

#

## Znanstvena razprava

GDK: 114.53:922.2(497.4 Ljubljana)(045)=163.6

### Gozdna tla Mestne občine Ljubljana

*Forest Soil in the Municipality of Ljubljana*

Mihej URBANČIČ<sup>1</sup>, Milan KOBAL<sup>2</sup>, Andreja FERREIRA<sup>3</sup>, Primož SIMONČIČ<sup>4</sup>

#### Izvleček:

Urbančič, M., Kobal, M., Ferreira, A., Simončič, P.: Gozdna tla Mestne občine Ljubljana. *Gozdarski vestnik*, 68/2010, št. 5-6. V slovenščini, z izvlečkom v angleščini, cit. lit. 24. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Glede na digitalne pedološke karte merila 1 : 25.000 in baz pedoloških podatkov so bile opredeljene izravnalne (puferne) sposobnosti gozdnih tal ter preliminarno ocenjene zaloge ogljika v tleh Mestne občine Ljubljana (MOL). Obravnavana gozdna tla obsegajo 11.650 ha oz. 42 % površine MOL in vsebujejo 58 % od skupno več kot 3.5 M ton ogljika v vseh tleh MOL. Več kot 70 % gozdnih površin leži na nekarbonatnih, z bazami revnih kamninah, na katerih so se razvile različne vrste distričnih tal.

**Ključne besede:** stanje gozdnih tal, pedokartografska enota, vsebnost ogljika, pedotransferna funkcija

#### Abstract:

Urbančič, M., Kobal, M., Ferreira, A., Simončič, P.: Forest Soil in the Municipality of Ljubljana. *Gozdarski vestnik* (Professional Journal of Forestry), 67/68/2010, vol. 5-6. In Slovenian, abstract in English, lit. quot. 24. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

With regard to the digital 1 : 25.000 pedologic maps and bases of pedologic data, the buffer capabilities of forest soil were determined and carbon supplies in the soil of the Municipality of Ljubljana (MOL) were preliminarily assessed. The studied forest soil comprise 11.650 ha or 42 % of the MOL area and contain 58 % of the total of over 3.5 M tons of carbon in all soil in the MOL. Over 70 % of forest areas are situated on non-carbonate rocks poor with bases where diverse sorts of dystic soil have developed.

**Key words:** forest soil condition, pedocartographic unit, carbon content, pedotransfer function

## 1 UVOD

Gozdna tla so doslej zvečinoma ohranila prvobitno naravno zgradbo in raznovrstnost in se zato bistveno razlikujejo od kmetijskih tal. Za razliko od tal na obdelovalnih površinah, pri katerih so prvotni zgornji horizonti zaradi obdelovanja premešani in homogenizirani v eno samo plast - ornico, je za gozdna tla značilna velika pestrost talnih razmer, v katerih ni neposredno vnesenih antropogenih snovi (Fischer s sod., 2002).

Pomen tal za neovirano delovanje gozda in kroženje snovi v gozdnih ekosistemih (npr. voda, ogljik, hranila, onesnažila, itd.) je izjemno pomemben (Stevenson, 1986). Lastnosti gozdnih tal (npr. rodovitnost, onesnaženost, izmenljiva oz. puferna sposobnost, zadrževalna kapaciteta za vodo itn.) vplivajo na stanje gozdov in na potek procesov v gozdnih ekosistemih (Stevenson, 1986; Coleman s sod., 2004). Različni vplivi gospodarjenja z gozdovi, posledično tudi z gozdnimi tlemi, pa tudi vplivi okoljskih dejavnikov na gozd in gozdna tla lahko vodijo v poslabšanje fizikalnih, kemičnih in biotičnih lastnosti tal, kar označujemo s pojmom

degradacija tal. V procesu degradacije tla izgubljajo sposobnost izvajanja funkcij, bistvenih za življenje. Po tematski strategiji EU za zaščito tal (COM, 2002) glavne grožnje, ki lahko povzročajo degradacijo tal v evropskem prostoru, obsegajo: (a) erozijo, (b) zmanjševanje vsebnosti organske snovi, (c) onesnaženje tal, (d) izguba tal zaradi pozidave, (e) zbitost tal, (f) zmanjševanje biotske raznovrstnosti, (g) zaslanjevanje ter (h) poplave in plazovi.

