

GDK 48 : 114.521.3 :160.201 : (497.12)

Prispelo / Arrived: 21. 1.1997

Sprejeto / Accepted: 25. 2.1997

VSEBNOST KOVIN V GOZDNIH TLEH TER IGLICAH IN LISTJU GOZDNEGA DREVJA NA PLOSKVAH 16X16 KM MREŽE V SLOVENIJI

Polona KALAN*

Izvleček

Pri ocenjevanju stanja gozdov na točkah 16x16 km mreže v Slovenij smo v letu 1996 ugotavljali tudi vsebnost kovin v gozdnih tleh ter iglicah in listju gozdnega drevja. V vzorcih tal smo ugotavljali vsebnost Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Pb in Cd, v vzorcih iglic in listja pa vsebnost Al, Fe, Mn, Zn in Pb. Ugotovili smo, da so na nekaterih ploskvah tla že onesnažena s kovinami. Na ploskvah z višjimi vsebnostmi kovin v tleh pa se pojavljajo tudi višje vsebnosti kovin v iglicah in listju.

Ključne besede: vsebnost kovin, gozdna tla, gozdno drevje, onesnaženost

THE METAL CONTENT IN FOREST SOIL, FOREST TREE NEEDLES AND LEAVES ON PLOTS IN THE 16X16 KM SLOVENIAN FOREST NETWORK

Abstract

As part of establishing the state of the forest in the 16x16 km forest network in Slovenia we have determined metal content in forest soil, forest tree needles and leaves in 1996. The contents of Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Pb and Cd were determined in soil samples, and of Al, Fe, Mn, Zn and Pb in needle and leaf samples. We have established that the soil in some plots is already polluted with metals. Higher metal contents in tree needles and leaves was found on plots with a higher metal content in the soil.

Key words: metal content, forest soil, forest trees, pollution

* Mag., dipl. inž. kem; Gozdarski inštitut Slovenije, 1000 Ljubljana, Večna pot 2, SLO

KAZALO / CONTENTS

| | | |
|-----|---|-----|
| 1 | UVOD / INTRODUCTION | 353 |
| 2 | MATERIALI IN METODE / MATERIALS AND METHODS | 353 |
| 2.1 | VZORČENJE / SAMPLING | 353 |
| 2.2 | LABORATORIJSKO DELO / LABORATORY WORK | 354 |
| 3 | MEJNE VREDNOSTI / LIMIT VALUES | 355 |
| 4 | REZULTATI IN RAZPRAVA / RESULTS AND DISCOUSION | 355 |
| 5 | ZAKLJUČKI / CONCLUSIONS | 359 |
| 6 | POVZETEK | 360 |
| 7 | SUMMARY | 361 |
| 8 | VIRI / REFERENCES | 363 |

1 UVOD

V zadnjih 30 letih je opazno poviševanje koncentracij kovin v okolju, kar je posledica industrializacije. Kovine se v obliki lahko hlapnih komponent oz. vezane na prašne delce ter z različnimi industrijskimi odplakami širijo na velike razdalje (ADRIANO 1992). Potencialni vir kovin pa so tudi tla. Kovine, vezane na različne minerale, se lahko pod določenimi vplivi (predvsem zakisovanje tal) prično sproščati. Postanejo dostopne rastlinam in živalim ter se vključujejo v prehranjevalne verige. Kovine so v majhnih količinah bistvenega pomena za normalen razvoj živih bitij, povečane koncentracije pa lahko negativno vplivajo na normalen razvoj oz. so celo toksične (KABATA-PENDIAS / PENDIAS 1984). Zato tudi kovine povzročajo poškodovanost gozdnega drevja.

Pri ocenjevanju stanja gozda v Sloveniji na ploskvah 16 x 16 km mreže smo v letu 1996 ugotavljali tudi vsebnosti kovin v tleh ter v iglicah oz. listju drevja.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 VZORČENJE

Gozdna tla smo na vsaki opazovalni ploskvi vzorčili na treh odzemnih mestih. Z okvirom velikosti 25x25 cm smo odvzeli kvantitativne vzorce organskih podhorizontov (Ol, Of in Oh). Nato smo na vsakem odzemnem mestu z valjasto pedološko sondo (Seibersdorf) odvzeli še kvantitativne vzorce tal s talnih plasti 0 - 5 cm, 5 - 10 cm in 10 - 20 cm. Vzorce s po treh odzemnih mest smo združili za vsak podhorizont oz. vsako talno plast.

Foliarne vzorce smo odvzeli s treh dreves na opazovalni ploskvi 16x16 km mreže. Vzorčili smo z dreves prevladujoče drevesne vrste. Vzorce iglic smo nabirali z vej sedmega drevesnega vretena (KNABE 1984, KALAN 1989), listje pa z zunanjšega, osvetljenega dela drevesne krošnje.

