kvadrati). Dodatna osma ploskev je bila postavljena v bližini mesta Kamnik na mestu, kjer so v preteklosti že potekale raziskave.



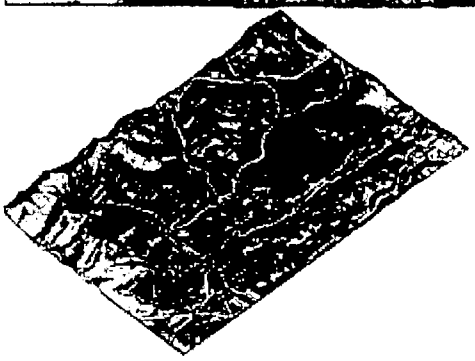
Karta 1: Lokacije snemanj in jemanja vzorcev v občini Kamnik (črne pike – ploskve 4 x 4 km mreže, kvadrati – dodatno izbrane ploskve)

Zaporedna številka,	kraj-naziv in	n.viš. (m)
1	Kršič	480
2	Krantar	515
3	Vranja peč	560
4	Viševca	475
5	Laze	810
6	Predkonjska	520
7	Gojška planota	1330
8	Planina Dol	1350
9	Biba planina	1320
10	Poljana	850
11	Gmajnica	365
12	Mekinje	455
13	Šmarca	375
14	Sidol	537
15	Motnik	524
16	Špitalič	556
17	Zgornji Tuhinj	880
18	Perovo	394

Občina Kamnik je raznolika in sega od nižin Kamniško-dupliškega polja z mestom Kamnik, ki je na 390 m n.v., do vrhov v Kamniško Savinjskih Alpah na severu, ki sežejo preko 2000 m n.v.. Proti vzhodu se razteza Tuhinjska dolina, severno je Menina, nad njo pa prelaz Černivec. Na takem razgibanem reliefu, kjer se prepletajo značilnosti predgorskega in visokogorskega podnebja, se razlike izražajo tudi v padavinskem režimu. Količine padavin se znižujejo z nadmorsko višino, v Alpah ponekod presegajo 2500 mm, v Kamniku pa povprečja znašajo 1341 mm (PERKO / OROŽEN ADAMIČ 1998). Povprečna letna temperatura v Kamniku je približno 9°C, na Krvavcu pa 2,9 °C (PERKO / OROŽEN ADAMIČ 1998). V hladni polovici leta je v dolinah in kotlinah prisoten toploten obrat, kar v naseljenih predelih povzroča zadrževanje onesnaženega zraka z meglo v nižinah.

Viri imisij onesnaženega zraka so lokalnega izvora, v sami občini Kamnik in kot posledica prenosa onesnažil glede na smeri vetra in podnebne razmere iz oddaljenejših virov, predvsem z vetrovi od zahoda v Ljubljanski kotlini. Potencialni viri emisij onesnaženega zraka so na splošno toplarne in sistemi daljinskega ogrevanja, industrijske

LEGENDA:
Stopnja onesnaženosti po bioindikatorjih



kotlovnice, individualna kurišča, tehnološki procesi, uporaba topil, cestni in drug promet,

Karta 2: Prikaz reliefa preučevanega območja in različne smeri pogleda občine Kamnik z označenimi (modre točke) ploskvami (T. Kralj)

odpadki, kmetijstvo in živinoreja idr.. V samem mestu Kamnik in okolici, ki sta močno urbanizirana, se nahajajo večina potencialnih virov emisij v zrak; industrijski obrati, kurišča, kmetijske površine. Promet, ki je pomemben vir emisij pa je zgoščen tako v okolici Kamnika kot tudi v Tuhinjski dolini. Po podatkih HMZ (zdaj ARSO) iz leta 1996, je mesto Kamnik od 41 slovenskih krajev na osmem mestu glede povprečnih vrednosti 24-urnega indeksa onesnaženja zraka s kislimi plini (I_{so2}), izraženem v SO_2 $\mu g/m^3$ (I_{so2} = 40 μg SO_2/m^3; min-max SLO= 6-63 μg SO_2 $/m^3$), glede povprečnih 24-urnih koncentracij dima pa na 15 mestu 47 slovenskih krajev. Povprečna koncentracija dima za Kamnik je bila v letu 1996 19 $\mu g/m^3$, letna mejna imisijska koncentracija za SO_2 in za dim je 50 $\mu g/m^3$ (Onesnaženost zraka ..., 1997). Indeks I_{so2} predstavlja po poročilu HMZ (1997) skupno stanje onesnaženosti zraka izmerjeno na merski mreži HMZ s peroksidno metodo. Po meritvah iz leta 1985 je bil zrak v občini Kamnik zelo slab, po onesnaženju z SO_2 celo na 4. mestu v Sloveniji.

Pot onesnaženega zraka in zgoraj naštetih plinov od vira onesnaženega zraka do receptorja (rastlina, gozd), lahko opišemo z naslednjim sistemom (SEINFELD 1986):

I.	II.	III.
	kemična transformacija	
EMISIJSKI VIRI ⇒	ATMOSFERA ⇒	RECEPTORJI
	primarni polutanti	*sekundarni polutanti*

Žveplov dioksid, dušikovi oksidi, vodikov klorid in fluoridi tvorijo, raztopljeni v vodnih kapljicah v zraku močne mineralne kisline. Te snovi padajo na zemljo kot kisel dež[1] , sneg, megla - mokri depozit, ali kot kisli trdni delci - suhi depozit (PUXBAUM s sod. 1983). Glavni povzročitelji kislosti v padavinah so sulfatni in nitratni ioni kot končni oksidacijski produkti žveplovih in dušikovih oksidov, katerih najpomembnejši izvor je izgorevanje fosilnih goriv. Nad neonesnaženimi področji je vrednost pH padavin med 5.0 in 6.0 zaradi raztapljanja ogljikovega dioksida v vodi. Pri procesu nastaja ogljikova

[1] Mokre usedline (odložine) so kapljice padavin v obliki snežink, dežnih kapelj ali aerosolov v megli, ki vsebujejo raztopljene polutante. Škodljive snovi se odlagajo na tla tudi v obliki plinov ali delcev in temu pravimo suha usedlina. Kisli dež je mokra usedlina in je le ena od komponent kislih usedlin (Onesnaženost zraka ..., 1997).

Po Ulrichu (ULRICH 1986) ločimo skupne usedline (odložine), ki jih delimo na suhe in mokre usedline. Mokre obsegajo vse snovi, ki skupaj s padavinami prispejo na površino tal in na rastline. Z lovljenjem padavin s totalizatorji dobimo poleg mokrih usedlin tudi del suhih usedlin, ki prispejo v vzorčevalnike pod vplivom težnosti. Ulrich imenuje mokre usedline in sedimentirane suhe usedline (delci prahu) skupaj padavinske usedline. Mokre usedline sestavljajo dež in sneg, suhe usedline pa delci, ki padajo zaradi težnosti in niso dež oz. sneg, aerosoli, kapljice megle in oblakov ter plini (ULRICH 1992).

Po Glatzelu (v: PUXBAUM s sod. 1983) se prenaša z mokrim depozitom onesnažen zrak v notranjost listov, iglic ter na njihovo zgornjo površino s kapljicami vode, snegom, toèo, meglo in kapljicami oblakov. Èe je pH vrednost mokrega depozita nižja od 5.6, govorimo o kislem dežju. Suhi depozit opisuje kot neposredni vnos onesnaženega zraka (plini, aerosoli, prašni delci itn.) na površine vegetacije, tal, pa tudi prehod plinov skozi listne reže rastlin.

kislina. Vrednost pH 5.6 je mejna vrednost za kisel dež (BINKLEY s sod. 1989).

Kisle padavine učinkujejo na vegetacijo neposredno in posredno, s suhim in mokrim depozitom (PUXBAUM s sod. 1983). V plinski obliki vstopajo v rastline preko listnih rež žveplov dioksid (SO_2), dušikovi oksidi (NOx), fluorovodikova kislina (HF), ozon (O_3) itn. Po vstopu ozona v notranjost lista poteka njegova transformacija, ki vodi do nastanka prostih radikalov, kot so superoksid in hidroksi radikali (GUDERIAN 1985). Nastali ioni delujejo toksično predvsem na nivoju celice in subcelularnih struktur v organih rastline. To delovanje se kasneje izraža v spremenjeni anatomiji in morfologiji rastlinskih organov in izgledu celotne rastline. Vplivajo na delovanje encimov in s tem posredno tudi na procese kot so: fotosinteza, dihanje, transpiracija in vzdrževanje turgorja (PUXBAUM s sod. 1983). Kisel dež lahko glede na vrednost pH poškoduje kutikulo (PUXBAUM s sod. 1983), iz listov spira K^+, Ca^{2+} in Mg^{2+} ione (ULRICH 1983).

Zakisovanje gozdnih tal zaradi vnosa kislih usedlin pa povzroča procese, ki spreminjajo lastnosti tal, vegetacije in vplivajo na njihovo degradacijo. Pojav propadanja gozdov v zadnjih desetletjih v severni in centralni Evropi in v Sloveniji je povezan poleg neposrednega vpliva onesnaženega zraka na drevje tudi s posrednim delovanjem kislih usedlin na gozdne ekosisteme. Spremembe kemizma gozdnih tal na katerega vpliva vnos kislih usedlin (posreden vpliv), se odražajo:

- v hitrosti mineralizacije organske snovi;
- v siromašenju biotske raznovrstnosti;
- v poškodbah korenin zaradi protonskega stresa;
- v zavirani mikrobiološki aktivnosti tal;
- v spremenjenem kroženju snovi v gozdnih ekosistemih in v spremenjenih naravnih ravnotežjih;
- v spremenjeni izravnalni sposobnosti tal;
- v spremenjenih prehranskih razmerah rastlin;
- v degradaciji tal, itn.

Tudi kovine so potencialen vzrok motenj v delovanju gozda. Na velike razdalje se širijo v obliki lahkohlapnih komponent, vezane na prašne delce ter z različnimi industrijskimi odplakami (ADRIANO 1992). Potencialni vir kovin so tudi tla. Vloga težkih kovin pri pojavu "propadanja" oziroma slabšanja zdravstvenega stanja gozda je nejasna. Težke kovine vplivajo na talno mikrofavno in s tem na hitrost razkroja organske snovi. (INNES 1993, HENDRIKS s sodelavci 1997). Po Gawelu obstaja zveza med propadanjem smreke in težkimi kovinami (HENDRIKS s sodelavci 1997). Jooseva (1989) ugotavlja zmanjšan radialni prirast smreke v 100 m pasu avtocest, kjer so povečane imisije Pb (JOOS 1989). Hrvaški raziskovalci pa niso našli povezav med vsebnostmi svinca v tleh (Of in Ah horizont) in radialnim prirastkom drevja na ploskvah hrvaške bioindikacijske mreže (PRPIĆ s sodelavci 1994).

Mobilnost težkih kovin v tleh in njihova dostopnost rastlinam je povezana z reakcijo tal, vsebnostjo organske snovi (pomembna je vloga ohranjenega organskega horizonta gozdnih tal) ter kationsko izmenjalno kapaciteto. Praviloma so težke kovine rastlinam

dostopnejše pri nižjih pH vrednostih tal. Težke kovine se kopičijo v organskem horizontu zaradi velike sposobnosti huminskih in fulvo kislin za kompleksacije, kar je vzrok, da pri ugotavljanju imisj kovin – bioindikaciji - v gozd posebno pozornost posvečamo njihovi vsebnosti v organskih plasteh tal. (VANMECHELEN s sodelavci 1997).

Privzemanje težkih kovin pri drevju poteka preko korenin. Sprejem preko listja in iglic pa je majhen. Drevje je zaščiteno pred neposrednimi vplivi težkih kovin z mehanizmom njihovega sprejemanja. K temu pripomore tudi imobilizacija kovin v tleh.

Poleg t. i. klasičnega onesnaževanja poteka tudi proces povečevanja koncentracije toplogrednih plinov (TGP; CO_2, CH_4, O_3, NOx, N_2O, CFC, HFC, SF_6 idr), temperature zraka in ekstremnih vremenskih dogodkov (Prvo poročilo Konference pogodbenic Okvirne Konvencije ZN o spremembi podnebja, 2000).

Preglednica 1: Pregled ključnih stresnih dejavnikov, ki vplivajo na gozdne ekosisteme po ICP Forests (po VRIES, 2000)

			ključni stresni dejavniki						
		Učinek	CO_2	N	kislost	O_3	kovine	vreme	biotski
drevo		Stanje	+	+	+	+	-	+	+
		Rast	+	+	+	+	-	+	+/-
		Hranila	-	+	+	+/-	-	+	-
tla		kakovost-lastnosti	-	+	+	-	+	-	-
		vsebnost C	+	+	+	-	+/-	+/-	-
talna	raztopina	kakovost-lastnosti	-	+	+	-	+	+	-
flora		vrstna raznolikost	-	+	+	+	+/-	+	+/-
fauna		vrstna raznolikost	-	+/-	+	-	+	-	-

Legenda: + učinek je pričakovan; - učinek ni pričakovan; osenčena polja se navezujejo na emisije onesnažil

Toplogredni plini (TPG) vplivajo na stabilnost gozdnih ekosistemov in napovedujejo spremembo razmer za rast drevja in razvoj gozdov, kar potrjujejo različne študije gozdnih ekosistemov v Evropi (SPIECKER 1999). Kot možne vzroke povečane rasti v literaturi navajajo naraščanje koncentracij TGP, predvsem CO_2, kot posledica povečanih koncentracij TPG pa tudi spremembe temperatur zraka in padavinskega režima. Zaradi posledic klimatskih sprememb in spremenjenih rastiščnih razmer se poveča občutljivost gozdnega drevja na vse številnejše pojave ekstremnih vremenskih razmer (suše, nizke in visoke temperature, neurja) in posledično tudi na bolezni in škodljivce.

Pomembnejše teorije, ki razlagajo vzročno-posledična razmerja med stanjem gozda in rastjo drevja (IM) in stresnimi dejavniki štejemo (VRIES, 2000):

- hipotezo neposrednega vpliva onesnaženega zraka na gozd – neugoden vpliv povečanih koncentracij SO_2, NOx in O_3 na krošnje drevja povzroča fiziološko sušo, premeščanje ogljika in s tem oslabitev koreninskega sistema in povečanega spiranja, ki vpliva na vsebnosti hranil v listju in iglicah drevja;

- hipotezo zakisanja gozdnih tal – vnos N in S posredno vpliva na zakisovanje tal, kar povzroča spiranje bazičnih ionov – hranil in njihovo pomanjkanje (npr. Mg/Ore Mountain na Češkem), prisotnost toksične oblike aluminija, ki vpliva na slabše uspevanje finih korenin in sprejem nujno potrebnih hranil za gozdno drevje, znižanje vrednosti pH tal pa deluje tudi na proces mineralizacije in na večjo mobilnost težkih kovin;

- hipotezo evtrofikacije – povečane imisije N pospešijo rast in povzročijo večje potrebe drevja po ostalih hranilih, povzročijo fiziološko sušo zaradi povečane rasti nadzemne biomase drevja (npr. krošnje) ne pa tudi koreninskega sistema, poveča se občutljivost drevja na naravne stresne dejavnike,npr. zmrzal in bolezni.

- hipotezo naravnega stresa – je osredotočena na neugodne vremenske razmere, še posebej na sušo, prisotnost bolezni in škodljivcev, kot glavne vzroke škod.

Prve tri hipoteze so povezane s preučevano problematiko v Kamniški občini, s spremljanjem imisij onesnaženega zraka in stanjem gozda na izbranih lokacijah, četrta hipoteza pa je več ali manj stalnica in v veliko primerih zmanjšuje zmožnost obstoja drevja in uspešne rasti gozda v razmerah, kjer je prisoten dodatni vpliv onesnaženega zraka.

2 METODE DELA

2.1 Metode terenskega dela in laboratorijske analize

Na vsaki izmed izbranih osemnajstih lokacij (glej karti 1,2) smo zakoličili stalno vzorčno ploskev. Po tej metodi na v naprej določenih lokacijah (v gozdu) postavimo ploskve.
Vsaka ploskev je sestavljena iz :

- notranje ploskve s površino P = 2 ara* določa polmer 7.98 m, na tej se merijo in ocenjujejo vsa drevesa z debelino vsaj 10 cm in
- zunanje ploskve s površino P = 6 arov* določa polmer 13.82 m, na tej pa se merijo in ocenjujejo vsa drevesa z debelino vsaj 30.0 cm (KOVAČ in sod 2000).