Procesi degradacije so še posebno intenzivni v okolici glavnih prometnic, na območjih z intenzivno kmetijsko dejavnostjo, v okolici industrijskih centrov, termoenergetskih objektov in tudi mest, kjer je povečan vnos onesnažil v tla (Van-Camp s sod., 2004). Zaradi svoje velike puferne sposobnosti gozdnih tal le-ta

<sup>1</sup> M. U., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup> M. K., univ. dipl. inž. gozd., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

<sup>3</sup> A. F., dr. univ. dipl. inž. geogr., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

<sup>4</sup> P. S., dr. univ. dipl. inž. les., Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

#

## #

Urbančič, M., Kobal, M., Ferreira, A., Simončič, P.: Gozdna tla Mestne občine Ljubljana

lahko nevtralizirajo ali omejijo škodljive posledice vnosa onesnažil v gozdna tla in zadržujejo oz. vplivajo na manjše izpiranje onesnažil v talno vodo, npr. vezava onesnažil na organsko snov v opadu in zgornjih plasteh gozdnih tal (Fischer s sod., 2002). Neposredne vnose gnojil, fitofarmaceutskih sredstev in obstojnih organskih onesnažil (angl. Persistent Organic Pollutants - POP) v gozdna tla prepoveduje zakonodaja za področje gozdarstva (Zakon o gozdovih, 2007).

Za območje MOL sicer obstajajo podrobnejši podatki in informacije o stanju tal za kmetijske površine in površine v urbanem okolju. Na vodovarstvenih območjih v MOL že obstaja monitoring onesnaženosti tal kmetijskih zemljišč (<http://www.ljubljana.si/si/mol/mestnauprava/oddelki/varstvo-okolja/projekti/9240/detail.html>), kar daje dober vpogled na stanje onesnaženosti kmetijskih tal. Zanimivi so tudi rezultati mednarodnega projekta URBSOIL ([http://www.urbsoil.bf.uni-lj.si/nivo/2\\_urbsoil\\_v\\_lj/lj\\_cilji.htm](http://www.urbsoil.bf.uni-lj.si/nivo/2_urbsoil_v_lj/lj_cilji.htm)), katerega namen je bil ugotoviti kakovost tal v MO Ljubljana, določiti talne lastnosti in onesnaženost tal z nekaterimi kovinami in organskimi onesnažili. Dobljeni rezultati se večinoma nanašajo na urbana tla, zelenice, parke, otroška igrišča, zelene površine ob cestah in brežine rek. Rezultati so prikazani na internetnih straneh in so dostopni vsem potencialnim uporabnikom.

Gozdna tla zavzemajo 11.650 ha oz. 42 % površine MOL, vendar doslej niso bila predmet obširnejših raziskav. V prispevku je prikazan del gradiva iz projektne naloge Izdelava ocene stanja gozdnih tal v Mestni občini Ljubljana (Simončič s sod., 2009), v kateri je obravnavano stanje gozdnih tal, njihova vloga v gozdnih ekosistemih ter procesi v krajini, na katere pomembno vplivajo gozdna tla.

## 2 RASTIŠČNE ZNAČILNOSTI GOZDOV MOL

V Mestni občini Ljubljana (MOL) je zelo gozdnat predvsem gričevnat in hribovit svet, ki ga gradijo raznovrstne kamnine. Prevladujejo nekarbonatne kamnine, med katerimi so najbolj razširjeni permokarbonski skladi, ki jih sestavljajo kremenovi konglomerati, peščenjaki, meljevci in skrilavi glinavci iz najstarejših dob - karbona in spodnjega perma (Premru, 1980). Omenjene vezane klastične kamnine so slabo vodoprepustne in občutljive za vodno erozijo. Zanje je značilen relief z zaobljenimi grebeni, številnimi vodnimi jarki, gladkimi strmimi pobočji, pojavljajo se zemeljski plazovi. Na njih so se razvila z bazami revna, distrična tla z naslednjo pedosekvenco: distrični regosol - distrični ranker

- distrični kambisol (Stritar, 1990). Na takih pedosekvencah se v nižinah in na gričevju pojavljajo rastišča nižinskega kisloljubnega gozda belega gabra in borovnice (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum betuli* (M. WRAB., 69) MAR., 94), v hribovju prevladujejo rastišča kisloljubnega bukovega gozda z rebrenjačo (*Blechno-Fagetum* HT.ex MAR., 70). Na vlažnih mestih se pojavljajo rastišča kisloljubnega jelovega gozda s trokrpim mahom (*Bazzanio trilobatae-Abietetum* M. WRAB. (53)58). Marsikje je naravna sestava gozdov zelo spremenjena. Zelo razširjeni so drugotni gozdovi rdečega bora in borovnice, gradna in borovnice ter smrekove monokulture (Zorn, 1974, Marinček s sod, 2006).