2.2 LABORATORIJSKO DELO

Vzorcem tal smo v laboratoriju odstranili vse žive korenine in dele rastlin ter jih posušili na zraku. Nato smo jih zdrobili v porcelanasti terilnici in presejali skozi sito z 2 mm odprtini.

Foliarne vzorce smo posušili pri temperaturi 40°C. Iglice in listje smo ločili od vejic ter jih zmleli v mlinu Brabender. Vzorce smo presejali skozi sito z 1 mm odprtini.

V vzorcih organskih podhorizontov in mineralnih plasti tal smo določili vsebnost Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Pb in Cd. V vzorcih enoletnih iglic in listja smo določili vsebnost Al, Fe, Mn, Zn, Pb in Cd.

Talne in foliarne vzorce smo razkrojili s HNO₃/HClO₄ (5:1) (ÖNORM L 1085). V tako pripravljene raztopine smo kovine določevali s plamensko (FLAAS) in elektrotermično (ETAAS) atomsko absorpcijsko spektroskopijo (ECE-ICP, 1994).

Dobljene vrednosti predstavljajo za rastlinski material celotne vsebnosti, medtem ko v tleh na ta način določimo 90 - 100% vsebnosti kovin oz. 50 - 60% vsebnosti Cr (MUTSCH 1992).

Laboratorijsko delo smo sproti kontrolirali z uporabo testnih vzorcev tal, iglic in listja (ALVA 1994, ALVA 1995, HUNTER 1995) ter z referenčnim materialom CRM 101 (GRIEPINK / MAIER / MUNTAU 1990).

3 MEJNE VREDNOSTI

V Sloveniji so z uredbo predpisane le 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), medtem ko za iglice in listje različnih drevesnih vrst takšne vrednosti pri nas še niso predpisane. V preglednici 1 navajamo predpisane vrednosti za Cd, Pb, Zn in Cr (tabela 1).

Preglednica 1: Mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti za Cd, Pb, Zn in Cr v tleh (Ur. list RS, št. 68/96).

Table 1: *Limit, warning and critical immission values for Cd, Pb, Zn and Cr in soils (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) |
|--------------------|---|---|--|
| <i>Heavy metal</i> | <i>Limit value</i> (mg/kg dry soils) | <i>Warning value</i> (mg/kg dry soils) | <i>Critical value</i> (mg/kg dry soils) |
| Cd - kadmij | 1 | 2 | 12 |
| Pb - svinec | 85 | 100 | 530 |
| Zn - cink | 200 | 300 | 720 |
| Cr - krom | 100 | 150 | 380 |

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Vsebnosti kovin v tleh in asimilacijskih tkivih dreves na ploskvah 16x16 km mreže podajamo v preglednici 2. Poleg podatkov o lokaciji ploskev navajamo v preglednici povprečne vsebnosti kovin v tleh za organski horizont in mineralno plast (0 - 20 cm) tal, drevesno vrsto, s katere smo odvzeli foliarne vzorce, ter povprečno vsebnost kovin v listju oz. iglicah, nabranih na treh drevesih.

Preglednica 2: Podatki o vsebnosti kovin v tleh ter v iglicah in listju gozdnega drevja na ploskvah 16x16 km mreže v Sloveniji.

Table 2: Contents of heavy metals in soils, needles and leaves of forest trees at 16x16 km grid plots in Slovenia.