Vse površine se nanašajo na ravno zemljišče. V primeru, da so ploskve na nagnjenem terenu, je treba v skladu z nagibom terena površine (polmere) ploskev ustrezno preračunati (*korigirati)*. Vsako izmerjeno drevo na vzorčni ploskvi, je prostorsko točno opredeljeno z razdaljo od središča ploskve in azimutom (HOČEVAR 1993). Tak način nam omogoča, da ob ponovnem snemanju, izmerimo in ocenimo ista drevesa, kar nam omogoča neposredno spremljanje razvoja stanja (HOČEVAR 1993).

2.1.1 Osutost drevja

Kot osnovni kazalnik za določanje zdravstvenega stanja oziroma vitalnosti drevesa nam služi ***osutost***. ***Osutost*** je v odstotkih izražen delež manjkajočih iglic/listja, v primerjavi s polno olistanim drevesom iste drevesne vrste, na enakem rastišču. Za poškodovano štejemo tisto drevo, katerega stopnja osutosti je višja od 25%. Vendar pa osutost ni dejavnik, ki bi bil odvisen le od stopnje onesnaženosti zraka. Ugotovljeno je namreč bilo,

da onesnažen zrak lahko zavira nastajanje novih listov/iglic, ustavlja rast listja in povzroča predčasno odpadanje, hkrati pa je odpadanje listja/iglic, naravni mehanizem razvoja s katerim se tudi popolnoma zdravo drevo odzove na razne strese. Na ta način lahko v sušnem obdobju prepreči prevelike izgube vode in propad ali pa se tako znebi odvečnih snovi, ki so se v listu nakopičile. Ker na drevo istočasno vpliva več dejavnikov in njihovih vplivov, jih vedno ni mogoče med seboj ločiti, tudi osutosti ne moremo pripisati le določenemu vzroku. To je možno le v primeru, da je posamezen dejavnik zelo močno poudarjen (npr.: izredno močna onesnaženost, dolgotrajna suša). Na osutost pa vplivajo tudi žuželke, bolezni, žled, veter, itd. (HOČEVAR / MAVSAR / KOVAČ 2001).

2.1.2 Popisi lišajev

Pri preučevanju imisij onesnaženega zraka v gozdne ekosisteme opravljamo še popise lišajske vegetacije s t.i. indeksi atmosferske čistosti (I.A.P.) (BATIČ 1987), ki nam služi kot bioindikator za onesnaženost zraka, saj v večini primerov v bližini ploskev ni postaj za merjenje onesnaženosti zraka. Lišaji so se kot bioindikator uveljavili zaradi velike občutljivosti na onesnaženi zrak, predvsem na SO_2 (BATIČ 1996).

Lišaji so zgrajeni iz alg in gliv. Kot steljčnice nimajo krovnih tkiv, kot epifiti so se prilagodili na sprejemanje snovi iz zraka, pri čemer je njihova presnova odvisna najbolj od vlažnosti in od temperature zraka. V onesnaženem ozračju propadejo prej kot višje rastline, zato jih uporabljamo za razlikovanje poškodb, ki jih povzroča onesnažen zrak, od tistih, katerih vzroki so drugi (diferencialno diagnostično sredstvo). Največjo vrednost imajo takrat, ko lišaje opazujemo na drevesnih vrstah, ki rastejo na območju naravne razširjenosti.

Občutljivost lišajev na onesnažen zrak je odvisna od alg in gliv, ki jih gradijo. Ne glede na to pa je (kljub nekaterim izjemam) odpornost lišajev odvisna od tipa steljke. Poznamo tri tipe lišajev; grmičaste, listaste in skorjaste (BATIČ 1987). V splošnem velja, da so lišaji s skorjasto steljko najbolj odporni na onesnažen zrak, grmičasti pa so najbolj občutljivi. Listasti lišaji so po občutljivosti na onesnažen zrak nekje na sredini. Logična in dokazana razlaga za to je v razmerju med stično površino steljke in zraka. Skorjasti lišaji so s steljko vrasli v podlago ali pa so z njo v zelo tesnem stiku, zato večino hranil dobijo iz nje. Vpliv spremenjene kemijske sestave onesnaženega zraka je zato manjši kot pri listastih in grmičastih lišajih, ki so s podlago v rahlejšem stiku in je zato zanje preskrba s hranili in vodo bolj odvisna od kvalitete zraka.

Oceno prisotnosti, pokrovnosti in pogostnosti posameznih tipov lišajev (skorjasti, listasti in grmičasti) se ocenjuje na različnih višinah debla. Na osnovi teh ocen, izračunamo indeks atmosferske čistosti (IAP). Metoda opazovanja prisotnosti, številčnosti in pokrovnosti treh osnovnih lišajskih tipov je zelo grobo merilo za ugotavljanje kvalitete zraka, ki zanemarja vrstno specifičnost lišajev in s tem večjo natančnost (KOVAČ in sod 2000).

2.2 Tla

Poleg osutosti smo na izbranih osemnajstih lokacijah *popisali* rastiščne značilnosti. Na ploskvah, smo okoli njenega središča na 18 mestih odvzeli vzorce tal. Vzorčena mesta so praviloma ležala na krožnici kroga s polmerom 15 metrov, med seboj oddaljena 20 ločnih stopinj (oziroma približno 5 metrov). V primerih, ko se je del površine kroga močno razlikoval (npr. zaradi pojavljanja vlake, steze, potoka, jarka, skalne stene, travnika, grmišča, poškodb tal zaradi spravila) od prevladujočih rastiščnih razmer, so vzorčna mesta ležala na rastiščno homogeni polovici krožnice. Na vsakem mestu smo s pomočjo svedra odvzeli podvzorec organskega horizonta in podvzorec mineralnega dela tal – tega le do globine 20 cm (če je seveda bil sploh razvit). Tako nabrane podvzorce smo na vsaki ploskvi združili v dva združena vzorca – v vzorec organskega in v vzorec mineralnega dela tal ploskve. Poleg tega smo na vsakem vzorčenem mestu tla preiskali s polkrožno sondo, ki lahko seže do globine 120 cm. Opisali smo vrste tal, globino talnih (pod)horizontov, za celotno ploskev pa smo določili še gozdno združbo ter vrsto matične podlage (njeno morebitno karbonatnost smo preverili z uporabo 10 % solne kisline). Na terenu ugotovljene rastiščne značilnosti smo preverili z obstoječimi geološkimi, pedološkimi in fitocenološkimi kartami.

Vse odvzete vzorce tal smo v Laboratoriju za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije analizirali. Vzorce smo posušili na zraku, jim odstranili vse makroskopske korenine in skelet. Nato smo jih zmleli in presejali skozi 2 mm sito. V presejanih tleh smo določili:

- Vrednost pH: potenciometrično v suspenziji tal z deionizirano vodo (H_2O) in s kalcijevim kloridom ($CaCl_2$),
- vsebnosti skupnega ogljika (C), dušika (N) in žvepla (S): po suhem sežigu vzorcev pri 1350°C z aparaturo LECO CNS-2000
- razmerje C/N
- vsebnost CaCO3 v vzorcih s pH vrednostjo v vodi večjo od 5. Meritve smo izvedli s Scheiblerjevim kalcimetrom
- vsebnosti težkih kovin: Al, Cr, Cd, Pb in Zn smo izmerili z atomsko absorpcijsko spektroskopijo (Thermo Jarrel Ash Scan 1). Predhodno smo vzorce razkrojili po mokrem postopku z mešanico mineralnih kislin ($HNO_3/HClO_4$ v razmerju 5:1). Za določene težke kovine smo glede na veljavni pravilnik (Uradni list RS 68/96) ocenili ali presegajo mejno, opozorilno oz. kritično vrednost v tleh.

2.3 Foliarni vzorci

Smrekove iglice smo vzorčili na vseh osemnajstih ploskvah. Smrekove veje smo vzorčili skladno z metodologijo MPS Gozd (ICP – Forest, FFCC ANON 1998). Enak način vzorčenja uporabljamo tudi za popise stanja foliarnih vzorcev na 16 x 16 km mreži Slovenije (SIMONČIČ 1997). Na vsaki lokaciji smo izbrali po tri drevesa sovladajočega socialnega položaja, ki so reprezentativna za izbrano ploskev glede na zdravstvenega

stanja in osutosti drevja. Vzorce smrekovih vej smo odvzeli s sedmega vretena, z osvetljenega dela krošnje.

Vzorce smrekovih iglic smo pred analizo posušili pri 40°C ter jih zmleli v krogličnem cirkonijevem mlinu. Nato smo v njih določili:

- vsebnosti skupnega ogljika (C), dušika (N) in žvepla (S): po suhem sežigu vzorcev pri 1350°C z aparaturo LECO CNS-2000
- vsebnosti težkih kovin: Al, Cr, Cd, Pb in Zn smo izmerili z atomsko absorpcijsko spektroskopijo (Thermo Jarrel Ash Scan 1). Predhodno smo vzorce razkrojili po mokrem postopku z mešanico mineralnih kislin ($HNO_3/HClO_4$ v razmerju 5:1).

2.4 Dendrokronološke raziskave

Na dveh ploskvah (kontrolni in v občini Kamnik) smo odvzeli po deset izvrtkov z namenom oceniti rast dreves in motnje, ki so vplivale na rast dreves v preteklosti. Analizirali smo izključno smreko (*Picea abies* Karst.). Iz vsakega drevesa smo odvzeli po en izvrtek do stržena. Vzorce smo zapakirali v plastične cevke, prenesli v laboratorij kjer smo jih najprej posušili v posebnih kartonastih nosilcih, nato pa zalepili v lesene nosilce in zbrusili. Meritve širin branik smo opravili v programu WinDENDRO, statistične analize pa v programu TSAP/x. Material smo odvzeli na dveh lokacijah - na Golški planini in za samostanom Mekinje. Lokacije so vrisane na karti (ploskvi 7, 12; glej karti 1,2)

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 Matična podlaga

Zaradi velike pestrosti rastiščnih dejavnikov v gozdovih občine Kamnik z 18 ploskvami (koncentričnimi permanentnimi ploskvami - KPP) nismo mogli zajeti vse njihove raznovrstnosti.

Polovica (9) preiskanih ploskev je imela karbonatno matično podlago (apnence in dolomite), druga polovica KPP pa (pretežno ali v celoti) nekarbonatno matično podlago (Preglednica 1).

Preglednica 2: Matične podlage ploskev

Ploskev	Kraj	Vrsta matične podlage (in doba njenega nastanka)
1	Kršič	Glinasti skrilavec in drobnik (triada, psevdoziljski skladi)
2	Krantar	Dolomit (triada)
3	Vranja peč	Apnenec (triada)
4	Viševca	Kremenov pesek, glina, melj s sljudo (miocen)
5	Laze	Apnenec (triada)
6	Predkonjska	Kremenov keratofir in porfir (triada)
7	Gojška planota	Dolomit (triada)
8	Planina Dol	Apnenec (triada)
9	Biba planina	Apnenec (triada)
10	Poljana	Dolomit (triada)
11	Gmajnica	Kremenovi peski (miocen)
12	Mekinje	Glina, melj, pesek (miocen)
13	Šmarca	Peščena glina, glinast prod (pleistocen in holocen)
14	Sidol	Roženec in dolomit (triada)
15	Motnik	Dolomit (triada)
16	Špitalič	Kremenovi peski, prod (miocen)
17	Zgornji Tuhinj	Dolomit (triada)
18	Perovo	Mešan prod (holocen)

3.2 Talne razmere

Na karbonatnih kamninah smo ugotovili sledeče tipe avtomorfnih tal (ta tla so nastala in se razvijala samo pod vplivom padavinske vode; prehajanje vode skozi njih je prosto, brez zastajanja):

- **kamnišče** (tudi *litosol*): v ta talni tip smo razvrstili nerazvita, skeletna, zelo plitva organogena tla katerih debelina ni večja od 11 cm in leže na čvrsti skali ali slabo zdrobljeni matični osnovi. Pretežno jih sestavljata opad in pod njim plast slabo razkrojenih rastlinskih ostankov. Le v razpokah med kamenjem in skalami je organska snov bolj humificirana. Vsebujejo malo rastlinskih hranil, so slabo biološko aktivna, slabo vododržna in zelo slabe rodovitnosti.

- **Rendzina**: našli smo več različic teh humusno-karbonatnih tal. V ekstremnih rastiščnih razmerah se pojavljata organogeni različici rendzin (**protorendzina**, ki je pretežno iz surovega humusa in **prhninasta rendzina**). Imata dominantni organski humusni podhorizont oz. humusno plast iz slabo razkrojenih oblik humusa (surov humus, prhnina). Največji površinski delež na obravnavanih površinah zavzema **sprsteninasta rendzina** z dominantnim humusnoakumulacijskim horizontom A, v katerem prevladujejo bolj razkrojene oblike humusa – sprstenine.

Rendzine, ki imajo poleg horizonta A tudi več kot 2 cm debelo površinsko plast iz surovega humusa, smo uvrstili v podtip **tangel rendzina.** Mestoma so se pojavljala tudi rendzinasta tla, ki so vsebovala inicialni kambični horizont $(B)_{rz}$, ki pa je bil tanjši od horizonta A. Taka tla, ki predstavljajo prehod proti kambičnim tlem, smo uvrstili v **rjavo rendzino**;
- **rjava pokarbonatna tla:** kambična tla imajo dominantni mineralni kambični horizont $(B)_{rz}$ s stopnjo nasičenosti z bazami večjo od 50 %, ki je nastal zaradi kopičenja netopnih ostankov pri preperevanju apnencev in dolomitov in je rjave barve;
- **sprana pokarbonatna tla:** za sprana tla (tudi *luvisol*) na karbonatnih kamninah sta značilna eluvialni horizont E, ki zaradi izpiranja vsebuje manj gline in argiluvični horizont B_t pod njim, v katerega se je izprana glina nakopičila in ki je praviloma evtričen, z vrednostmi pH nad 5.

Na nekarbonatnih do malo karbonatnih matičnih podlagah smo ugotovili sledeče tipe avtomorfnih tal :
- **kamnišče** (*litosol*);
- **ranker:** humusno-silikatna tla smo na terenu razvrstili v organogeni **protoranker**, v tipični **ranker** z dominantnim humusnoakumulacijskim horizontom A ter v **rjavi ranker**, ki predstavlja prehod proti kambičnim tlem;
- **kisla rjava tla** (distrični kambisol): imajo kambični horizont $(B)_v$ s stopnjo nasičenosti z izmenljivimi bazičnimi kationi manjšo od 50 %, ker je nastal iz (pretežno) nekarbonatnih, z bazami revnih kamnin;
- **sprana tla** (*luvisol*) se nahajajo (pretežno) na nekarbonatnih kamninah - pod horizontom E imajo argiluvični horizont B_t, v katerega se je nakopičila izprana glina;
- **podzol :** imajo pod horizontom E podzolast horizont B. Železov podzol ima ferispodični horizont B_{fe}, v katerem so nakopičeni iz horizonta E izprani seskvioksidi. Humusno-železov podzol ima nad B_{fe} še humospodični podhorizont B_h, v katerem so nakopičene izprane humusne snovi;
- **rjava podzolasta tla** (*brunipodzol*): imajo humospodični podhorizont B_h in ferispodični horizont B_{fe}, nad njima pa leži mešani horizont A/E ali pa se horizont E pojavlja le v obliki nepovezanih peg.

Pri sondiranju koncentričnih permanentnih ploskev (KPP) smo našli tudi tri vrste **hidromorfnih tal** (to so zaradi talne, površinske in/ali poplavne vode trajno do začasno mokra tla, ki imajo izražene znake prekomernega navlaževanja): pobočni psevdoglej, hipoglejna tla in šotna tla. Za **psevdoglej** je značilna plast g, ki je marmorirana - vsebuje rjaste in sive pege, ki nastanejo od vplivom občasno stoječe vode na nepropustni talni plasti.