V gričevnatem in hribovitem pasu od karbonatnih matičnih podlag prevladujejo apnenci in dolomiti. Za apnence je značilno kemično preperevanje, velika prepustnost za vodo, zakraselost in velika skalovitost površja, za dolomite pa mehansko preperevanje, pržinasta preperina in gladko površje. Za t. i. trde karbonatne kamnine je značilna naslednja pedosekvenca: kamnišče - rendzina - rjava pokarbonatna tla - pokarbonatna izprana tla. V gričevnatem pasu na teh pedosekvencah najdemo od klimazonalnih gozdnih združb bazifilni gozd belega gabra (*Helleboro nigri-Carpinetum betuli* MAR. (79) 94), v hribovitem pasu podgorski bukov gozd s tevjem (*Hacquetio-Fagetum*, KOŠ., 62), nad njim pa gorski bukov gozd z veliko mrtvo koprivo (*Lamio orvalae-Fagetum* (HT.38), BORH., 63). Od azonalnih gozdnih združb so najbolj razširjeni toploljubni gozdovi bukve in gabrovca (*Ostryo-Fagetum* M.WRAB.ex TRIN., 72), črnega gabra in puhastega hrasta (*Quercu-Ostryetum carpinifoliae*, HOR., 38) in rdečega bora s trirobo košeničico (*Genisto januensis-Pinetum sylvestris*, TOM., 40). Na dolomitnih rendzinah v hladnih legah je razvit bukov gozd s kresničevjem (*Arunco-Fagetum*, KOŠ., 62) (Zorn, 1974, Marinček s sod, 2006).

Mešane kamnine (karbonatno-nekarbonatne, npr. apnec z rožencem, ledenodobni nanosi rek ipd.), mehke karbonatne (lapor, fliš, laporni glinavec ipd.) ter nekarbonatne, z bazami bogatejše kamnine (groh) zavzemajo slabih 5 % gozdne površine v MOL. V tej skupini kamnin je značilna pedosekvenca: evtrični in/ali distrični regosol - evtrični in/ali distrični ranker - evtrični in/ali distrični kambisol, evtrični in/ali distrični luvisol (Stritar, 1990).

Ravninski del Mestne občine Ljubljana je precej manj gozdnat. Na Ljubljanskem polju se je največ gozdnih površin ohranilo ob Savi na mlajših aluvialnih nanosih, pretežno iz prod, peska, melja

## #

(Premru, 1980). Razvila so se obrečna tla. Občasno poplavljeni bregove z nerazvitimi obrečnimi tlemi poraščajo vrbovja (*Salicetum albae*, ISSL., 26). Na bolj razvitih obrečnih tleh, ki so večinoma še pod vplivom podtalnice, prevladujejo rastišča dobovij (*Crataego monogynae-Quercetum roboris*, MAR. et al., 2006). Kjer zaradi proda tla nimajo stika s podtalnico in vladajo sušne razmere, se pojavlja gozd rdečega bora in glote (*Brachipodio-Pinetum sylvestris*, ZUP. & ŽAG., 97 corr., 98). Večji gozdni kompleksi črni jelševij (*Alnetum glutinosae* s. lat.), dobovij idr. so še na Barju (Zorn, 1974, Marinček s sod, 2006). Pora-

ščajo predvsem različne tipe oglejenih tal (hipoglej, amfiglej, euglej), ponekod pa v preteklosti precej bolj razširjena šotna tla (histosol). Taka hidromorfna tla so se razvila na jezersko-barjanskih sedimentih (glini, ilovici, polžarici, šoti) (Stritar, 1990)