| Loka cija | Organski del tal (Ol, Of, Oh horizons) | | | | | | | | Mineralni del tal (0-20 cm) | | | | | | | | Foliarni vzorci | | | | | | |
|--------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|--|
| | Organic soil layer (Ol, Of, Oh horizons) | | | | | | | | Mineral layer (0-20 cm) | | | | | | | | Foliar samples | | | | | | |
| Loca | Al ^a | Fe ^a | Mn ^a | Cr ^a | Zn ^a | Pb ^a | Cd ^a | Al ^a | Fe ^a | Mn ^a | Cr ^a | Zn ^a | Pb ^a | Cd ^a | D.v. | Al ^b | Fe ^b | Mn ^b | Zn ^b | Pb ^b | Cd ^b | | |
| l/lon | mg/kg | | | | | | | | mg/kg | | | | | | | | T.S. | mg/kg | | | | | |
| B6 | 10719 | 25825 | 1916 | 44 | 94 | 66 | 1,5 | 22684 | 45608 | 1154 | 59 | 84 | 31 | 0,6 | mac | 127 | 73 | 969 | 25 | 1,5 | 0,2 | | |
| B7 | 6400 | 15800 | 1777 | 22 | 42 | 36 | 0,3 | 21866 | 58604 | 1021 | 62 | 69 | 68 | <0,1 | | | | | | | | | |
| C3 | 1345 | 4591 | 404 | 4 | 239 | 190 | 2,5 | 27897 | 15144 | 221 | 24 | 204 | 134 | 2,7 | sm | 18 | 31 | 528 | 59 | 0,3 | 0,2 | | |
| C4 | 1479 | 1906 | 217 | 3 | 88 | 50 | 1,0 | 4835 | 8141 | 85 | 14 | 116 | 123 | 3,0 | sm | 29 | 41 | 373 | 50 | 0,8 | 0,1 | | |
| C5 | 9674 | 15066 | 543 | 22 | 104 | 51 | 2,3 | 36232 | 52977 | 758 | 41 | 133 | 49 | 3,7 | bu | 62 | 116 | 400 | 28 | 1,5 | 0,1 | | |
| C6 | 4881 | 5415 | 755 | 7 | 73 | 64 | 1,5 | 17328 | 30696 | 197 | 436 | 34 | 42 | 0,2 | sm | 20 | 33 | 687 | 44 | 0,8 | 0,1 | | |
| C8 | 13162 | 19584 | 626 | 21 | 71 | 43 | 1,1 | 55176 | 91827 | 1347 | 119 | 90 | 46 | 0,8 | bor | 67 | 36 | 225 | 33 | 0,4 | 0,1 | | |
| D4 | 21297 | 38765 | 1006 | 33 | 189 | 118 | 2,9 | 13508 | 26817 | 821 | 20 | 110 | 37 | 2,0 | sm | 40 | 48 | 783 | 43 | 0,9 | 0,9 | | |
| D8 | 11146 | 20661 | 7249 | 23 | 108 | 94 | 1,8 | 28074 | 78541 | 1422 | 64 | 95 | 31 | 0,2 | hr | 382 | 80 | 2368 | 206 | 2,7 | 0,1 | | |
| D9 | 4009 | 8566 | 1157 | 21 | 56 | 14 | 0,5 | 15506 | 38990 | 1136 | 54 | 58 | 13 | 0,2 | ga | 309 | 117 | 1213 | 18 | 0,8 | <0,1 | | |
| E4 | 7310 | 15798 | 3559 | 21 | 138 | 129 | 1,6 | 22135 | 60109 | 788 | 25 | 75 | 63 | 0,2 | sm | 90 | 46 | 2126 | 41 | 1,2 | 0,4 | | |
| E5 | 15467 | 28347 | 1380 | 29 | 90 | 36 | 1,7 | 15895 | 41438 | 1877 | 35 | 52 | 7 | 1,4 | sm | 28 | 45 | 148 | 42 | 0,4 | <0,1 | | |
| E7 | 9000 | 16700 | 1033 | 17 | 78 | 55 | 1,9 | 31665 | 57903 | 743 | 59 | 71 | 42 | 0,7 | sm | 46 | 68 | 1214 | 33 | 1,6 | 0,4 | | |
| F7 | 4035 | 4948 | 438 | 7 | 75 | 33 | 0,4 | 13648 | 17885 | 1288 | 21 | 68 | 8 | 1,1 | sm | 36 | 38 | 149 | 45 | 0,8 | 0,1 | | |
| F8 | 6663 | 8574 | 973 | 16 | 54 | 31 | 0,6 | 33975 | 57376 | 1007 | 52 | 80 | 33 | 0,7 | sm | 23 | 25 | 687 | 35 | 0,8 | 0,1 | | |
| F9 | 10906 | 16408 | 486 | 25 | 87 | 48 | 1,8 | 42438 | 68453 | 398 | 72 | 135 | 42 | 3,1 | sm | 35 | 43 | 422 | 44 | 0,7 | 0,1 | | |
| G4 | 1537 | 3335 | 359 | 9 | 121 | 79 | 2,1 | 9049 | 14345 | 686 | 21 | 117 | 81 | 2,7 | sm | 24 | 21 | 133 | 43 | 0,9 | 0,1 | | |
| G5 | 5708 | 9825 | 1203 | 12 | 49 | 11 | 3,6 | 33316 | 85581 | 1864 | 80 | 121 | 38 | 12,3 | sm | 52 | 48 | 489 | 31 | 1,0 | 0,8 | | |
| G6 | 10124 | 15940 | 832 | 11 | 62 | 27 | 3,3 | 16525 | 27964 | 230 | 15 | 46 | 20 | 0,1 | ja | 83 | 88 | 1899 | 39 | 0,8 | 0,1 | | |