GOZDARSKA KNJIŽNICA

Hipoglejna tla imajo glejni horizont G, ki ima znake redukcijskih (podhorizont G_r) in oksidacijskih (podhorizont G_o) procesov zaradi vplivov visoke podtalnice.
Šotna tla imajo več kot 30 cm debel šotni horizont T.

V preglednici 3 so prikazani odstotni deleži prevladujočih talnih enot, ki smo jih ob vzorčenju ugotovili na koncentričnih permanentnih ploskvah. V oklepajih so navedena tla, ki so se pojavljala le v fragmentih.

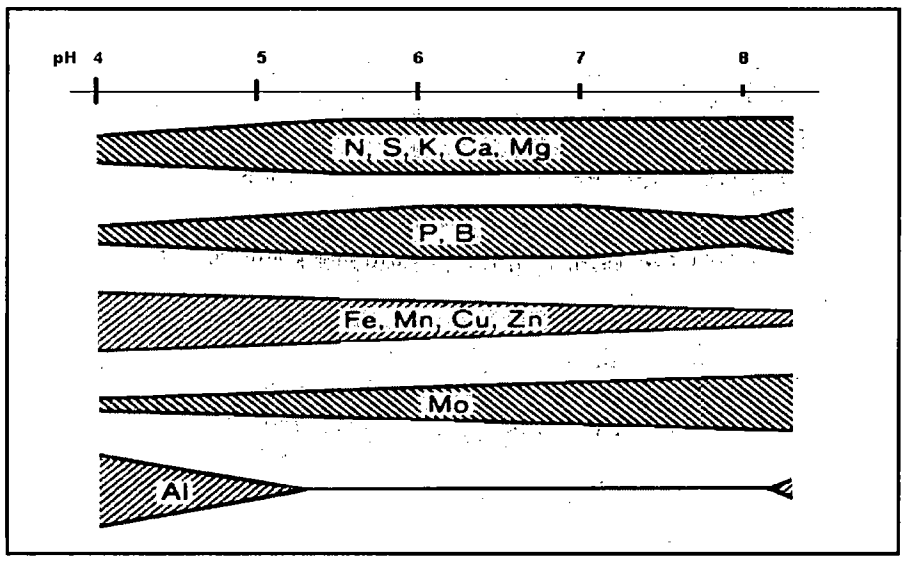
Preglednica 3: Talne razmere na ploskvah

z.št. kraj	Odstotni deleži prevladujočih talnih tipov (ter pojavljanje talnih tipov v fragmentih, z manj kot 10 % deležem)
1 Kršič	Distrična rjava tla, globoka 100 %
2 Krantar	Kamnišče 10 %, prhninasta rendzina 20 %, tangel rendzina 10 %, sprsteninasta rendzina 50%, rjava pokarbonatna tla 10 %, (rjava rendzina)
3 Vranja peč	Rjava rendzina 10 %, sprana pokarbonatna tla 90 %, (sprsteninasta rendzina, rjava pokarbonatna tla)
4 Viševca	Distrična rjava tla, globoka 100 %
5 Laze	Protorendzina (iz surovega humusa) 10 %, prhninasta rendzina 30 %, tangel rendzina 30 %, sprsteninasta rendzina 30 %
6 Predkonjska	Protoranker (organogeni) 10 %, ranker 10 %, rjavi ranker 10 %, distrična rjava tla 70 %
7 Gojška planota	Sprsteninasta rendzina 50 %, rjava rendzina 30 %, rjava pokarbonatna tla 20 %
8 Planina Dol	Kamnišče 30 %, prhninasta rendzina 70 %,
9 Biba planina	Prhninasta rendzina 10 %, sprsteninasta rendzina 50 %, rjava pokarbonatna tla 40 %, (kamnišče)
10 Poljana	Prhninasta rendzina 30 %, tangel rendzina 20 %, sprsteninasta rendzina 10 %, rjava pokarbonatna tla 20 %, pobočni psevdoglej 20 %, (kamnišče, rjava rendzina)
11 Gmajnica	Distrična rjava tla 30 %, rjava podzolasta tla 20 %, hipoglejna tla 50%, (šotna tla)
12 Mekinje	Distrična rjava tla, globoka 100 %
13 Šmarca	Distrična rjava tla, globoka 100 %
14 Sidol	Distrična rjava tla 40 %, rjava podzolasta tla 30 %, podzol 30 %
15 Motnik	Sprsteninasta rendzina 60 %, rjava rendzina 40 % (prhninasta rendzina, tangel rendzina, rjava pokarbonatna tla)
16 Špitalič	Protoranker (organogeni) 30 %, ranker 10 %, rjavi ranker 30 %, distrična rjava tla 30 %, (kamnišče)
17 Zgornji Tuhinj	Tangel rendzina 20 %, sprsteninasta rendzina 20 %, rjava rendzina 60 %, (kamnišče)
18 Perovo	Distrična rjava tla 100 %, (hipoglejna tla)

3.3 Kemijske lastnosti talnih plasti

3.3.1 Reakcije tal

Topnost večine mikrohranil v tleh je odvisna od reakcije tal in vsebnosti organske snovi. Reakcije tal so opredeljene s koncentracijo hidronijevih ionov (H_3O^+) v talni raztopini, ki jo izražamo s pH vrednostmi. Na skici 1 so prikazane dostopnosti hranil za večino rastlin pri različnih pH vrednostih tal. Optimalna pH vrednost tal se razlikuje glede na teksturo tal in potrebe rastlinske vrste (za bukev veljajo za optimalne vrednosti pH od 5 do 6, za jesen, javor, lipo, jelšo, topol vrednosti pH med 5,5 in 6,5, za smreko med 4,5 in 5,5 itd). Če so tla lažja in imajo več humusa, je optimalna reakcija tal praviloma nižja. Vrednosti pH (H_2O) so merjene



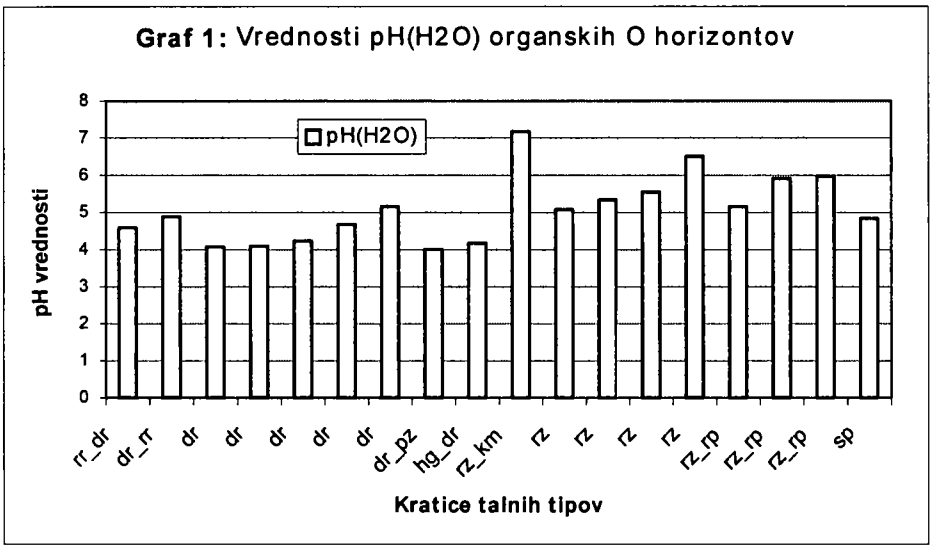
Skica 1: Dostopnosti hranil glede na pH vrednost tal (prilagojeno po FINCK 1991)

v vodni suspenziji tal, v kateri določamo aktivno kislost tal (ta zajema samo koncentracijo vodikovih ionov v talni raztopini). Potencialna kislost poleg vodikovih ionov v talni suspenziji zajema tudi ione, ki so adsorptivno vezani na talne koloide. Zato so vrednosti pH pri potencialni kislosti praviloma nižje kot pri izmenljivi kislosti. Izmenljivo potencialno kislost tal izmerimo s pomočjo raztopin nevtralnih soli, npr. z 0,01 M raztopino kalcijevega klorida ($CaCl_2$).

Preglednica 4: Meje razredov za parametre, določene organskim (O) in mineralnim (M) talnim vzorcem (FBVA 1992)

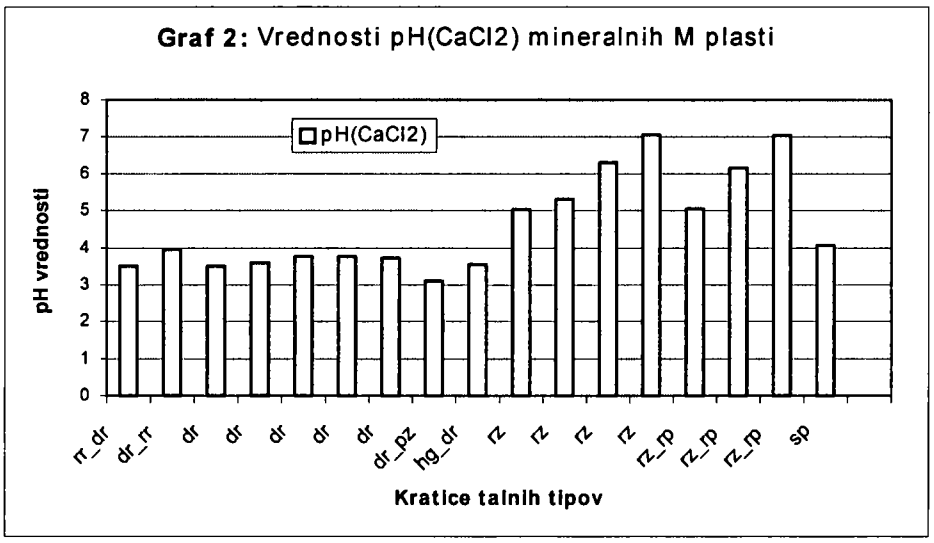
vzorec:	O + M	O + M		O	M	O + M
parameter:	pH	pH		C_{org}	C_{org}	C_{org}/N_{tot}
razred		Reakcija tal je:		%	%	
1	≤ 3,2	zelo kisla	≤ 4,5	≤ 20	≤ 1,0	≤ 16
2	3,3 - 4,0	srednje kisla	4,6 - 5,5	20,1 – 30	1,1 - 2,0	17 - 24
3	4,1 -5,0	slabo kisla	5,6 - 6,5	30,1 – 40	2,1 - 4,0	25 - 30
4	5,1 - 6,0	nevtralna	6,6 - 7,2	40,1 – 50	4,1 - 8,0	31 - 40
5	> 6,0	alkalna	7,3 - 8,0	> 50	> 8,0	> 40

vzorec:	O	M	M	O	O
parameter:	N_{tot}	N_{tot}	$CaCO_3$	S_{tot}**	C_{org}/ S_{tot}**
razred	%	%	%	%	
1	≤ 0,8	≤ 0,05	0	≤ 0,05	≤ 100
2	0,9 - 1,2	0,06 - 0,10	0,1 - 2	0,06 - 0,10	101 - 150
3	1,3 - 1,6	0,11 - 0,25	2,1 - 20	0,11 - 0,20	151 - 250
4	1,7 - 2,0	0,26 - 0,50	20,1 - 50	0,21 - 0,25	251 - 300
5	> 2,0	> 0,50	> 50	> 0,25	> 300



Legenda: rr = districni ranker; dr = districna rjava tla; pz = podzol; hg = hipoglej; km = kamnišče; rz = rendzina; rp = rjava pokarbonatna tla; sp = sprana pokarbonatna tla

Graf 1 : Vrednosti reakcije tal (H_2O) za organske plasti tal



Legenda: rr = districni ranker; dr = districna rjava tla; pz = podzol; hg = hipoglej; km = kamnišče; rz = rendzina; rp = rjava pokarbonatna tla; sp = sprana pokarbonatna tla

Graf 2 : Vrednosti reakcije tal ($CaCl_2$) za mineralne plasti tal

Preglednica 5: Aktivna (pH_{H2O}) in potencialna (pH_{CaCl2}) kislost tal ter vsebnosti organske snovi (Humus), organskega (C_{org}) in mineralnega (C_{min}) ogljika v sestavljenih talnih vzorcih, odvzetih iz organskih horizontov (O) in iz mineralnega dela tal (M) do globine 20 cm

Ploskev	Kraj	Plast	Globina (cm)	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Humus %	C_{org} %	C_{min} %
1	Kršič	O	2/7 - 0	4,67	4,35	36,98	21,45	2,57
1	Kršič	M	0 - 20	4,49	3,77	4,33	2,51	0,30
2	Krantar	O	2/14 - 0	5,55	4,91	49,05	28,44	3,41
2	Krantar	M	0 - 20	5,90	5,31	11,09	6,42	0,77
3	Vranja peč	O	5/ 14 - 0	4,83	4,03	44,57	25,85	3,10
3	Vranja peč	M	0 - 20	4,73	4,06	8,62	5,00	0,60
4	Viševca	O	4/13 - 0	4,09	3,71	52,58	30,50	3,66
4	Viševca	M	0 - 20	4,24	3,60	4,86	2,82	0,34
5	Laze	O	5/30 - 0	5,34	4,29	55,69	32,30	3,88
5	Laze	M	0 - 20	6,56	6,30	19,91	11,42	1,39
6	Predkonjska	O	3/32 - 0	4,88	4,38	59,91	34,75	4,17
6	Predkonjska	M	0 - 20	4,72	3,96	7,53	4,37	0,52
7	Gojška planota	O	5/25 - 0	5,92	5,53	65,68	37,47	4,57
7	Gojška planota	M	0 - 20	7,34	7,04	27,33	11,48	1,90
8	Planina Dol	O	7/80 - 0	7,17	6,90	54,74	27,14	3,81
9	Biba planina	O	3/14 - 0	5,15	4,84	42,15	24,45	2,93
9	Biba planina	M	0 - 20	5,60	5,05	11,03	6,39	0,77
10	Poljana	O	3/35 - 0	5,97	5,15	56,98	33,03	3,97
10	Poljana	M	0 - 20	6,64	6,16	14,31	5,78	1,00
11	Gmajnica	O	6/42 - 0	4,17	3,47	52,84	30,65	3,68
11	Gmajnica	M	0 - 20	4,47	3,55	2,65	1,54	0,18
12	Mekinje	O	7/18 - 0	4,23	3,57	28,96	16,80	2,02
12	Mekinje	M	0 - 20	4,13	3,50	7,40	4,30	0,52
13	Šmarca	O	7/19 - 0	4,08	3,53	56,72	32,90	3,95
13	Šmarca	M	0 - 20	4,39	3,77	5,57	3,23	0,39
14	Sidol	O	5/28 - 0	4,01	3,35	70,34	40,80	4,90
14	Sidol	M	0 - 20	3,80	3,10	10,12	5,87	0,70
15	Motnik	O	2/16 - 0	6,51	6,13	58,10	33,15	4,04
15	Motnik	M	0 - 20	7,31	7,06	23,79	9,75	1,66
16	Špitalič	O	4/17 - 0	4,59	4,20	63,27	36,70	4,40
16	Špitalič	M	0 - 20	4,28	3,50	6,82	3,96	0,47
17	Zgornji Tuhinj	O	2/15 - 0	5,08	4,73	59,39	34,45	4,13
17	Zgornji Tuhinj	M	0 - 20	5,60	5,03	9,86	5,69	0,69
18	Perovo	O	1/7 - 0	5,16	4,33	34,14	19,80	2,38
18	Perovo	M	0 - 20	4,52	3,73	3,96	2,30	0,28

Preglednica 6: Vsebnosti celokupnega dušika (N_{tot}), razmerja med organskim ogljikom in celokupnim dušikom (C_{org}/ N_{tot}) ter vsebnosti karbonatov ($CaCO_3$) in celokupnega žvepla (S_{tot}) v sestavljenih talnih vzorcih, odvzetih iz organskih horizontov (O) in iz mineralnega dela tal (M) do globine 20 cm