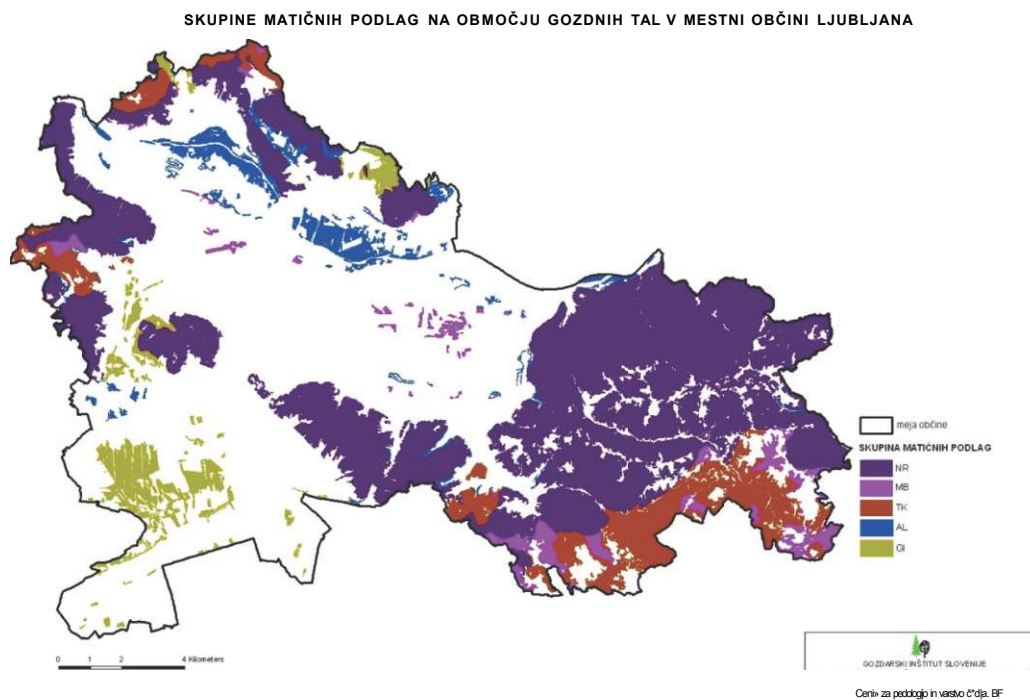
Glede na podatke o matičnih podlagah pedokartografskih talnih enot digitalne pedološke karte Slovenije merila 1 : 25.000 Centra za pedologijo in varstvo okolja (CPVO, 1999) smo ugotovili naslednje površinske deleže na temelju pedosekvenc oblikovanih skupin matičnih podlag v gozdovih MOL. Pedokartografske enote (PKE) digitalne pedološke

Preglednica 1: Površinski deleži skupin matičnih podlag v gozdovih MOL

KRATICA	Skupina matičnih podlag	ha	%
	neopredeljeno		
NR	nekarbonatne, z bazami revne kamnine	8,226	70,6
MB	mešane; mehke karbonatne kamnine...	551	4,7
TK	trde karbonatne kamnine	1,573	13,5
AL	aluvialne naplavine	621	5,3
GI	barjansko-rečne usedline	668	5,7
Skupaj		11,651	100