| G7 | 14000 | 18438 | 902 | 22 | 77 | 48 | 1,1 | 31523 | 38722 | 220 | 55 | 68 | 28 | 0,3 | bu | 31 | 74 | 579 | 22 | 0,9 | 0,1 | | |
| H3 | 1547 | 2722 | 313 | 6 | 58 | 611 | 2,3 | 25442 | 73830 | 1020 | 36 | 95 | 228 | 1,7 | sm | 77 | 34 | 980 | 49 | 6,9 | 1,0 | | |
| H4 | 30013 | 33488 | 2342 | 7 | 137 | 80 | 4,1 | 36074 | 60448 | 921 | 20 | 85 | 29 | 1,0 | sm | 51 | 47 | 1492 | 37 | 0,8 | 1,0 | | |
| H5 | 3035 | 3662 | 196 | 2 | 94 | 27 | 0,7 | 13858 | 19599 | 759 | 16 | 227 | 39 | 3,6 | sm | 29 | 57 | 145 | 63 | 0,7 | 0,2 | | |
| H6 | 6803 | 7875 | 275 | 11 | 71 | 79 | 1,9 | 21420 | 50329 | 249 | 27 | 55 | 28 | 0,1 | sm | 82 | 43 | 1403 | 37 | 1,0 | 0,1 | | |
| H7 | 7039 | 12508 | 582 | 24 | 46 | 68 | 0,8 | 19196 | 51438 | 1047 | 48 | 56 | 32 | 0,6 | sm | 102 | 39 | 1847 | 21 | 1,0 | 0,1 | | |
| H8 | 6800 | 8400 | 1616 | 21 | 40 | 12 | 0,4 | 35621 | 60713 | 1008 | 84 | 81 | 38 | 1,3 | | | | | | | | | |
| H9 | 2733 | 4129 | 936 | <1 | 39 | 16 | 0,3 | 31056 | 42744 | 652 | 27 | 71 | 31 | 0,4 | sm | 37 | 35 | 155 | 45 | 0,4 | <0,1 | | |
| I2 | 6000 | 13000 | 1040 | 14 | 69 | 29 | 0,4 | 22064 | 39229 | 456 | 38 | 84 | 17 | 0,1 | sm | 145 | 73 | 975 | 37 | 1,2 | 0,3 | | |
| I4 | 12265 | 18371 | 3457 | 11 | 111 | 110 | 2,8 | 26164 | 44366 | 1100 | 27 | 87 | 40 | 0,7 | sm | 51 | 25 | 1800 | 39 | 0,6 | 0,7 | | |
| I5 | 4680 | 9800 | 1745 | <1 | 89 | 49 | 2,0 | 14097 | 43835 | 217 | 20 | 75 | 33 | 0,2 | sm | 96 | 42 | 1118 | 37 | 1,3 | 0,6 | | |
| I6 | 5906 | 10842 | 815 | 9 | 100 | 31 | 0,6 | 24157 | 50947 | 1299 | 30 | 339 | 79 | 1,6 | sm | 23 | 41 | 121 | 50 | 1,3 | <0,1 | | |
| I8 | 3173 | 3876 | 2683 | 11 | 30 | 15 | 0,5 | 33268 | 60782 | 1605 | 90 | 68 | 50 | 0,5 | sm | 112 | 42 | 2218 | 26 | 0,7 | 0,2 | | |
| J2 | 9272 | 20870 | 541 | 17 | 57 | 58 | 0,6 | 23189 | 83041 | 609 | 28 | 75 | 20 | 0,2 | sm | 75 | 48 | 1467 | 33 | 0,8 | 0,2 | | |
| J3 | 11540 | 28785 | 233 | 15 | 50 | 61 | 0,5 | 18784 | 70302 | 379 | 37 | 46 | 27 | 0,2 | sm | 77 | 37 | 1165 | 28 | 0,9 | 0,1 | | |
| J5 | 14507 | 39989 | 1564 | 84 | 132 | 88 | 2,7 | 40681 | 108719 | 1559 | 253 | 109 | 22 | 2,0 | sm | 68 | 41 | 1020 | 58 | 1,3 | 1,1 | | |
| J6 | 13365 | 40145 | 2574 | 16 | 131 | 81 | 0,7 | 21621 | 80017 | 910 | 33 | 155 | 88 | 0,2 | sm | 19 | 49 | 1562 | 39 | 0,7 | 0,2 | | |
| J8 | 2540 | 5154 | 1627 | 13 | 44 | 12 | 0,5 | 22796 | 55040 | 1966 | 57 | 78 | 29 | 0,4 | bu | 25 | 55 | 1082 | 34 | 0,5 | 0,3 | | |
| K4 | 7880 | 20177 | 2424 | 23 | 114 | 72 | 1,9 | 24135 | 66960 | 615 | 57 | 77 | 36 | 0,4 | sm | 453 | 32 | 1119 | 135 | 2,7 | 0,5 | | |
| L3 | 22806 | 38263 | 1025 | 27 | 82 | 46 | 0,8 | 29197 | 54304 | 749 | 39 | 78 | 27 | 1,0 | sm | 95 | 46 | 1170 | 30 | 1,2 | 0,3 | | |
| L4 | 5496 | 11291 | 1638 | 17 | 93 | 18 | 0,7 | 14499 | 38615 | 1413 | 30 | 97 | 21 | 0,5 | | | | | | | | | |
| M4 | 2945 | 8768 | 812 | 12 | 64 | 20 | 0,7 | 9361 | 42215 | 137 | 26 | 65 | 21 | 0,3 | sm | 51 | 33 | 503 | 30 | 1,1 | 0,3 | | |
| N2 | 13700 | 13300 | 406 | 20 | 58 | 12 | 0,3 | 16410 | 51059 | 1117 | 55 | 163 | 39 | 0,7 | hr | 90 | 101 | 2563 | 25 | 0,6 | 0,2 | | |
| N3 | 6138 | 12360 | 2683 | 15 | 72 | 37 | 1,9 | 23207 | 61947 | 281 | 51 | 84 | 19 | 0,2 | | | | | | | | | |