Ploskev	Kraj	Plast	N_{tot}	C_{org}/N_{tot}	$CaCO_3$	S_{tot}	C_{org} / S_{tot}
			%		%	%	
1	Kršič	O	1,00	21,4		0,10	215
1	Kršič	M	0,10	24,6		0,02	126
2	Krantar	O	1,33	21,5	0,06	0,12	237
2	Krantar	M	0,35	18,2	0,12	0,04	161
3	Vranja peč	O	1,13	22,9		0,13	199
3	Vranja peč	M	0,27	18,7		0,04	125
4	Viševca	O	1,25	24,5		0,14	218
4	Viševca	M	0,08	35,6		0,02	141
5	Laze	O	1,40	23,2		0,16	202
5	Laze	M	0,64	17,8	1,10	0,07	163
6	Predkonjska	O	1,32	26,3		0,15	232
6	Predkonjska	M	0,16	27,6		0,03	146
7	Gojška planota	O	1,40	26,9	5,28	0,09	416
7	Gojška planota	M	0,71	16,2	36,38	0,03	383
8	Planina Dol	O	1,42	19,2	38,44	0,11	247
9	Biba planina	O	1,27	19,3		0,13	188
9	Biba planina	M	0,37	17,3	0,06	0,05	128
10	Poljana	O	1,47	22,5	0,18	0,14	236
10	Poljana	M	0,33	17,3	21,04	0,01	578
11	Gmajnica	O	1,19	25,9		0,13	236
11	Gmajnica	M	0,01	105,5		0,01	154
12	Mekinje	O	0,77	21,9		0,08	210
12	Mekinje	M	0,17	25,0		0,03	143
13	Šmarca	O	1,14	28,9		0,14	235
13	Šmarca	M	0,11	29,9		0,02	162
14	Sidol	O	1,47	27,8		0,18	227
14	Sidol	M	0,17	34,2		0,03	196
15	Motnik	O	1,44	23,1	4,62	0,10	332
15	Motnik	M	0,73	13,3	33,79	0,04	244
16	Špitalič	O	1,55	23,8		0,16	229
16	Špitalič	M	0,15	26,7		0,02	198
17	Zgornji Tuhinj	O	1,59	21,7		0,15	230
17	Zgornji Tuhinj	M	0,32	17,5	0,22	0,04	142
18	Perovo	O	0,85	23,2		0,09	220
18	Perovo	M	0,07	30,9		0,02	115

Vrednosti pH, merjene v vodi (H_2O), so se v vzorcih organskih O horizontov gibale med 4,01 in 7,17, v vzorcih mineralne (M) plasti pa med 3,8 in 7,34. Vzorci organskih horizontov tal, ki so nastala na karbonatni matični podlagi, so praviloma imeli vrednosti pH (H_2O) nad 5 (nižjega - 4,83 - je imel le sestavljen organski vzorec, odvzet s spranih pokarbonatnih tal z Vranje Peči). Vzorci O horizontov tal, ki so nastala na nekarbonatni ali mešani matični podlagi, pa so praviloma imeli te vrednosti pod 5 (višjega - 5,16 - je imel le sestavljen vzorec s Perovega).

Vrednosti pH, merjene v kalcijevem kloridu ($CaCl_2$), so se v vzorcih organskih O horizontov gibale med 3,35 in 6,90, v vzorcih mineralne (M) plasti pa med 3,10 in 7,06. Vzorci mineralne (M) plasti tal, ki so nastala na karbonatni matični podlagi, so praviloma imeli vrednosti pH ($CaCl_2$) nad 5 (nižjega - 4,06 - je imel le sestavljen vzorec, pretežno odvzet iz eluvialnega E horizonta spranih pokarbonatnih tal z Vranje Peči). Vsi vzorci mineralne (M) plasti tal, ki so nastala na nekarbonatni ali mešani matični podlagi pa so bili vsi zelo kisli, saj so imeli te vrednosti pod 4. Najnižje pH vrednosti sta imela sestavljena vzorca s Sidola (tu se na rožencih pojavljajo distrična rjava tla - 40 %, rjava podzolasta tla - 30 % in podzol - 30 %. Podzoljena tla so praviloma zelo kisla in zelo distrična), najvišje - z nevtralno do alkalno reakcijo - pa sestavljeni vzorci z Motnika in z Gojške planine, kjer so se na dolomitu razvile rendzine in rjava pokarbonatna tla (grafa 1 in 2, preglednici 3 in 4).

3.3.2 Humus v tleh

Podatke o odstotnih deležih organske snovi v vzorcih tal ocenjujemo po razredih vsebnosti organskega ogljika, prikazanih v preglednici 3. Največ (10) vzorcev O horizontov je vsebovalo 30,1 do 40 % organskega ogljika (zato spadajo v srednji - 3. razred), pet jih je v 2. razredu, dva v prvem in eden (zopet iz Sidola, s 40,8 % C_{org}) v 4. razredu. Od vzorcev mineralnih (M) delov tal, odvzetih do globine 20 cm, so bili trije (z Laz, z Motnika in iz Gojške planine - na teh ploskvah prevladujejo rendzine) zelo visoko humozni, saj so vsebovali nad 8 % C_{org} (5. razred), 8 jih je bilo visoko humoznih (4. razred), pet (na teh prevladujejo distrična rjava tla) srednje humoznih (3. razred) in eden (z Gmajnic) le malo humozen (2. razred).

Od vsebnosti in oblike humusa so odvisne tako kemične kot fizikalne lastnosti tal. Najbolj ugodna je sprsteninasta oblika humusa. Sprstenina povezuje delce tal v strukturne skupke, s čimer se izboljšujeta zračnost in vodoprepustnost tal. Ima veliko adsorpcijsko sposobnost za vezanje vode in hranil, ki pa so rastlinam kljub temu lahko dostopne. Zato tlem izboljšuje vodno kapaciteto in je pomemben trajen vir hranil za rastline. Zanjo so značilna C/N razmerja med 10 in 15. Pri slabše razkrojeni, prhninasti obliki humusa so ta razmerja širša, med 20 in 25, še širša - med 25 in 35 - so pri surovem humusu, najširša - nad 30 % - pa pri šoti.

Največ (12) vzorcev O horizontov je spadalo v 2. razred, ostalih šest pa v 3. razred C/N razmerij. Razporeditev vzorcev mineralnih (M) delov tal je bolj pestro: eden je v 1. razredu, 7 v drugem, 5 v tretjem, trije v četrtem in eden (Gmajnica), v petem razredu (s

C/N razmerjem 105) Ta sestavljeni vzorec je v povprečju sicer najmanj humozen, vendar ga poleg podvzorcev iz distričnih rjavih, rjavih podzolastih in hipoglejnih sestavlja tudi podvzorec šote iz šotnih tal.

3.3.2 Celokupni dušik

O preskrbljenosti tal z dušikom sklepamo na osnovi rezultatov analiz o odstotnih deležih skupnega dušika v vzorcih (Preglednici 3 in 5). Ti podatki sicer ne dajejo točne podobe preskrbljenosti, saj je dušik običajno v tleh večinoma v organski obliki in ga je razmeroma malo v rastlinam dostopnih neorganskih oblikah. Rastlinam dostopne oblike dušika predstavljajo manj kot 2 % celokupnega dušika v tleh. Dostopnost dušika iz organske snovi v tleh je odvisna od procesa mineralizacije dušika v anorganske oblike amonija in nitrata. Ta stanja dušika se lahko med letom spreminjajo. Vendar praviloma večji odstotek dušika pomeni tudi boljšo preskrbljenost tal s tem hranilom.

En organski vzorec je vseboval le 0.77 % celokopnega dušika (1. razred vsebnosti N_{tot}), pet vzorcev O horizontov je spadalo v 2. razred, ostalih 12 pa v srednji (3.) razred (Preglednici 3 in 5). Od mineralnih (M) vzorcev je bil eden (z Gmajnic) zelo revno oskrbljen s celokopnim dušikom (1. razred vsebnosti N_{tot}), trije zadovoljivo (2. razred), pet srednje dobro (3. razred), pet bogato (4. razred) in trije (iz Laz, z Gojške planine in iz Motnika) zelo bogato, saj so vsebovali nad 0,5 % N_{tot} (5. razred).

3.3.3 Vsebnosti karbonatov v tleh

Večina analiziranih vzorcev je bila nekarbonatna (Preglednici 3 in 5). Od organskih vzorcev sta bila dva (s Krantarja in s Poljan) šibko karbonatna (2. razred vsebnosti $CaCO_3$), dva (iz Motnika in iz Gojške planine) srednje (3. razred), eden (s planine Dol - tu se pojavljajo le kamnišča in prhninaste rendzine, ki se jim mineralni del tal še ni razvil) pa močno karbonaten (4. razred vsebnosti $CaCO_3$). Od mineralnih vzorcev jih je sedem vsebovalo karbonate. Štirje (s Krantarja, z Zgornjega Tuhinja, z Biba planine in z Laz) so bili šibko karbonatni, trije (s Poljan, z Motnika in iz Gojške planine) pa močno karbonatni (4. razred vsebnosti $CaCO_3$). Na vseh teh ploskvah prevladujejo rendzine na apnencih ali na dolomitih.

3.3.4 Celokupno žveplo v tleh

Žveplo je osnovno rastlinsko hranilo, ki pa se npr. zaradi onesnaženosti zraka z SO_2 lahko prekomerno kopiči v rastlinskih listih in iglicah, kar se, ko odpadejo in se vgradi v tla, lahko odrazi v večji vsebnosti žvepla v tleh. Vendar izidi naših analiz take onesnaženost niso zaznali. Od analiziranih organskih vzorcev jih pet vsebuje razmeroma nizke (2. razred vsebnosti S_{tot}), ostalih 13 pa srednje visoke količine celokupega žvepla (3. razred vsebnosti S_{tot}). Šestnajst organskih vzorcev je imelo srednje široka razmerja med organskim ogljikom in celokupnim žveplom (najožjega - 188 - je imel vzorec iz Biba planine). Dva vzorca (z Motnika in z Gojške planine) pa sta imela ti razmerji zelo široki (332 in 416), kar ju uvršča v 5. razred C_{org}/S_{tot} razmerij. Nakazujeta slabšo preskrbljenost teh tal z žveplom.

3.3.5 Rezultati analiz izbranih težkih kovin

Na preglednici 7 so skupaj prikazane vsebnosti analiziranih kovin (aluminij, kadmij, svinec in krom) in tiste talne lastnosti (pH vrednost tal, organska snov), ki posredno kažejo na kopičenje in mobilnost (npr. pH vrednost, organska snov) kovin tleh.

Preglednica 7: Vrednost pH_{CaCl2}, vsebnost skupnega ogljika (C), C/N, vsebnost skupnega žvepla (S), aluminija (Al), svinca (Pb), cinka (Zn) in kroma (Cr) v organskem (O) in mineralnem delu tal (M; do 20 cm)

plos kev	profil	globina	pH_{CaCl2}	C	C_{org}/N	S	Al	Pb	Zn	Cr
		[cm]		%	%	%	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	O	2/7 - 0	4,35	21,5	21,36	0,10	25,4	29,7	70,5	39,2
1	M	0 - 20	3,77	2,5	24,61	0,02	37,6	34,3	66,9	59,9
2	O	2/14 - 0	4,91	28,5	21,47	0,12	17,5	87,9	124,5	28,4
2	M	0 - 0/20	5,31	6,4	18,19	0,04	50,9	64,2	122,5	57,9
3	O	5/14 - 0	4,03	25,9	22,88	0,13	43,6	65,7	130,7	45,1
3	M	0 - 20	4,06	5,0	18,69	0,04	68,6	67,2	151,5	92,9
4	O	4/13 - 0	3,71	30,5	24,50	0,14	11,5	47,9	52,5	18,7
4	M	0 - 20	3,60	2,8	35,63	0,02	23,1	34,7	41,9	37,4
5	O	5/30 - 0	4,29	32,3	23,15	0,16	29,2	98,1	131,2	45,4
5	M	0 - 0/20	6,30	11,6	17,80	0,07	71,7	75,7	199,5	103,5
6	O	3/32 - 0	4,38	34,8	26,33	0,15	11,9	57,1	70,6	13,2
6	M	0 - 0/20	3,96	4,4	27,57	0,03	29,7	37,5	72,2	21,2
7	O	5/25 - 0	5,53	38,1	26,86	0,09	4,6	55,9	74,8	14,1
7	M	0- 8/20	7,04	15,9	16,23	0,03	24,6	103,5	101,1	40,0
8	O	7/80 - 0	6,90	31,8	19,18	0,11	15,0	134,5	127,6	22,8
9	O	3/14 - 0	4,84	24,5	19,25	0,13	25,5	106,4	111,4	38,7
9	M	0 - 0/20	5,05	6,4	17,30	0,05	44,7	55,4	121,0	70,6
10	O	5/34 - 0	5,15	33,1	22,47	0,14	11,4	100,4	117,3	9,1
10	M	0 - 0/20	6,16	8,3	17,29	0,01	35,2	67,7	75,7	20,7
11	O	6/42 - 0	3,47	30,7	25,86	0,13	9,7	21,5	48,1	18,4
11	M	0 - 20	3,55	1,5	105,48	0,01	17,0	18,9	20,8	25,1
12	O	7/18 - 0	3,57	16,8	21,89	0,08	14,5	42,2	44,4	16,7
12	M	0 - 20	3,50	4,3	24,97	0,03	27,1	21,3	35,0	29,1
13	O	7/19 - 0	3,53	32,9	28,86	0,14	15,0	46,9	61,5	10,6
13	M	0 - 20	3,77	3,2	29,91	0,02	42,3	50,2	54,1	32,8
14	O	5/28 - 0	3,35	40,8	27,85	0,18	1,5	61,0	60,5	< 1
14	M	0 - 20	3,10	5,9	34,23	0,03	8,3	17,3	21,6	10,8
15	O	2/16 - 0	6,13	33,7	23,10	0,10	9,8	45,0	87,2	13,1
15	M	0 - 8/20	7,06	13,8	13,31	0,04	43,8	75,5	179,8	46,3
16	O	4/17 - 0	4,20	36,7	23,75	0,16	8,4	56,3	93,3	8,6
16	M	0 - 0/20	3,50	4,0	26,72	0,02	21,3	50,8	57,3	23,9
17	O	2/15 - 0	4,73	34,5	21,67	0,15	20,0	81,4	118,7	44,7
17	M	0-5 /20	5,03	5,7	17,55	0,04	43,6	62,2	140,6	145,4
18	O	1/7 - 0	4,33	19,8	23,20	0,09	25,9	19,7	90,9	21,7
18	M	0 - 20	3,73	2,3	30,89	0,02	43,3	44,7	64,0	25,2

Legenda: ☐ mejna imisijska vrednost za Pb in Cr v tleh; : ☐ : opozorilna imisijska vrednost za Pb in Cr v tleh; ■ kritična imisijska vrednost za Pb in Cr v tleh

GOZDARSKA KNJIŽNICA

Aluminij (Al) je eden od glavnih elementov zemeljske skorje, njegova vsebnost v kamninah je od 0,45 do 10 %. Med procesom preperevanje nastajajo Al hidroksidi, ki se nato vključujejo v glinene minerale. Skupna vsebnost Al v tleh je odvisna od matične podlage, na kateri so ta tla nastala, vendar pa imata za rodovitnost tal pomen le lahko mobilna in izmenljiva frakcija Al. V kislih tleh s pH pod 5.5 mobilnost Al močno naraste in aktivno tekmuje z ostalimi kation za izmenljiva mesta na mineralih in organski snovi. Ta frakcija Al je zelo lahko dostopna rastlinam in lahko povzroči kemijski stres zanje (PENDIAS IN KABATA 1984).

V vzorcih tal nabranih v kamniški občini smo določili tudi vsebnosti kadmija, ki pa jih v poročilu ne navajamo. Zaradi dodatnega, ponovnega preverjanja rezultatov (določeno število vzorcev oddali v analize v zunanji laboratorij), analizni rezultati niso vključeni v preglednico 7, bomo pa to naredili takoj, ko bomo pridobili preverjene rezultate v prilogi poročila.

Kadmij (Cd) je kemično močno soroden cinku in se metabolično obnaša na podoben način. Ima toksične učinke na živali in človeka. Nastopa v kamninah kot mikro element. Njegovo pojavljanje je močno povezano s pojavljanjem cinka (Zn), žvepla (S) in ter nekaterih drugih kovin (Cr, Ni ...). Med procesi preperevanja se hitro premakne v talno raztopino, nato pa tvori v tleh anorganske komplekse in organske kelate. Vsebnost Cd v tleh je najbolj odvisna od kemijske sestave matične podlage. Naravna vsebnost Cd v tleh ne presega 0,5 mg / kg , vse višje vsebnosti so posledica antropogenih vplivov na površinsko plast tal ali pa posledica matične kamnine. Mobilnost Cd v tleh je močno odvisna od pH tal. (PENDIAS IN KABATA 1984). V primeru nižje vrednosti pH se eksponentno povečata relativna mobilnost Zn in Cd (preglednica 2; VANMECHELEN s sodelavci 1997).

Preglednica 8: Relativna mobilnost Zn, Pb in Cd kot funkcija pH reakcije tal (VANMEHELEN s sodelavci 1997)

pH($CaCl_2$)	relativna mobilnost		
	Zn	Pb	Cd
5.5	1.5	1	2
4.5	2	1	5
3.5	5	1.5	10
2.5	10	2	25

Svinec (Pb) najdemo predvsem v kislih kamninah magmatskega izvora. V naravi se nahaja pretežno v dvovalentni obliki in je zelo slabo topen v naravnih vodah. Je predstavnik najslabše mobilnih kovin v tleh. Med procesom preperevanja ima sposobnost tvorjenja karbonatov, vključuje pa se tudi v minerale glin. Naravna vsebnost Pb v tleh je odvisna od matične podlage, vendar pa je v večini tal zaradi razširjene onesnaženosti vsebnost Pb povečana. Tudi pri Pb je težko ločevati med naravnim ozadjem in antropogeno vsebnostjo Pb v tleh. Je izredno nevaren za zdravje ljudi in živali in se pojavlja v dveh pomembnih virih (prehranjevalna veriga ter možnost vdihavanja prašnih

delcev). Zato je v zadnjih 15 letih opaznih vse več aktivnosti na področju iskanja rešitev odstranjevanja Pb iz tal (PENDIAS IN KABATA 1984).

Cink (Zn) je razmeroma enakomerno razširjen mikroelement v kamninah. Med procesi preperevanja se predvsem v kislih in oksidativnih razmerah sprošča mobilni dvovalentni Zn, ki se razmeroma lahko adsorbira na mineralne in organske komponente v tleh. Opazno je predvsem njegovo kopičenje v površinskih horizontih tal, saj je organska snov v tleh sposobna vezati Zn v stabilnih oblikah. Zato se Zn kopiči v površinskem delu tal tudi zaradi splošnega onesnaženja okolja zaradi antropogene dejavnosti. Topnost in mobilnost Zn v tleh je v obratnem sorazmerju z nasičenostjo tal s kalcijem (Ca) in fosforjevimi komponentami (P) v tleh. Procesi imobilizacije Zn v tleh zaradi interakcije s Ca in P imajo pomemben vpliv na pomanjkanje Zn za rastline (PENDIAS IN KABATA 1984).

Krom (Cr) je razmeroma razširjena kovina v kamninah, v katerih nastopa v različnih oksidacijskih oblikah, kot tudi v anionski in kationski obliki kompleksov. Najbolj stabilna sta Cr (III) in Cr (VI). V tleh pa je najbolj razširjena stabilna oblika Cr(III), ki se nahaja v medmrežnih prostorih mineralov, medtem ko je Cr (VI) nestabilen in lahko mobilen, poleg tega pa je tudi toksičen za rastline, živali in ljudi. Slaba mobilnost najbolj razširjene oblike Cr (III) je tudi vzrok za slabo preskrbljenost rastlin s to kovino, ki je nujno potrebna za normalen razvoj ljudi in živali. Glavni viri te kovine so industrijski odpadki in blata čistilnih naprav (PENDIAS IN KABATA 1984).

V Sloveniji so z uredbo predpisane mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti za ocenjevanje onesnaženosti tal z nekaterimi kovinami (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr, Hg, Co, Mo in As; Ur. list RS, št. 68/96). V preglednici 9 navajamo predpisane vrednosti za Cd, Pb, Zn in Cr.

Mejna imisijska vrednost je gostota posamezne kovine v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri kateri se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolje še sprejemljivi.

Opozorilna imisijska vrednost je gostota posamezne kovine v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolje.

Kritična imisijska vrednost je gostota posamezne kovine v tleh, pri kateri zaradi škodljivih učinkov ali vplivov na človeka in okolje onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi ali živali ter za zadrževanje ali filtriranje vode.

Preglednica 9: Mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti za Cd, Pb, Zn in Cr v tleh (Ur. list RS, št. 68/96)

kovina	mejna vrednost (mg/kg suhih tal)	opozorilna vrednost (mg/kg suhih tal)	kritična vrednost (mg/kg suhih tal)
Cd – kadmij	1	2	12
Pb – svinec	85	100	530
Zn – cink	200	300	720
Cr – krom	100	150	380

V preglednici 10 navajamo vsebnost opazovanih kovin v organskem in mineralnem sloju gozdnih tal, ki smo jih določili ob popisu gozdnih tal na točkah 16x16 km mreže v letu 1995.

Preglednica 10: Vsebnost kovin v gozdnih tleh v Sloveniji – popis stanja tal v letu 1995

	ORGANSKA PLAST		MINERALNA PLAST	
kovina	povprečna vrednost	območje	povprečna vrednost	območje
Al (g/kg)	8,6	1,3 –30,.0	24,2	4,8 – 55,2
Cr (mg/kg)	17	<1 – 84	57	14 – 436
Zn (mg/kg)	86	16 – 239	97	34 – 339
Pb (mg/kg)	66	11 – 611	45	7 – 228
Cd (mg/kg)	1,4	0,3 - 4,1	1,2	<0,1 – 12,3

Rezultati kažejo, da so gozdna tla v občini Kamnik precej obremenjena s težkimi kovinami, saj vsebnosti opazovanih kovin v določenih primerih presegajo povprečno vsebnost v gozdnih tleh, določeno v popisu stanja tal v Sloveniji leta 1995 (KALAN 1997). Na treh ploskvah je presežena mejna imisijska, na treh pa opozorilna vrednost za svinec oz. krom. V preglednici 11 navajamo ploskve s povečanimi vsebnostmi kovin, za Cd pa bodo ti podatki dostavljeni takoj po opravljeni analizi talnih vzorcev v zunanjem, referenčnem laboratoriju.

Preglednica 11: Ploskve s preseženo imisijsko vrednostjo kovin (Ur. list RS, št. 68/96)

kovina	presežena vrednost	organska plast tal	mineralna plast tal
Pb	mejna	Krantar, Laze	/
	opozorilna	Planina Dol, Biba planina. Poljana	Gojška planota
Cr	mejna	/	Zgornji Tuhinj

3.4 Gozdne združbe

Po naših ugotovitvah so vse preiskane površine potencialno rastišča bukovih gozdov. Na karbonatnih kamninah v predgorskem vegetacijskem pasu prevladujejo rastišča gozda bukve in tevja (Hacquetio-Fagetum), v gorskem pasu gozda bukve in velecvetne mrtve koprive (Lamio-Fagetum) in v visokogorskem pasu rastišča gozda bukve in platanolistne zlatice (Ranunculo-Fagetum). Zelo strmo apnenčasto pobočje z nerazvitimi, zelo plitvimi, organogenimi temi pri planini Dol porašča alpski gozd bukve in trilistne vetrnice (Anemono-Fagetum), zelo strmo dolomitno pobočje z rendzinami pri Motniku pa gozd bukve in kresničevja (Arunco-Fagetum).

Na zelo revnih nekarbonatnih matičnih podlagah, kakršni so kremenovi peščenjaki, roženci, kremenov keratofir in porfir ipd. in na katerih so se lahko razvila le zelo kisla in z izmenljivimi bazami zelo slabo oskrbljena distrična tla, najdemo predvsem rastišča kisloljubnega gozda bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum). Na z bazami manj revnih nekarbonatnih in malo karbonatnih matičnih podlagah pa prevladujejo rastišča zmerno kisloljubnega gozda bukve in belkaste bekice (Luzulo-Fagetum) s srednje kislimi in z izmenljivimi bazami nekoliko bolje nasičenimi distričnimi tlemi.

Na območju raziskanih površin (KPP) poleg dobro ohranjenih bukovih gozdov najdemo tudi zaradi človekovega delovanja močno spremenjene sestoje. Na rastiščih predgorskih, gorskih in visokogorskih bukovih gozdov so npr. zelo razširjene smrekove monokulture, na rastiščih kisloljubnega gozda bukve in rebrenjače velike površine zavzemajo drugotni gozdovi rdečega bora in borovnice ipd.

Preglednica 12: Potencialne rastlinske združbe rastišč KPP

ploskev	kraj	gozdna združba (latinsko ime)
1	Kršič	Zmerno kisloljubni gozd bukve in belkaste bekice (Luzulo-Fagetum)
2	Krantar	Predgorski gozd bukve in tevja (Hacquetio-Fagetum)
3	Vranja peč	Predgorski gozd bukve in tevja (Hacquetio-Fagetum)
4	Viševca	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
5	Laze	Gorski gozd bukve in velecvetne mrtve koprive (Lamio-Fagetum)
6	Predkonjska	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
7	Gojška planota	Visokogorski gozd bukve in platanolistne zlatice (Ranunculo-Fagetum)
8	Planina Dol	Alpski bukov gozd (Anemono-Fagetum)
9	Biba planina	Visokogorski gozd bukve in platanolistne zlatice (Ranunculo-Fagetum)
10	Poljana	Gorski gozd bukve in velecvetne mrtve koprive (Lamio-Fagetum)
11	Gmajnica	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
12	Mekinje	Zmerno kisloljubni gozd bukve in belkaste bekice (Luzulo-Fagetum)
13	Šmarca	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
14	Sidol	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
15	Motnik	Gozd bukve in kresničevja (Arunco-Fagetum)
16	Špitalič	Kisloljubni gozd bukve in rebrenjače (Blechno-Fagetum)
17	Zgornji Tuhinj	Gorski gozd bukve in velecvetne mrtve koprive (Lamio-Fagetum)
18	Perovo	Zmerno kisloljubni gozd bukve in belkaste bekice (Luzulo-Fagetum)

3.5 Zdravstveno stanje drevja

Na 18 ploskvah v gozdovih kamniške občine smo ocenili zdravstveno stanje 221 dreves. Med drevesi so prevladovali listavci (67%). Na ploskvah smo popisali drevesa 12 drevesnih vrst, med katerimi sta prevladovali bukev (*Fagus sylvatica*) in smreka (*Picea abies*). V preglednici 13 so prikazani rezultati osutosti (POS) in indeksa atmosferske čistosti (IAP) za vse za izbrane lokacije v Kamniški občini.

Preglednica 13: Vrednosti indeksa atmosferske čistosti (IAP) in povprečne osutosti (POS) in nadmorske višine za vse drevesne vrste v občini Kamnik v letu 2001

ploskev	IAP 2001	POS2001	NMV (m)
8	---	33,3	1350
2	5,7	20,5	515
16	6,7	3,9	556
12	7,7	12,4	455
10	11,7	13,7	850
18	12,8	16,7	394
15	13,0	16,3	524
17	15,3	16,9	880
9	15,3	27,1	1320
6	18,0	20,8	520
4	20,2	56,6	475
14	22,2	23,0	537
3	22,8	16,8	560
13	24,8	15,0	375
11	26,3	29,2	365
1	26,5	15,6	480
7	26,5	15,4	1330
5	27,5	19,5	810

V občini Kamnik je bila v letu 2001 povprečna osutost dreves 20,7 %. Povprečno je bilo na ploskvah očitno poškodovanih (drevesa katerih osutost je bila večja kot 25%) 16,1% dreves. V primerjavi z rezultati za Slovenijo, ki smo jih dobili na osnovi popisa na 16x16 km mreži, v letu 2001, sta oba kazalnika (povprečna osutost in delež poškodovanih dreves na ploskev) manjša (rezultati za Kamnik in za Slovenijo so predstavljeni v preglednici 14). Predvsem delež poškodovanih dreves je v občini Kamnik precej nižji. Na točkah, kjer je osutost precej večja od povprečja, gre najverjetneje za posledice neugodnih rastiščnih razmer (velika nadmorska višina) (točki 8 in 9) oziroma za posledice načina gospodarjenja (točki 4 in 11).

Preglednica 14: Povprečna osutost in delež poškodovanih dreves v občini Kamnik in v Sloveniji v letu 2001

Drevesna vrst	Kamnik		Slovenija	
	POS 2001	IND 2001	POS 2001	IND 2001
Vse	20,7	16,1	23,2	28,9
Iglavci	18,1	16,3	25,9	36,2
Smreka	16,8	15,6	25,2	34,9
Listavci	19,2	14,2	19,9	22,7
Bukev	18,3	15,8	17,1	14,8

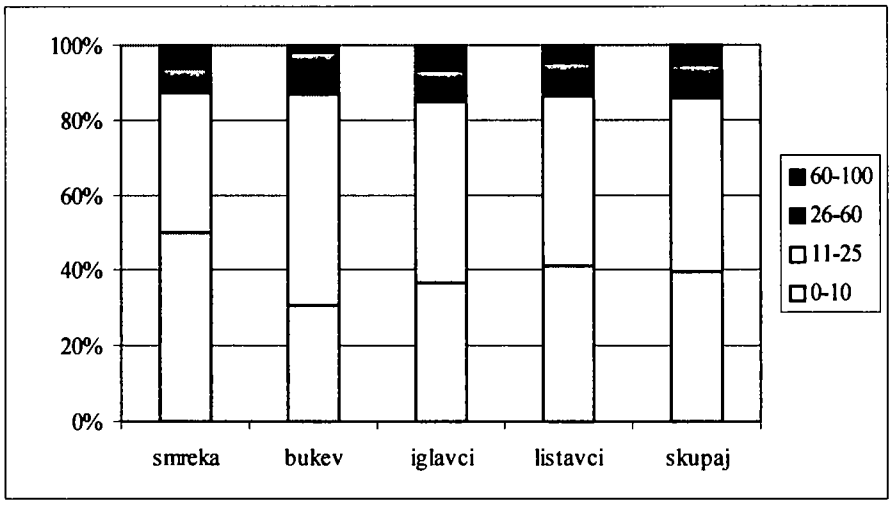
Legenda: POS – povprečna osutost (v %); IND – delež poškodovanih dreves (v %)

Podobno ugotovimo, če primerjamo posamezne drevesne vrste oziroma skupine le-teh. Predvsem pri iglavcih in pri smreki so precejšnje razlike v vrednosti obeh kazalnikov. Podobno je tudi pri skupni oceni za listavce, kjer je povprečna osutost sicer skoraj enaka kot v Sloveniji, vendar je delež poškodovanih dreves precej manjši. Izjema sta le vrednosti za bukev, saj sta oba kazalnika nekoliko višja.

Za prikaz stanja pa lahko poleg že omenjenih kazalcev uporabimo tudi porazdelitev dreves glede na stopnje osutosti (grafikon 1). Za določitev razredov uporabljamo razdelitev, kot jo priporoča zakonodaja EU (Commission Regulation ... 1987) in priročnik ICP - Forests (mednarodni program sodelovanja za oceno in sledenje učinkov onesnaženega zraka na gozdove) (Manual on methods and criteria ... 1998), ki razdeli drevje glede na osutost v 5 razredov:

1. razred	0 - 10 % osutost	ni osutosti
2. razred	11 - 25 % osutost	rahlo osuto (»opozorilna« stopnja)
3. razred	26 - 60 % osutost	zmerno osuto
4. razred	61 - 99 % osutost	močno osuto
5. razred	100 % osutost	Sušica

Glede na majhen delež dreves v 4 in 5 razredu, smo jih v prikazu združili.