Legenda za drevesno vrsto (D.v.):

Legend for tree species (T.S.):

sm -- smreka / spruce

bor -- bor / pine

mac -- macesen / larch

bu -- bukev / beech

hr -- hrast / oak

ga -- gaber / hornbeam

ja -- javor / maple

a -- določeno z FLAAS / determined with FLAAS

b -- določeno z ETAAS / determined with ETAAS

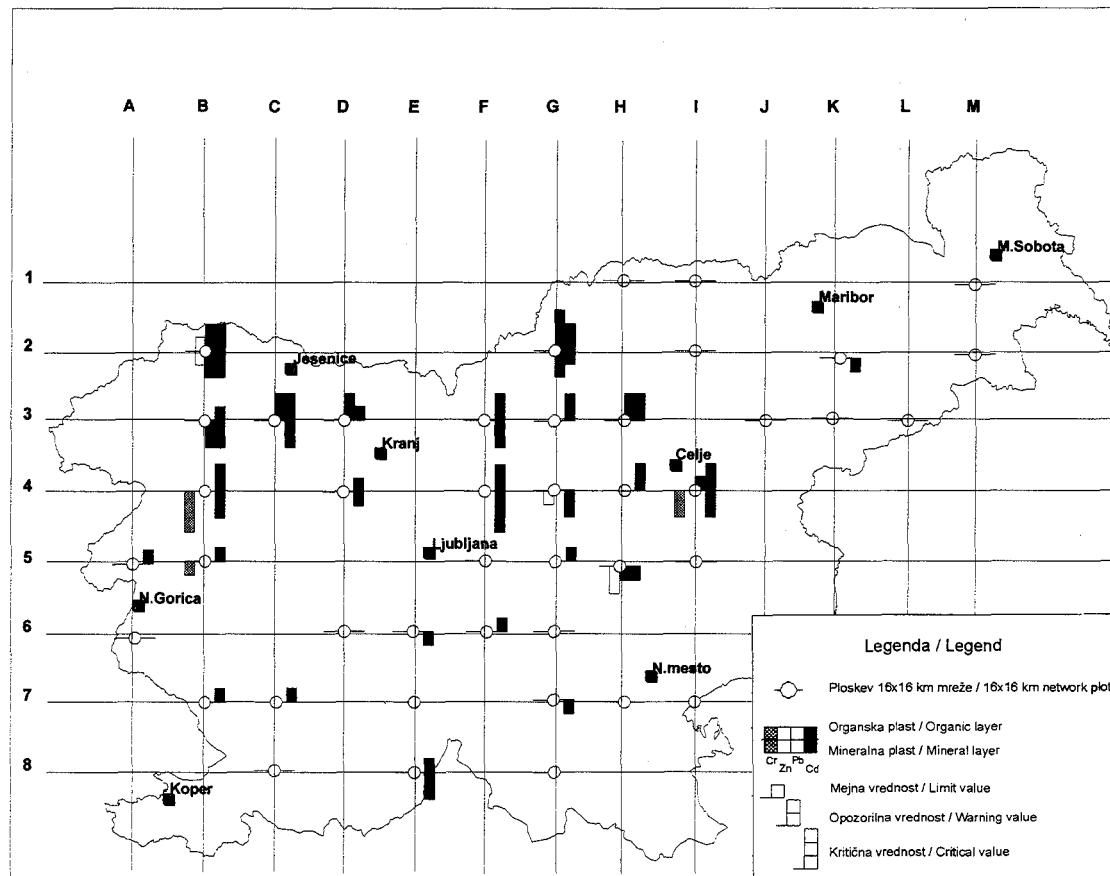
V preglednici 2 so poudarjene tiste vrednosti za posamezne kovine, ki presegajo mejno vrednost za ocenjevanje onesnaženosti tal. Karta 1 pa prikazuje presežene mejne, opozorilne in kritične vrednosti za Cr, Pb, Zn in Cd v organski in mineralni plasti tal na ploskvah 16x16 km mreže v Sloveniji.

V preglednici 3 navajamo povprečne, minimalne in maksimalne vsebnosti opazovanih kovin v organskem in mineralnem sloju gozdnih tal ter v listju in iglicah gozdnega drevja. Navedena so tudi območja, v katerih je zajetih 50% vseh vrednosti na opazovanih ploskvah.