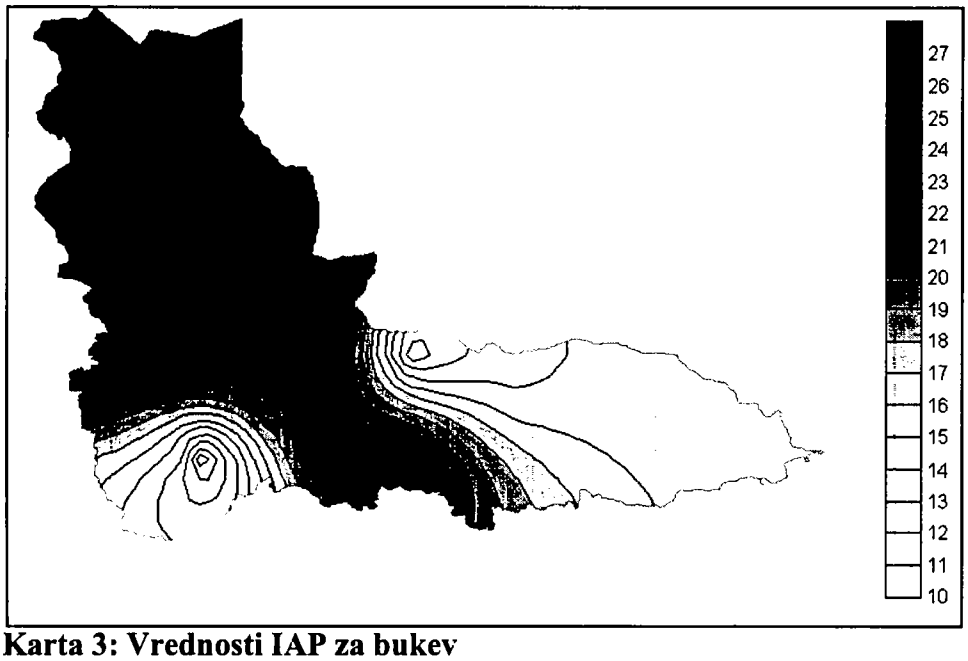
Grafikon 3: Porazdelitev dreves po razredih osutosti

Iz grafikona 3 je razvidno, da razen pri smreki, kjer prevladuje delež neosutih dreves, prevladujejo drevesa z rahlo osutimi krošnjami (11-25% osutost), ki pa jih še ne prištevamo k poškodovanemu drevju.

3.6 Stanje lišajske vegetacije

Osnovni namen popisa lišajev je natančnejše sledenje časovnih sprememb onesnaženja zraka. Uporabljamo indeks zračne čistosti, ki je izračunan na osnovi pokrovnosti in številčnosti lišajev. Vrednosti indeksa na popisni ploskvi se gibljejo med 0 in 54. Majhne vrednosti indeksa pomenijo revno lišajsko rastje in domnevno onesnažen zrak, velike vrednosti pa čisto ozračje in bujno epifitsko lišajsko rastje. Indeks računamo po drevesnih vrstah oziroma po skupinah drevesnih vrst s primerljivimi fizikalno-kemijskimi lastnostmi lubja in podobnim tipom krošnje (BATIČ / KRALJ 1995).

Na karti 3 so predstavljene vrednosti indeksa zračne čistosti (v nadaljevanju IAP) za bukev. Iz rezultatov je razvidno, da je v okolici mesta Kamnik in vzdolž Tuhinjske doline stanje lišajske vegetacije slabše kot v predelu Kamniške Bistrice. Takšno stanje smo predvidevali, saj sta prav območje mesta Kamnik, zaradi industrijskih objektov in gostejše poseljenosti ter področje Tuhinjske doline, zaradi gostega prometa, najbolj obremenjeni z imisijami.



Karta 3: Vrednosti IAP za bukev

3.7 Rezultati analiz smrekovih iglic

Preglednica 15 : Vsebnosti ogljika, dušika, žvepla in kovin – aluminija (Al), kadmija (Cd), svinca (Pb), cinka (Zn) in kroma (Cr) v smrekovih iglicah (združeni vzorci z vej s po treh smrek na ploskev)

ploskev	C	N	S	C/N	N/S	Al	Cd	Pb	Zn	Cr
	g/kg	g/kg	g/kg			g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	494,5	14,5	1,04	13,9	13,9	0,05	0,22	0,22	37,07	0,14
2	497,0	12,7	0,81	15,7	15,7	0,03	0,16	0,31	40,00	0,01
3	497,5	14,3	0,84	17,0	17,0	0,06	0,90	0,18	20,14	0,09
4	492,0	12,0	0,76	15,8	15,8	0,08	0,11	0,24	31,79	0,11
5	498,0	11,9	0,74	16,2	16,1	0,06	1,03	0,29	39,00	0,03
6	496,5	11,3	0,65	17,4	17,4	0,10	0,06	0,22	31,10	0,00
7	501,5	12,4	0,88	14,1	14,1	0,02	0,00	0,22	42,31	0,00
8	501,5	13,9	0,75	18,5	18,5	0,06	0,67	0,35	9,71	0,00
9	504,0	14,4	0,80	18,1	18,0	0,08	0,76	0,33	22,66	0,04
10	498,5	12,6	0,93	13,5	13,5	0,10	0,19	0,27	39,86	0,04
11	498,5	11,8	0,74	16,1	15,9	0,05	0,05	0,57	27,32	0,03
12	498,0	13,6	0,94	14,4	14,5	0,09	0,13	0,25	35,46	0,07
13	492,0	13,2	0,93	14,2	14,2	0,04	0,05	0,15	46,46	0,14
14	495,5	13,1	1,08	12,1	12,1	0,07	0,04	0,42	37,55	0,25
15	498,0	12,6	0,82	15,5	15,4	0,04	0,03	0,03	39,39	0,03
16	489,5	15,0	1,02	14,7	14,7	0,05	0,33	0,21	39,75	0,00
17	500,0	15,1	0,87	17,4	17,4	0,09	1,58	0,29	32,26	0,01
18	492,5	11,4	0,80	14,3	14,3	0,05	0,09	0,29	56,41	0,01
SLO_{95}[1]		12,7	1,24		10,2	0,07	0,3	1,10	42,00	---

Legenda: □ - največje vsebnosti določenega elementa v enoletnih smrekovih iglicah (2001)

Dušik in žveplo sta makrohranili in igrata pomembno vlogo v mineralni prehrani drevja. Oba elementa sta nujno potrebna hranila za uspevanje rastlin, v primeru velikih imisij v gozd pa se kopičita v asimilacijskih organih rastlin. Akutne poškodbe zaradi žvepla se pojavijo, če je nekajurna koncentracija SO_2 v zraku večja od 0.15 mg / SO_2 m^{-3}. Imisije dušika po eni strani vplivajo na povečano rast, po drugi pa na porušeno medsebojno ravnotežje snovi v gozdu in zmanjšano stabilnost gozdnega ekosistema. Intenziteta tega procesa je odvisna od nastopajočih zvrsti dušikovih spojin in količine dušika, ki vstopa v gozd. Optimalne vsebnosti dušika v smrekovih iglicah tekočega letnika se gibljejo med 12 in 15 mg N / g suhe snovi. Vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah so v neonesnaženih predelih okoli 1.0 mg / g, v onesnaženih pa so ponavadi večje do 1.65 mg žvepla na g suhe snovi (SIMONČIČ 1997). Glede na vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah tekočega letnika za l. 2001 lahko ugotovimo, da v obravanavem obdobju (2001) ni bilo povečanih imisij SO_2 na vseh 18 ploskvah občine Kamnik. Rahlo povečane vsebnosti dušika so v smrekovih iglicah vzorcev s ploskve 1, 3, 9, 16 in 17, vendar jih v večini primerov ne moremo pripisati vplivu prometa in intenzivnega kmetijstva. Tudi razmerje med vsebnostjo dušika in žvepla, ki naj bi bilo večje od 8, kaže na ugodno preskrbljenost smrek s tema dvema hraniloma.

Aluminij (Al) je prisoten v vseh rastlinah. Njegova fiziološka vloga v rastlinah ni popolnoma jasna, vendar pa je poznano, da imajo nizke koncentracije pozitiven vpliv na rast rastlin. Poznani pa so tudi njegovi negativni, predvsem toksični učinki na rastline, ki rastejo na kislih tleh. Kot je poznano, presežki Al v tleh zmanjšajo sposobnost rastlin za privzemanje hranil, predvsem fosforja (P), kalcija (Ca), magnezija (Mg), kalija (K) in natrija (Na). Toksičnost Al je pogosto povezana tudi s povečano vsebnostjo rastlinam dostopnega Fe in Mn ter drugih težkih kovin, ki so dostopne rastlinam v kislih tleh (KABATA-PENDIAS / PENDIAS 1984). Glede na mejne vsebnosti aluminija v smrekovih iglicah po Knabe-ju (1984) 60-210 µs.s. (0,06-2,10 g/kg s.s.), so vsebnosti aluminija v enoletnih smrekovih iglicah drevja na 18 izbranih ploskvah v kamniški občini v zmernem območju in ne presegajo tistih vrednosti, ki so značilne za velike imisije aluminija, rahlo povečane vsebnosti so le na ploskvah 6, 10 in 17.

Kadmij (Cd) ni nujno potreben za rast rastlin, vendar pa ga le te kljub temu razmeroma lahko sprejemajo preko korenin in listov. Poznano je, da je vsebnost Cd v rastlini linerano odvisna od vsebnosti Cd v mediju, v katerem rastlina raste. Večji del kadmija se v rastlinah kopiči v koreninah (KABATA-PENDIAS / PENDIAS 1984), absorbiran pa je tudi v iglicah in listju drevja. Nahaja se predvsem v proteinskih frakcijah rastlin. Znaki, ki kažejo na povečane vsebnosti Cd so manjša rast in poškodbe korenin, kloroze listja, motnje pri transpiraciji in fiksaciji CO_2, spremenjena permeabilnost celičnih membran, rastlina je manj odporna na bolezni. Cd moti encimsko aktivnost v rastlinah pri koncentracijah > 3µg/g suhe snovi. Po literaturnih podatkih so vsebnosti Cd v rastlinah praviloma nižje od 0,5 ppm (SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL 1976), v smrekovih iglicah približno 0,20 ppm (KELLER / WYTTENBACH 1986), po Evers-u (v ARNDT s sod. 1987), pa 0,05-0,20 mg/kg suhih smrekovih iglic. V primeru vsebnosti večjih od 0,20 mg/kg s.s. kaže vsaj glede na podatke nemške dežele Baden-Württemberg (1987), da gre za povečane vsebnosti, ki so lahko tudi posledica imisij te kovine v gozd. Vendar menimo, da moramo biti pri uporabi literaturnih vrednosti za kovine previdni, saj včasih

niso navedene analizne metode, tako, da so neposredne primerjave vprašljive, tuje vrednosti pa moramo v takih primerih upoštevati kot informativne, ki določajo velikostne razrede in ne natančnih mej. Npr. vsebnosti kadmija v smrekovih iglicah v Sloveniji so od < 0,1 do 1,1 mg kg^{-1} (KALAN 1997) in že njihova srednja vrednost presega vsebnost, ki po Evers-u kaže na velike imisije kadmija v gozd. So pa te vsebnosti primerljive s vsebnostmi, ki smo jih določili v smrekovih iglicah v Zgornji Mežiški dolini (1999) in s vsebnostmi, ki so bile določene tudi v drugih rastlinah (dovoljene vsebnosti Cd v krmi so po Ur. l. SFRJ 2/90 do 0,5 mg / kg s.s.; KUGONIČ s sod. 1999, GRČMAN s sod. 1999). Vsebnosti kadmija v smrekovih iglicah so močneje povečane na točkah 3, 5, in 17, zmerno pa tudi na ploskvah 8 in 9.

Svinec (Pb) je prisoten v vseh rastlinah, kljub temu pa ni poznano, da bi bil nujno potreben za njihov metabolizem. Rastline ga absorbirajo v največji meri preko korenin. V kolikor se nahaja v tleh v topnih oblikah, ga rastline lahko privzemajo v velikih količinah. Glede privzemanja Pb iz prašnih delcev v zraku so mnenja deljena. Nekateri strokovnjaki menijo, da so rastline sposobne vezati Pb preko listnih površin, medtem ko drugi trdijo, da se Pb kopiči na listni površini ter ga je možno od tam odstraniti. Za rastline ima negativne učinke na korenine in njihov razvoj, fotosintetsko aktivnost, transpiracijo, njihov vodni režim, sprejem makro (K, Ca, Mg, P) ter mikro hranil (Fe, Mn, Zn) in posledično prehranjenost drevja, encimatske procese ... (KOMLENOVIĆ s sod. 1991, VODNIK / GOGALA 1996). Če je svinca je v smrekovih iglicah tekočega letnika več kot 32 mg kg^{-1} suhe snovi je to indikacija povečanih imisij te kovine v gozd (npr. v bližini cest), naravno ozadje pa naj bi bilo v primeru vsebnosti, ki so manjše od 4,0 mg kg^{-1}. Če primerjamo rezultate vsebnosti svinca v iglicah smrek iz Kamniške občine (2001) z rezultati nekaterih predhodnih raziskav GIS v okolici Zgornje mežiški dolini (1999) ali pa z rezultati s točk 16x 16 km bioindikacijske mreže Slovenije (KALAN 1997) vidimo, da so vsebnosti nizke svinca in v območju t.i. naravnega ozadja.

Cink (Zn) je v topnih oblikah lahko dostopen rastlinam. Prav tako kot pri kadmiju, je tudi za Zn poznano, da je njegova vsebnost v rastlinah linearno odvisna od njegove vsebnosti v hranilnem mediju oz. tleh. Zn je nujno potreben za normalno potekanje metabolnih procesov v rastlinah, saj je sestavni del številnih encimov. Velika večina rastlin dobro prenaša tudi zelo visoke vsebnosti Zn v tleh, nekatere so ga sposobne celo kopičiti (KABATA-PENDIAS / PENDIAS 1984), pomanjkanje pa povzroči oslabljene fiziološke reakcije. Vsebnosti cinka v rastlinah so od 10 do 100 ppm (SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL 1976), po Knabeju (1984) od 20 do 80 ppm. Vsebnosti cinka v smrekovih iglicah v Sloveniji so od 18 do 206 mg/kg (popis foliarnih vzorcev na 16 x 16 km mreži iz l. 1995; KALAN 1997). Vsebnosti cinka v smrekovih iglicah drevja v Kamniški občini ne presega 54 mg/kg, in se za večino ploskev nahaja v območju 30 in 50 mg/kg, ki je glede imisij ali pa vsebnosti srednje po Knabe-ju (1984) nekakšno »srednje« oz. območje vsebnosti, ki kaže na morebitne manjše imisije te kovine v gozdne ekosisteme.

Krom (Cr) ni poznan kot nujno potreben element za delovanje metabolizma rastlin, vendar pa nekateri strokovnjaki poročajo o njegovem pozitivnem učinku na rast rastlin, kadar je v tleh prisoten v topni obliki v zelo nizkih koncentracijah. Kljub temu, da večina

tal vsebuje veliko Cr, je njegova dostopnost za rastline zelo omejena. Raziskovanje vsebnosti Cr v rastlinah je postalo zanimivo po odkritju, da je nujno potreben za normalno delovanje nekaterih metabolnih procesov ljudi in živali. Šestvalentni krom (Cr (VI)) je toksičen za rastline. Poškoduje predvsem vršičke rastlin in korenine (KABATA-PENDIAS / PENDIAS 1984). Podatkov glede vsebnosti kroma v smrekovih iglicah je malo; Keller in Wyttenbach (1986) sta podala za enoletne smrekove iglice na raziskovalnih objektih v gozdnih ekosistemih vsebnost v območju 0,20-0,70 ppm. Vsebnosti, ki smo jih določili v smrekovih iglicah v občini Kamnik (od 0,01-0,25 mg/kg), so manjše od literaturnih vrednosti po Keller-ju in Wyttenbach-u (1986), tako da menimo, da razen na ploskvi 14, ni izrazito povečanih imisij kroma.

V Sloveniji mejne vrednosti za vsebnost kovin v rastlinah niso predpisane. Rezultate analiz vzorcev smrekovih iglic v občini Kamnik pa lahko primerjamo z rezultati popisa kemijskega stanja foliarnih vzorcev gozdnega drevja na točkah 16x 16 km mreže v letu 1995. V preglednici 16 navajamo povprečne vrednosti ter območje vsebnosti kovin za vzorce iglavcev (KALAN 1997). Za vsebnosti Cr nimamo podatkov.

Preglednica 16: Vsebnost kovin v iglavcih v Sloveniji – popis stanja foliarnih vzorcev v letu 1995

kovina	povprečna vrednost.	min. maks.
Al (mg/kg)	71	18 - 453
Zn (mg/kg)	42	21 - 135
Pb (mg/kg)	1,1	0,3 - 6,9
Cd (mg/kg)	0,3	<0,1 - 1,1

Rezultati meritev kovin v vzorcih smrekovih iglic nabranih na opazovalnih ploskvah v občini Kamnik kažejo, da je tudi gozdno drevje rahlo obremenjeno s težkimi kovinami. Vsebnost aluminija (Al) je na 2 ploskvah višja od povprečne vrednosti Al določene v popisu leta 1995 za vzorce iglavcev. Prav tako je na 3 ploskvah smo določena večja vsebnost Zn, na petih Cd in na eni rahlo povečana vsebnost Cr, medtem ko so razmere glede svinca na preučevanih (!) objektih v okviru naravnega ozadja. Seznam ploskev s povečano vsebnostjo kovin v vzorcih smrekovih iglic prikazujemo v preglednici 17.

Preglednica 17: Ploskve, na katerih smo ugotovili povečane koncentracije kovin v vzorcih enoletnih smrekovih iglic (2001/02)

kovina	ploskev
Al	6, 10 in 17
Cd	3, 5, 17, 8 in 9
Zn	18
Cr	14

3.8 Rezultati dendrokronološke analize

Osnovni podatki o analiziranih drevesih so podani v preglednicah 1 in 2. Preglednice same po sebi so dokaj enostavne, rad bi le komentiral zadnje tri stolpce v obeh preglednicah. Stolpec AC(1) nam pove kakšna je avtokorelacija v časovni vrsti oz. izmerjenih širinah branik. V analiziranih drevesih je kar visoka kar pomeni, da je rast v letošnjem letu dokaj visoko korelirana z rastjo v preteklem letu. Stolpec MS% pove kako velika so nihanja med letnimi prirastki v časovni vrsti. Manjša ko je številka bolj enakomerno rastejo drevesa. Primer je povprečna vrednosti za MS% na ploskvi K-796 (gorski smrekov gozd; št. pl. 7) in K-02 (nižinski smrekov gozd, št. pl. 12). Na ploskvi K-796 je vrednost MS% za 5% manjša kot na ploskvi K-02. To kaže, da je na ploskvi K-796 rast bolj umirjena, na ploskvi K-02 pa precej bolj razgibana. To lahko vidimo tudi na slikah 1 in 2.

Preglednica 18: Osnovni statistični podatki o analiziranih drevesih na ploskvi K-796 (na Gojški planoti; 7)

št.	**dolžina** (let)	**min** (mm)	**arit.sr** (mm)	**maks.** (mm)	**varianca**	**std. odkl.** (mm)	**AC(1)**	**MS%**	**RMS**
Kam-10w	85	0,21	1,67	3,38	3726	0,6100	0,83	17	21
Kam-09w	93	0,67	1,77	3,41	3780	0,6150	0,85	15	21
Kam-08w	109	0,25	1,75	3,81	5258	0,7250	0,88	18	18
Kam-07w	103	1,01	1,80	5,27	3868	0,6220	0,76	15	22
Kam-06w	103	0,37	1,62	6,35	9612	0,9800	0,78	22	18
Kam-05w	112	0,54	1,32	3,55	2862	0,5350	0,84	17	20
Kam-04w	109	0,21	1,12	4,04	6746	0,8210	0,94	17	11
Kam-03w	108	0,37	1,36	2,83	2629	0,5130	0,85	16	20
Kam-02w	88	1,18	2,51	5,55	6350	0,7970	0,80	14	22
Kam-01w	105	0,51	1,59	3,29	2967	0,5450	0,83	13	20
Povprečje	102	0,53	1,65	4,15	4780	0,676	0,836	16	19

Preglednica 19: Osnovni statistični podatki o analiziranih drevesih na ploskvi K-02 (za samostanom Mekinje; 12)

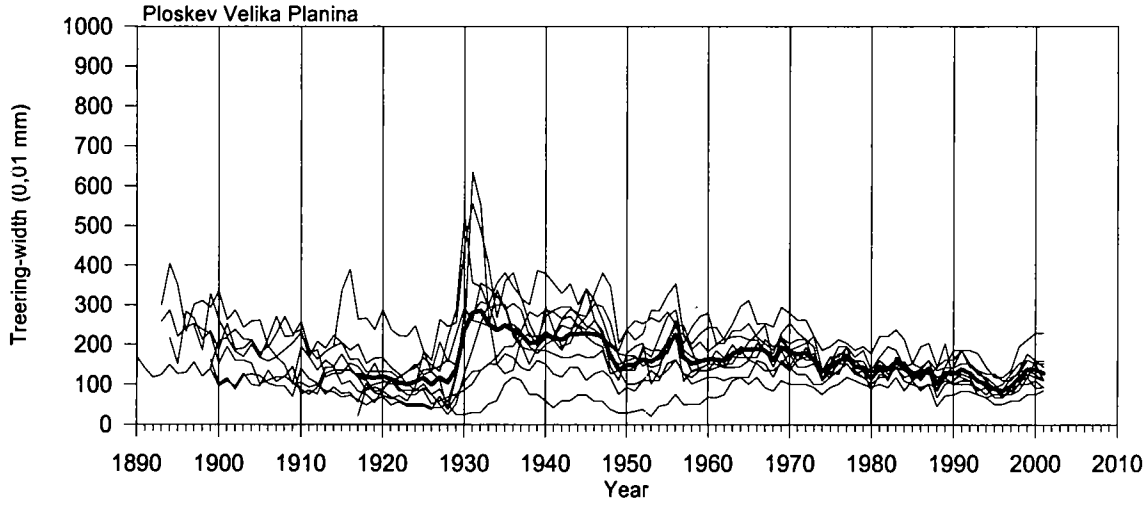
št.	dolžina (let)	Min (mm)	Arit.sr. (mm)	Maks. (mm)	Varianca	Std. odkl. (mm)	AC(1)	MS%	RMS
Kam-01k	61	1,02	2,99	6,93	12217	1,1050	0,63	22	30
Kam-02k	52	1,52	2,95	4,15	4930	0,7020	0,65	17	32
Kam-03k	47	1,69	3,90	6,50	21726	1,4740	0,74	21	27
Kam-04k	67	2,28	3,75	6,77	7984	0,8940	0,42	16	34
Kam-05k	70	1,24	3,07	7,08	13326	1,1540	0,69	22	29
Kam-06k	50	1,18	3,53	6,08	10701	1,0340	0,63	21	34
Kam-07k	65	0,68	2,29	5,58	11635	1,0790	0,77	25	26
Kam-08k	59	0,86	3,33	6,01	8777	0,9370	0,60	19	31
Kam-09k	70	0,85	2,47	5,32	9589	0,9790	0,72	21	27
Kam-10k	57	1,17	3,25	8,03	16242	1,2740	0,46	27	36
Povprečje	60	1,249	3,153	6,245	11713	1,0632	0,63	21	31

GOZDARSKA KNJIŽNICA

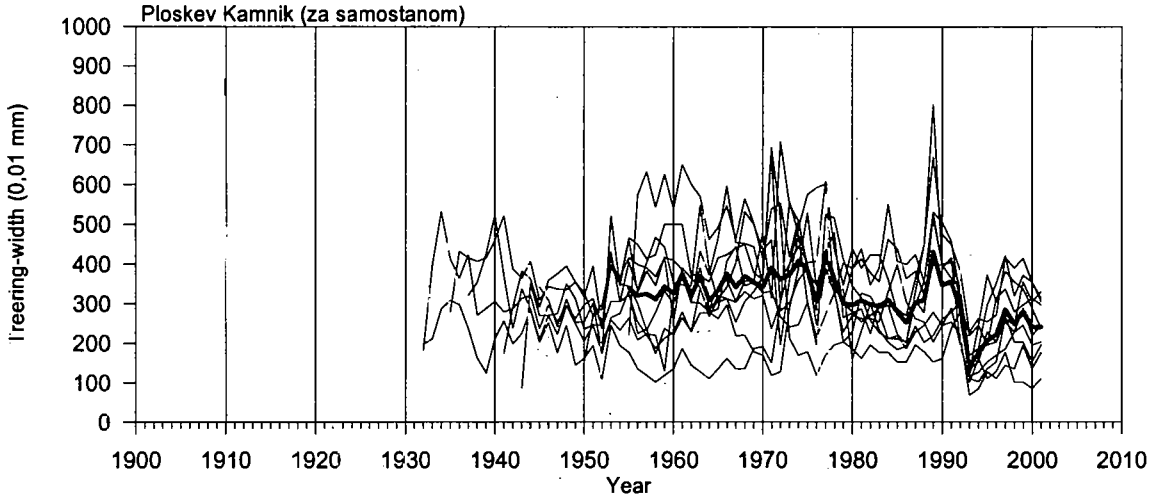
Rast dreves na ploskvi 7 na Gojki planoti (Slika 1) je umirjena z precej izrazitim skokom med leti 1930 in 1934. Kakšni so razlogi za takšen skok ni znano, domnevamo pa da gre za posek sosednjih dreves, preostala drevesa pa so reagirala z dvigom prirastka. Reakcija na posek okoliških dreves je vidna zelo dolgo - dobrih 30 let (do leta 1960). Rast v zadnjih 40 letih (1960-2000) ne izkazuje posebnosti, je umirjena z relativno majhnimi širinami branik in sinhrona. To pomeni, da na drevesa enakomerno vplivajo dejavniki okolja v katerem rastejo, hudih nihanj okoljskih parametrov ni zaznati. Do neke mere je celo prisoten vzpon prirastka v zadnjih 5-6 letih.

Drevesa analizirana na ploskvi za samostanom Mekinje - ploskev 12 (Slika 2) kažejo v primerjavi s ploskvijo 7 veliko bolj dinamično rast z večjimi nihanji širine branike. Rast je v primerjavi s to ploskvijo tudi bistveno manj sinhrona. Takšen vzorec rasti je značilen za smrekove gozdove na neprimernih rastiščih (ponavadi preveč suhih). Na takšen rastišču pridejo do izraza individualne lastnosti posameznega drevesa, to pa se odraža v nesinhroni rasti. Kljub temu pa v rasti analiziranih dreves izstopata dva sinhrona dogodka, to je dogodka ko so vsa drevesa reagirala enotno. Prvi takšen dogodek je med leti 1975 in 1980, ko je pri vseh drevesih viden izrazit in močan upad prirastka (verjetno gre za sušno leto 1976), drugi dogodek pa se je zgodil po leta 1990 ali 1991, ko je prirastek analiziranih dreves izredno močno upadel. V primerjavi z obdobjem 1975-1980 kar za 3x. Razlogov za to ne poznamo, je pa ta sprememba v okolju vsekakor močno vplival na rastišče in rast dreves na njem. Prirastek analiziranih dreves je v obdobju po letu 1990 v povprečju 1x manjši kot pred letom 1990.

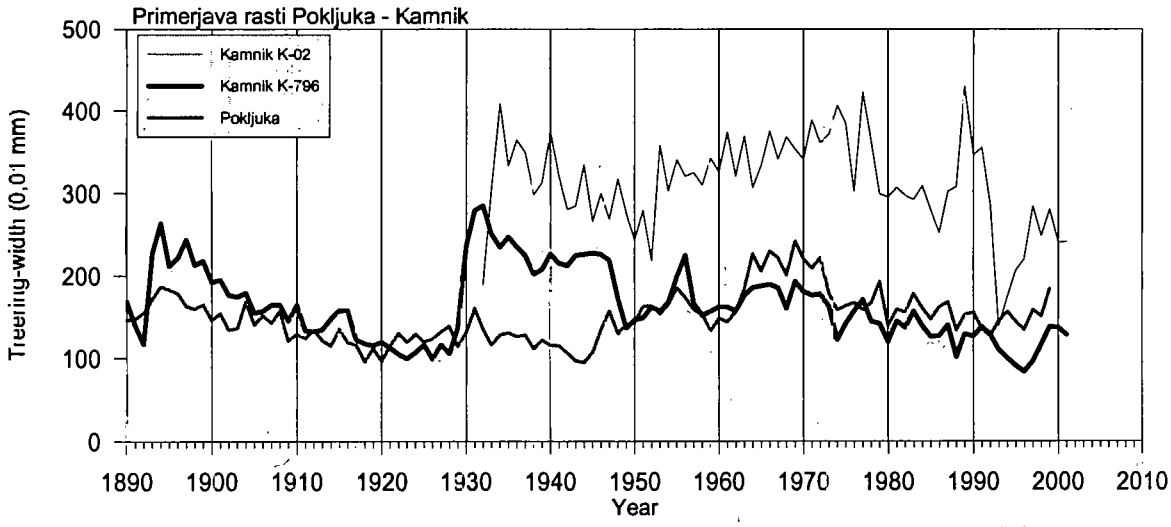
Primerjava kronologij z Gojške planote, izza samostana Mekinje in s Pokljuke (Slika 3)je pokazala, da je rast smreke na Gojški planoti bolj ali manj primerljiva z rastjo smreke na Pokljuki. Razen skoka leta 1930 se rast v zadnjih 40 letih med obema ploskvama praktično ne razlikujeta. Primerjavi rasti smreke na ploskvi za samostanom Mekinje in na Pokljuki pa ni primerljiva. Očitno je, da rastišče za samostanom Mekinje za smreko ni najbolj primerno (hitra rast, široke branike, nizka starost, občutljivost na rdečo trohnobo, probleme sušnosti, itd.) zato rast ni primerljiva z rastjo smreke na Pokljuki.



Slika 1: Referenčna ploskev na pobočjih Velike planine (pl. 7)



Slika 2: Ploskev za samostanom v Kamniku (pl. 12)



Slika 3: Primerjava rasti smreke na Pokljuki in na dveh ploskvah v okolici Kamnika.

4 ZAKLJUČKI

V letu 2001 smo ocenili stanje gozda glede imisij onesnaženega zraka s pomočjo ocene osutosti drevesnih krošenj in popisa lišajev v občini Kamnik na 18 izbranih lokacijah. Nabrali smo vzorce tal, organski horizont in 20 cm globoko mineralno plast tal ter smrekove iglice, v katerih smo v l. 2002 določili vsebnosti C, N, S ter Al, Cr, Cd, Pb in Zn. Zaradi ponovnega preverjanja rezultatov glede vsebnosti kadmija (Cd) v vzorcih organskega in mineralnega dela gozdnih tal, v poročilu nismo objavili prvih rezultatov za to kovino. Ko bomo pridobili dodatne informacije in dodatne rezultate ponovitev zunanjega laboratorija, Vam bomo v dopisu podali še manjkajoče podatke za kadmij.

V raziskavi smo spoznali veliko pestrost rastiščnih dejavnikov v gozdovih občine Kamnik, ki sega od nižin do gorskih vrhov Kamniško-Savinjskih Alp. Preučevane ploskve (18) se nahajajo v pasu od 365 m do 1350 m nadmorske višine, v neposredni bližini mesta Kamnik pa do planine Dol. Posledica takšnih razmer so razlike povprečnih letnih temperatur (~ ± 6°C) in letnih padavin (~1300 2550mm). Polovico (9) preiskanih ploskev ima karbonatno matično podlago (apnence in dolomite), druga polovica pa (pretežno ali v celoti) nekarbonatno matično podlago. Prevladujoča talna tipa sta rendzina (različne oblike) in distrična rjava tla zelo različnih globin, od kamnišč do globokih tal. Na območju obravnavanih 18 lokacij v kamniški občini so poleg dobro ohranjenih bukovih gozdov tudi zaradi človekovega delovanja močno spremenjeni sestoji. Na rastiščih predgorskih, gorskih in visokogorskih bukovih gozdov so razširjene smrekove monokulture, na rastiščih kisloljubnega gozda bukve in rebrenjače zavzemajo velike površine drugotni gozdovi rdečega bora in borovnice ipd.