Preglednica 3: Vsebnost kovin v gozdnih tleh ter iglicah in listju gozdnega drevja v Sloveniji.

Table 3: Heavy metal content in forest soils, needles and leaves of forest trees in Slovenia.

| GOZDNA TLA FOREST SOIL | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|------------------|---------------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Kovina Metal | Organski sloj Organic layer | | | | Mineralni sloj Mineral layer | | | |
| | Povpr. Average | Min. Min | Maks. Max | Območje Range | Povpr. Average | Min. Min | Maks. Max | Območje Range |
| Al (mg/kg) | 8575 | 1345 | 30013 | 4035-11540 | 24176 | 4835 | 55176 | 16410-31523 |
| Fe (mg/kg) | 15402 | 1906 | 40145 | 7875-20177 | 51805 | 8141 | 108791 | 38990-61947 |
| Mn (mg/kg) | 1357 | 196 | 7249 | 541-1745 | 868 | 85 | 1966 | 398-1154 |
| Cr (mg/kg) | 17 | <1 | 84 | 9-22 | 57 | 14 | 436 | 26-59 |
| Zn (mg/kg) | 86 | 16 | 77 | 57-104 | 97 | 34 | 339 | 68-110 |
| Pb (mg/kg) | 66 | 11 | 611 | 27-79 | 45 | 7 | 228 | 27-46 |
| Cd (mg/kg) | 1,4 | 0,3 | 4,1 | 0,5-1,9 | 1,2 | <0,1 | 12,3 | 0,2-1,6 |
| GOZDNO DREVJE FOREST TREES | | | | | | | | |
| Kovina Metal | Iglavci Conifers | | | | Listavci Broadleaves | | | |
| | Povpr. Average | Min. Min | Maks. Max | Območje Range | Povpr. Average | Min. Min | Maks. Max | Območje Range |
| Al (mg/kg) | 71 | 18 | 453 | 29-86 | 140 | 25 | 382 | 31-309 |
| Fe (mg/kg) | 42 | 21 | 73 | 35-47 | 90 | 55 | 117 | 74-116 |
| Mn (mg/kg) | 912 | 121 | 2218 | 397-1308 | 1443 | 400 | 2563 | 579-2368 |
| Zn (mg/kg) | 42 | 21 | 135 | 33-45 | 53 | 18 | 206 | 22-39 |
| Pb (mg/kg) | 1,1 | 0,3 | 6,9 | 0,7-1,2 | 1,1 | 0,5 | 2,7 | 06-1,5 |
| Cd (mg/kg) | 0,3 | <0,1 | 1,1 | 0,1-0,5 | 0,1 | <0,10 | 0,3 | 0,1-0,2 |



Karta 1: Presežene mejne opozorilne in kritične vrednosti za Cr, Pb, Zn in Cd v organskem in mineralnem delu tal.

Map 1: Exceeded limiting, warning and critical values of Cr, Pb, Zn and Cd in organic and mineral soil layer.

Na nekaterih opazovanih ploskvah 16x16 km mreže so gozdna tla že onesnažena s kovinami. Mejna vrednost za Cd je presežena na 27 ploskvah, od tega je na 12 ploskvah presežena opozorilna vrednost (C3, C4, C5, D4, F9, G4, H3, H4, H5, I4, I5, J5), na eni ploskvi (G5) pa celo kritična vrednost. Mejna vrednost za Pb je presežena na 9 ploskvah, od katerih je na 5 presežena opozorilna vrednost (C3, C4, D4, E4, I4), na ploskvi H3 pa je presežena kritična vrednost. Povišane vsebnosti Zn in Cr smo ugotovili na 3 ploskvah. Opozorilna vrednost je presežena za Zn na ploskvi I6, za Cr pa na ploskvi J5. Na ploskvi C6 je presežena kritična vrednost Cr.

Vsebnosti kovin so višje v listavcih kot v iglavcih, pri tem pa moramo opozoriti na dejstvo, da so bili vzorci iglic odvzeti na 30 ploskvah s smreke, na eni ploskvi s črnega bora, na eni pa z macesna. Listavce smo vzorčili na 7 ploskvah, in sicer so bili na 3 ploskvah nabrani vzorci bukovega listja, na dveh hrastovega ter po enkrat gabrovega in javorovega listja.

Višje vsebnosti kovin v iglicah in listju drevja se pojavljajo na ploskah z višjimi vsebnostmi kovin v tleh. Iz ugotovljenih vsebnosti kovin pa ne moremo sklepati na korelacijo med vsebnostjo kovin v tleh in vsebnostjo kovin v iglicah oz. listju.

5 ZAKLJUČKI

Meritve kovin v gozdnih tleh ter iglicah oz. listju drevja so pokazale, da so gozdna tla v Sloveniji najbolj obremenjena s Cd. Tla so onesnažena s to kovino na 23% opazovanih ploskev (presežena opozorilna oz. kritična vrednost). Na nekaterih od teh ploskev pa so povišane tudi vsebnosti ostalih kovin (Zn, Pb, Cr) v tleh.

Višje vsebnosti kovin v iglicah in listju drevja se pojavljajo na ploskah z višjimi vsebnostmi kovin v tleh. Glede na dobljene rezultate pa ne moremo sklepati na korelacijo med vsebnostjo kovin v tleh in vsebnostjo kovin v iglicah oz. listju.

Ocena stanja ploskev na 16x16 km mreži je pokazala, da so gozdovi v Sloveniji na nekaterih območjih že obremenjeni s kovinami. Zato bi bilo potrebno redno

spremljanje kovin v tleh in foliarnih vzorcih, saj bi le tako lahko ugotovili, ali se stanje slabša. V tem primeru pa bi morali raziskave poglobiti in ugotavljati morebitne vire onesnaženosti pa tudi možne povezave med vsebnostjo kovin in drugimi kazalci poškodovanosti gozdov.

6 POVZETEK

V zadnjih 30 letih je opazno poviševanje koncentracij kovin v okolju, kar je posledica industrializacije. Potencialni vir kovin pa so tudi tla. Kovine so v majhnih količinah bistvenega pomena za normalen razvoj živih bitij, povečane koncentracije pa imajo lahko negativne vplive na normalen razvoj oz. so celo toksične. Zato tudi kovine povzročajo poškodovanost gozdnega drevja.

Pri ocenjevanju stanja gozda v Sloveniji na ploskvah 16 x 16 km mreže smo v letu 1996 ugotavljali tudi vsebnosti kovin v tleh ter v iglicah oz. listju drevja.

Gozdna tla smo na vsaki opazovalni ploskvi vzorčili na treh odzemnih mestih. Odvzeli smo kvantitativne vzorce organskih podhorizontov tal ter vzorce treh mineralnih plasti (0 - 5 cm, 5 - 10 cm in 10 - 20 cm). Foliarne vzorce smo na vsaki ploskvi odvzeli s treh dreves. Vzorčili smo z dreves prevladujoče drevesne vrste. Vzorce iglic smo nabirali z vej sedmega drevesnega vretena, listje pa z zunanlega, osvetljenega dela drevesne krošnje.

V vzorcih organskih podhorizontov in mineralnih plasti tal smo določili vsebnost Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Pb in Cd. V vzorcih enoletnih iglic in listja smo določili vsebnost Al, Fe, Mn, Zn, Pb in Cd. Laboratorijsko delo smo sproti kontrolirali z uporabo testnih vzorcev tal, iglic in listja ter z referenčnim materialom CRM 101.

V Sloveniji so z uredbo predpisane le mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti za ocenjevanje onesnaženosti tal z nekaterimi kovinami, medtem ko za iglice in listje različnih drevesnih vrst takšne vrednosti pri nas še niso predpisane.

Glede na veljavni predpis ugotavljamo, da so na nekaterih opazovanih ploskvah 16x16 km mreže gozdna tla že onesnažena s kovinami. Mejna vrednost za Cd je

presežena na 27 ploskvah, od tega je na 12 ploskvah presežena opozorilna vrednost (C3, C4, C5, D4, F9, G4, H3, H4, H5, I4, I5, J5), na eni ploskvi (G5) pa celo kritična vrednost. Mejna vrednost za Pb je presežena na 9 ploskvah, od katerih je na 5 presežena opozorilna vrednost (C3, C4, D4, E4, I4), na ploskvi H3 pa je presežena kritična vrednost. Povišane vsebnosti Zn in Cr smo ugotovili na 3 ploskvah. Opozorilna vrednost je presežena za Zn na ploskvi I6, za Cr pa na ploskvi J5. Na ploskvi C6 je presežena kritična vrednost Cr.

Višje vsebnosti kovin v iglicah in listju drevja se pojavljajo na ploskah z višjimi vsebnostmi kovin v tleh. Iz ugotovljenih vsebnosti kovin pa ne moremo sklepati na korelacijo med vsebnostjo kovin v tleh z vsebnostjo kovin v iglicah oz. listju.

Gozdovi v Sloveniji so že obremenjeni s kovinami, zato bi bilo potrebno redno spremljanje kovin v tleh in foliarnih vzorcih, saj bi le tako lahko ugotovili, ali se stanje slabša. V tem primeru pa bi morali raziskave poglobiti in ugotavljati morebitne vire onesnaženosti, kot pa možne povezave med vsebnostjo kovin in drugimi kazalci poškodovanosti gozdov.

7 SUMMARY

In the last 30 years the increase in metal concentrations could be established in the environment, which is the consequence of industrialisation. A potential source of metals is also the soil. In small quantities metals are of essential significance for normal development of living beings, increased concentrations, however, can have harmful impact on normal development or might even be toxic. Therefore, forest tree damage is also caused by metals.