Rezultati preučevanja stanja gozdov v občini Kamnik so pokazali, da je povprečna osutost drevja v letu 2001 20,7% (POS_{2001}). Povprečno je bilo očitno poškodovanih (drevesa katerih osutost je večja kot 25%) 16,1 % (IND_{2001}) od 221 ocenjenih dreves. V primerjavi z rezultati popisa na 16 x 16 km mreži Slovenije za leto 2001, sta oba kazalnika manjša za občino Kamnik kot za Slovenijo (POS_{2001}=23,2 % in IND_{2001}=28,9 %). Na ploskvah 8, 9, 11 in zlasti na 4 je bila osutost drevja v l. 2001 ocenjena za več kot 25%, kar kaže na očitno poškodovano drevje. Vzroki takšnega stanja bi lahko bili v primeru ploskev 8 in 9 rastiščne razmere (1350 in 1320 m n.viš.), na ploskvah 11 in 4 pa neugodne rastiščne razmere in način gospodarjenja z gozdom.

Vrednosti indeksa zračne čistosti (IAP) za bukev so manjše, kar je domnevno posledica bolj onesnaženega zraka (glej karta 3), v območju mesta Kamnik in vzdolž Tuhinjske doline. Takšno stanje je lahko poleg naravnih razmer posledica lokalnih emisij oz. imisij industrijskih obratov, individualnih kurišč in prometa. Stanje drevja v kamniški občini je v primerjavi s slovenskim povprečjem v povprečju boljše, vendar so razmere na popisnih ploskvah predvsem glede indeksa zračne čistosti (IAP) v bližini mesta Kamnik (ploskve 2, 12 in 18), in v Tuhinjski dolini (16 in 15) relativno slabše. Ugotovili smo, da ni povezave med osutostjo drevja in vrednostmi indeksa atmosferske čistosti zraka.

V gozdnih tleh se na določenih preučevanih ploskvah kopičijo težke kovine; največje vsebnosti aluminija glede na 18 preučevanih ploskev v Kamniški občini so na ploskvah 3 in 5, svinec se kopiči predvsem v tleh na ploskvah 7, 9 in 10 ter manj na 2 in 5, krom na ploskvah 5 in 17, vsebnost cinka pa je rahlo povečana na ploskvi 5. Kopičenje kovin je prisotno tudi v smrekovih iglicah. Povečane vsebnosti kadmija so v smrekovih iglicah na ploskvah 5, 3 in 17, svinca na ploskvi 11, cinka na ploskvi 18 in kroma na ploskvi 14. Iz rezultatov je razvidno, da so s kovinami najbolj obremenjene/založene ploskve 3, 5 in 17, ki leže na karbonatni matični podlagi in relativno oddaljene od prometnic in mesta Kamnik. Za nobeno od obravnavano 18 ploskev ne velja, da bi se iste težke kovine kopičile v organski in mineralni plasti tal kot tudi v iglicah drevja. Prav tako nismo našli povezave med osutostjo, to je reakcijo drevja na rastiščne razmere in imisijami težkih kovin v gozd, kar nakazujejo njihove vsebnosti v tleh in iglicah. Povečane vsebnosti kovin v tleh in iglicah bi lahko bile posledica kovin v kamnini za kar pa bi potrebovali sodelovanje geologov. Prav tako nismo zasledili močno povečanih vsebnosti dušika in žvepla v smrekovih iglicah, kar bi kazalo na velike imisije t.i. klasičnih polutantov NOx in SO_2. Glede na vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah tekočega letnika za l. 2001 smo ugotovili, da v obravnavanem obdobju (2001) ni bilo povečanih imisij SO_2 na preučevanih 18 ploskvah občine Kamnik. Rahlo povečane vsebnosti dušika so v smrekovih iglicah vzorcev s ploskve 1, 3, 9, 16 in 17, vendar jih v večini primerov ne moremo pripisati vplivu prometa in intenzivnega kmetijstva.

Na osnovi snemanj in analiznih rezultatov gozdnih tal in smrekovih iglic v l. 2001 lahko zaključimo, da je stanje gozda na preučevanih lokacijah v občini Kamnik relativno dobro, zlasti če ga primerjamo z razmerami na slovenski 16 x 16 km mreži. Z analizami smrekovih iglic nismo zasledili prisotnost t.i. klasičnih polutantov, kot sta SO_2 in NOx, temveč v na določenih primerih povečane vsebnosti težkih kovin. Z analizami nismo našli povezav med vsebnosti kovin v tleh in iglicah, na splošno pa so razmere glede kovin nekoliko slabše na lokacijah 5, 3 in 17. Za to, da bi ugotovili natančnejše vzroke za obremenjenost gozdov s težkimi kovinami, pa bi bile potrebne še dodatne raziskave, v katere bi se vključili tudi strokovnjaki drugih področij (geologi, tehnologi, meteorologi ipd.).

Pričakovane rezultate glede imisij onesnaženega zraka smo dobili predvsem s pomočjo vrednosti indeksa zračne čistosti (IAP), ki so manjše v območju mesta Kamnik in vzdolž Tuhinjske doline. Rezultati analize radialnega prirastka drevja (poglavje 3.8) kažejo na umirjeno rast na ploskvi oddaljeni od mesta Kamnik (ploskev 7), medtem ko pa se na ploskvi 12 v bližini mesta Kamnik na izrazit in močan upad prirastka v obdobju 1975-1980 in po l. 1990. Natančnega vzroka za takšen upada prirastka na ploskvi 7 (za samostanom Mekinje) ne poznamo (suša, onesnažen zrak).

5 VIRI

ADRIANO, D.C., 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, 533 s.

ANON., 1998. Manual methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 4th edition, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Hamburg, UN ECE, CLRTAP, ICP Forests.

ARNDT, U. / NOBEL, W. / SCHWIEZER, B., 1987. Bioindikatoren. E:U. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer GmbH&Co., 388 s.

BATIČ, F., 1996. Bioindication of Air Pollution by Epiphytic Lichens in Forest Decline Studies in Slovenia.- Phyton 36, p. 85 – 90.

BATIČ, F., KRALJ, A., 1995. Bioindikacija onesnaženosti zraka z epifitskimi lišaji.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 47, s. 5 – 56.

BAULE, H./ FRICKER, C., 1978. Đubrenje šumskog drveča. Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar, Beograd. 223 str.

BINKLEY, D./ DRISCOLL, C.T./ ALLEN, H.L./ SCHOENEBERGER, P./ MCAVOY, D. 1989. Acidic Deposition and Forest Soils. New York, Springer-Verlag, 149 s.

Commission Regulation (EEC) no. 1696 / 87 of 10 June 1987 laying down certain detailed rules for the implementation of Council Regulation (EEC) No. 3528 / 86 on the protection of the Community's forests against atmospheric pollution (inventories, network, reports).- 1987, Official Journal of the European Communities No. L 161, s. 1 – 22.

Council Regulation (EEC) N° 3528/86 of 17 November 1986 on the protection of the Community's forests against atmospheric pollution.- 1986, Official Journal of the European Communities N° L 326, s. 2 - 4.

ČAS, M. 1993. Ocena imisijskih obremenitev gozdov in prostora zelenega pasu Ljubljane z gozdnogojitveno oceno stanja. V: GOLOB, Aleksander (ur.). Mestni in primestni gozd - naša skupna dobrina : zbornik republiškega posvetovanja v okviru tedna gozdov, Ljubljana, 27. maj 1993. Ljubljana: Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije, str. 126-130.

FAO, 1989: Soil map of the world. - Revised legend. FAO, Unesco, ISRIC, Roma, Wageningen, 138 s.

FAO, 1998: Key to the reference soil groups of the World Reference Base (WRB) for soil resources. - ISSS-ISRIC-FAO, Roma, 106 s.

GRČMAN, H. / ZUPAN, M. / HUDNIK, V. / LOBNIK, F., 1999. Vsebnost težkih kovin v tleh in nekaterih vrtninah v neposredni bližini deponije.

GUDERIAN, R. 1985. Air Pollution by Photochemical Oxidants. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.

HOČEVAR, M., 1993. Dendrometrija - gozdna inventura.-BF, Oddelek za gozdarstvo, Ljubljana, 274 s.

HOČEVAR, M. / MAVSAR, R. / KOVAČ, M, 2001. Poškodovano je že skoraj vsako peto drevo : zdravstveno stanje slovenskih gozdov v letu 2000.- Delo (Ljubl.), 17. jan. 2001, leto 43, št. 13, str. 22, ilustr.

HENDRIKS, C.M.A. / VAN DEN BURG, J. / OUDE VOSHAAR, J.H. / VAN LEEUWEN, E.P., 1997. Relationships between forest condition and stress factors in

The Netherlands in 1995. Report 148, DLO Winand Staring Centre, for Integrated Land, Soil and Water reserach (SC-DLO) Wageningen, 134 s.
FINCK, A., 1991. Pflanzen ernährung in stichworten. Ferdinand Hirt, Berlin, 200 s.
FBWA, 1992. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur, Ergebnisse, Band I, Waldbodenbericht. Wien, FBWA, No. 168/I.
JOOS, K.A., 1989. Investigation of a possible direct influence of highway traffic on nearby woods. Proc. 14th Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forests Ecosystems, IUFRO P2.05, Interlaken, Switzerland, Oct. 2-8, 1988, Birmesdorf, s. 436-438.
INNES, J. L., 1993. Forest health: Its assessment and status. CAB International, Wallingford, 677 s.KALAN, P., 1997. Vsebnost kovin v gozdnih tleh ter iglicah in listju gozdnega drevja na ploskvah 16 x 16 km mreže v Sloveniji. ZGiL, 52, s. 351-364.
KALAN, P. / KRALJ, T. / SIMONČIČ, P. / URBANČIČ, M., 1999. Vsebnost žvepla in težkih kovin v smrekovih iglicah v Zgornji Mežiški dolini. Zbornik referatov »Problem težkih kovin v Zgornji Mežiški dolini«. ERICO, Velenje, 50-60 s.
KABATA-PENDIAS, A./ PENDIAS, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. - Florida, CRC Press, 315 s. KALAN, J., 1989. Obremenjenost slovenskih gozdov z žveplom. - Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 34, s. 99-27
KELLER, T. / WYTTENBACH, A., 1985. Gehalte an einigen Elementen in den Ablagerungen auf Fichtennadeln als Nachweis der Luftverschmutzung. Allg.Forst-u.J.-Zgt., 157, 3/4, s. 69-77.
KNABE, W., 1984. Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemiche Analysen. AFZ, DerWald 1, s. 847-848.
KOMLENOVIĆ, N. / MAYER, B. / RASTOVSKI, P., 1991. Unos težkih metala onečišćenim poplavnim vodama u tla nizinskih šuma istočne Slavonije. Zagreb, Šum. list, CXV, 3-5, s. 131-149.
KOVAČ, M. / MAVSAR, R. / HOČEVAR, M. / SIMONČIČ, P. / BATIČ, F., 2000. Popis poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov: priročnik za terensko snemanje podatkov.-Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, 74 s.
KUGONIČ, N. / ZUPAN, M. 1999. Vsebnosti Pb, Cd in Zn v tleh in nekaterih rastlinah v onesnaženem območju v Zgornji Mežiški dolini. Zbornik referatov »Problem težkih kovin v Zgornji Mežiški dolini«. ERICO, Velenje, 66-78 s.
LINBERG, S.E./ PAGE, A.L. / NORTON, S.A. 1990. Acid Precipitation, Volumne 3: Sources, Deposition, and Canopy Interactions. New York, Springer - Verlag, 332 s.
LOBNIK, F., in sod., 1985: Osnovna pedološka karta SFRJ 1:50 000 in komentar k listu 06-Ljubljana-2. – Biotehniška fakulteta, katedra za proučevanje tal in prehrano rastlin, Ljubljana, 103 s.
Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.- 1998, Hamburg, UN / ECE.
MARINČEK, L., KALAN, J., TORELLI, N., 1968: Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v g.g.e. Kamnik II. – Fitocenološke karte 1:10 000 z legendo in fitocenološki elaborat, Biro za gozdarsko načrtovanje, Ljubljana, 242 s.
MOP, 2000. Prvo poročilo Konference pogodbenic Okvirne Konvencije ZN o spremembi podnebja, xxxxxxxx.

MUTSCH, F., 1992. Schwermetalle. - V: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Ergebnisse, Waldbodenbericht. Wien, Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien, s. 145-192.

Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1996. – 1997, Ljubljana, MOP & Hidrometeorološki zavod RS, 146 s.

Pravilnik, 1984: Pravilnik za ocenjevanje tal pri ugotavljanju proizvodne sposobnosti vzorčnih parcel. Pravilnik je bil objavljen v uradnem listu SRS, št. 36/84. Obvezno navodilo za izvajanje pravilnika za ocenjevanje tal pri ugotavljanju proizvodne sposobnosti vzorčnih parcel. - Republiška geodetska uprava, Ljubljana, 62 s.

PREMRU, U., in sod., 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 in tolmač za list Ljubljana L 33-66. – Geološki zavod Ljubljana, Zvezni geološki zavod, Ljubljana, Beograd, 75 s.

PERKO, D. / OROŽEN ADAMIČ, M., 1998. Slovenija - pokrajine in ljudje.Ljubljana, Mladinska knjiga, 700 s.

PRPIĆ, B. / SELETKOVIĆ, Z. / IVKOV, M., 1994. Oštećenost krošnja glavnih vrsta drveća u Hrvatskoj u odnosu na radijalne priraste. Šumarski list CXVIII, s. 3-10.

PRUS, T., 1992: Tla Slovenije. Razvrščanje tal / klasifikacija. V: Jazbec R. in sod.: Raziskujmo življenje v tleh. –Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana, s. 22 – 44.

PUXBAUM, H./ HALBWACHS, G. / GLATZEL, G./ LOFFLER, H. , 1983. Saure Niederschlage-Vorkommen und Auswirkungen. Österreichische Chemie-Zeitschrift, 84, 2, s. 33-43.

SCHEFFER, F. / SCHACHTSCHABEL P., 1976. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 394 s.

SEINFELD, J.H. 1986. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. New York, A Wiley Interscience Publication.

SIMONČIČ, P., 1997. Preskrbljenost gozdnega drevja z mineralnimi hranili na 16 x 16 km mreži. ZGiL, 52, s. 251-278.

SPIECKER, H., 1999. Growth trends in European Foreats – do we have sufficient kowledge ? Causes and Consquences of Accelerating Tree Growth in Europe, EFI Proceedings, No. 27, 157-169 s.

STEPANČIČ, D., 1972: Morfološke in pedodinamske značilnosti rendzine na dolomitu. - Ljubljana, Biotehniška fakulteta, katedra za proučevanje tal in prehrano rastlin. 17 s.

STEPANČIČ, D., Ažnik, M., 1977. Rendzina v Sloveniji.- Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Kmetijstvo, zv. 28, s. 9-19.

SUŠIN, J., 1983. Nauk o tleh. - Kmetijski tehniški slovar. Gradivo za Pedološki slovar. 1. knjiga, 1. zvezek. Vtozd za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani,36 s.

ULRICH, B. 1983. Stabilitet von Waldökosystemen unter dem Einfluss des "sauren Regens". Allgem. Forst Zeitschr., s. 670-677.

ULRICH, B., 1986. Stoffhaushalt von wald–ökosystemen bioelement–haushalt. Göttingen, Institut fur Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, 343 s.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, Uradni list RS, št. 68/96

VANMECHELEN, L. / GROENEMANS, R. / VAN RANST, E., 1997. Forest Soil Condition in Europe, Results of a Large-Scale Soil Survey. Brussels, Geneva; Forest

Soil Co-ordinating Centre, Ministry of the Flemish Community, CLRTAP, ICP Forets, 261 s.

VODNIK, D. / GOGALA, N., 1996. Fitotoksičnost svinca in ektomikoriza gospodarsko pomembnih drevesnih vrst. Ljubljana, ZGiL, 48, s. 5-34.

VRIES DE W., 2000. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Evaluation of the Programme in view of its objectives and proposals for the scientific evaluation of the data. A strategy document. EC, UN/ECE 2000, Brussels, Geneva, 45 s.

ZORN, M., 1971: Gozdne združbe in rastiščnogojitveni tipi v g.g.e. Kamnik II. – dodatek. – Fitocenološke karte 1:10 000 z legendo in fitocenološki elaborat, Biro za gozdarsko načrtovanje, Ljubljana, 35 s.

BF Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire • Gozdarski inštitut Slovenije • GOZDARSKA KNJIŽNICA Večna pot 2 LJUBLJANA