In the assessment of Slovenian forest status in the plots of the 16 x 16km net the content of metals in soil and tree needles or leaves was established in 1996.

Forest soil was sampled in each research plot in three sample spots. Quantitative samples of organic soil subhorizons and the samples of mineral layers (0-5cm, 5-10cm, 10-20cm) were taken. Foliar samples were taken in each plot from three trees. The samples were taken from the trees of the prevailing tree species.

Needle samples were collected from the branches of the seventh tree stratum and the leaves from the most extreme, illuminated part of a tree crown.

In the samples of organic subhorizons and mineral layers the content of Al, Fe, Mn, Cr, Zn, Pb and Cd was established. In the samples of one-year needles and leaves the content of Al, Fe, Mn, Zn, Pb and Cd was established. Laboratory work was simultaneously controlled by means of test samples of soil, needles and leaves and the reference CRM 101 material.

In Slovenia only the limit, warning and critical emission values for the assessment of soil pollution by some metals have been prescribed in a regulation, yet they have not yet been established for the needles and leaves of various tree species in our country.

As to the valid regulation it can be established that in some observation points of the 16 x 16km net, forest soil has already been polluted by metals. The limit Cd value has been exceeded in 27 plots, in 12 of them the warning value has been exceeded as well (C3, C4, C5, D4, F9, G4, H3, H4, H5, I4, I5, J5), in one plot (G5) even the critical value. The limit value for Pb has been exceeded in 9 plots, in 5 of them the warning value has been exceeded (C3, C4, D4, E4, I4) and in the H3 plot the critical value. Increased values of Zn and Cr have been established in 3 plots. The warning value has been exceeded for Zn in the I6 plot, for Cr in the J5 one. In the C6 plot the critical value for Cr has been exceeded.

Higher content values in needles and leaves emerge in the plots with higher soil metal content. From the established metal content the correlation between the metal content in soil and that in needles and leaves cannot be concluded.

Slovenian forests have already been burdened by metals, therefore regular monitoring of metals in soil and foliar samples would be necessary; only in this way it would be possible to establish whether the condition is worsening or not. In such cases the research would have to be extended and the possible pollution sources as well as the possible links between metal content and other indicators regarding forest damage would have to be established.

8 VIRI

- ADRIANO, D.C., 1992. Biogeochemistry of Trace Metals.- Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo, Lewis Publisher, 511 s.
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich), 1995. Untersuchungsergebnisse Enquete 1995.- Gumpenstein, ALVA Fachgruppe Boden, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, 95 s.
- ALVA (Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten in Österreich), 1994. Untersuchungsergebnisse Enquete 1994.- Gumpenstein, ALVA Fachgruppe Boden, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, 106 s.
- GRIEPINK, B. / MAIER, E.A. / MUNTAU H., 1992. The Certification of the content of N, P, S, and Cl in beech leaves (CRM 100 - *Fagus sylvatica*) and Al, Ca, Mg, Mn, Zn, N, P, S and Cl in spruce needles (CRM 101 - *Picea abies*).- Brussels, Commission of the European Communities, Community Bureau of Reference, 82 s.
- HUNTER, I. R., 1996. Results of Inter-Laboratory Sample Exchange for 1995.- Kent. International Union of Forest Research Organisations, Working Group (previously) S1.02-08 (now) 8.02.04 Soil and Plant Tissue Analysis, 17 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, 34, s. 99-27.
- KNABE, W., 1984. Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen.- Allgem. Forst. Zeitschr., 33/34, s. 847-848.
- MUTSCH, F., 1992. Schwermetalle.- V: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Ergebnisse, Waldbodenbericht. Wien, Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien, s. 145-192.
- UN ECE (United Nations Economic Commission for Europe), 1994. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.- Hamburg, Praga, UN ECE-ICP Programme Coordinating Centers, 177 s.
- Chemische Bodenuntersuchungen; Bestimmung der mineralischen Nähr- und Schadelemente im Säureaufschluss.- ÖNORM L 1085/89, Wien,

Österreichisches normungsinstitut, 5 s.

Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednosti nevarnih snovi v tleh,

Ur. list RS, št. 68/96.

UDK 630 * 1/9 + 674 (06) (497.12) = 863
GDK 1/9 (06) (497.12) = 863

ISSN 0351-3114
ISBN 961-90316-2-8

SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE
University of Ljubljana, Biotechnical faculty
Dep. of forestry & Dep. of Wood Science and Technology

RESEARCH REPORTS
Forestry and Wood Science and Technology
52

Special Edition:
FOREST DECLINE IN SLOVENIA
DURING 1985 - 1995

Ljubljana 1997



RESEARCH REPORTS

forest and wood science & technology

52

Special Edition



SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE



UNIVERSITY OF LJUBLJANA

Biotechnical faculty
Department of forestry &
Department of wood science and technology



9 789619 031629

1997