0

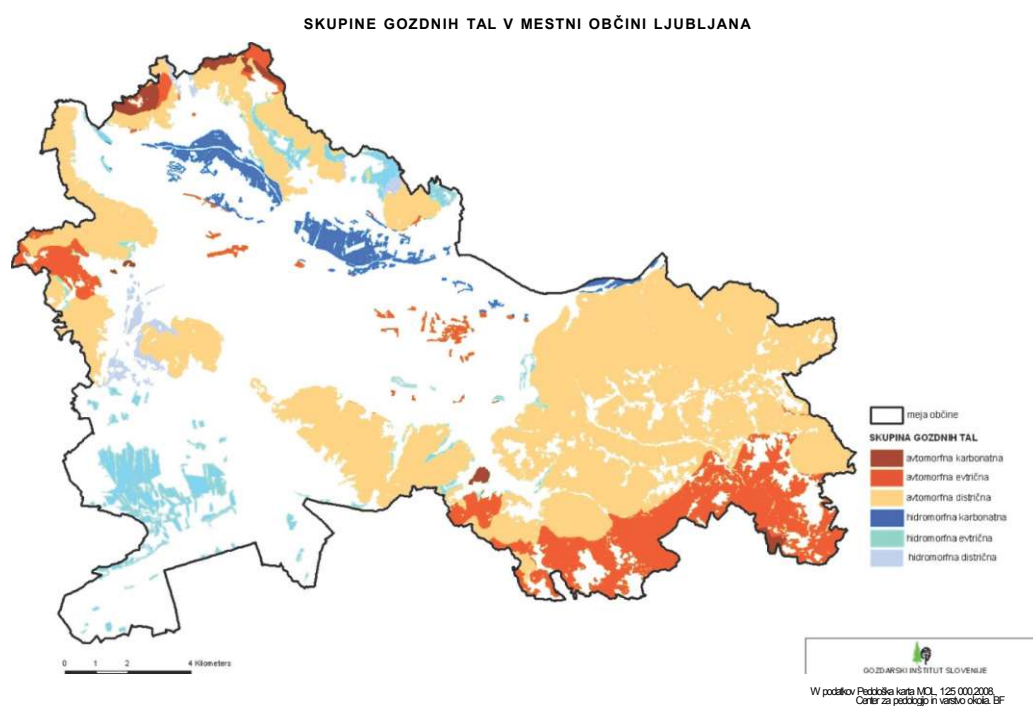
#



Slika 1: Skupine matičnih podlag v gozdovih MOL

Preglednica 2: Površinski deleži skupin tal v gozdovih MOL, oblikovanih glede na vplive vode na razvoj tal in njihovo nasičenost z izmenljivimi bazami.

KRATICA	SKUPINA TAL	ha	%
ak	avtomorfna-karbonatna	203.03	1.7
ae	avtomorfna-evtrična	1,926.36	16.5
ad	avtomorfna-distrična	8,238.43	70.7
hk	hidromorfna-karbonatna	436.84	3.7
he	hidromorfna-evtrična	688.68	5.9
hd	hidromorfna-distrična	145.39	1.2



Slika 2: Skupine gozdnih tal v MOL

karte (CPVO ..., 1999) v gozdovih MOL smo glede na vpliv vode za njihov razvoj ter glede na nasičenosti z izmenljivimi bazami razvrstili v pet skupin tal:

- **a - avtomorfna tla:** nastala so/razvijajo se samo pod vplivom padavinske vode. Voda prosto prehaja skozi talni profil, brez zastajanja. Razlikujemo šest razredov tal: nerazvita tla, humusno akumulativna tla, kambična tla, izprana tla, antropogena tla ter tehnogena tla.
- **h - hidromorfna tla:** nastala so/razvijajo se pod vplivom talne, površinske in/ali poplavalne vode. Tla so začasno do trajno nasičena z vodo in imajo izražene znake oksidno-redukcijskih procesov.

Razlikujemo pet razredov: nerazvita hidromorfna tla, pseudooglejna tla, oglejena tla, šotna tla in antropogena hidromorfna tla.

- **k - karbonatna tla:** vsebujejo proste kalcijeve in/ali magnezijeve karbonate.
- **e - evtrična tla:** v njih je stopnja nasičenosti z bazami več kot 50 %.
- **d - distrična tla:** stopnja nasičenosti z bazami je manj kot 50 %.

Najbolj razširjena so avtomorfna-distrična tla (70,7 %), sledijo avtomorfna-evtrična tla (16,5 %) ter hidromorfna-evtrična tla (5,9 %). Preostale skupine tal so zastopane z manj kot 5 % deležem.



### 3 OPIS TEMELJNIH ZNAČILNOSTI NEKATERIH PROCESOV V GOZDNIH TLEH NA PRIMERU GOZDNIH TAL V MESTNI OBČINI LJUBLJANA

#### 3.1 Kroženje snovi v gozdnih tleh in gozdnih ekosistemih

Kroženje snovi lahko delimo na organsko in anorgansko fazo; organska je vezana na biotske procese, anorganska pa na fizikalne ter kemijske procese v naravi. V organskih horizontih tal so biokemični in kemični procesi najintenzivnejši in odločilno vplivajo na stopnjo in smer drugih talnih procesov. Razkroj opada (listni opad, mrtev les padlih debel, odlomljene veje) poteka kot posledica delovanja edafona (živali in mikrobi tal). Pri tem se del opada mineralizira v  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  in  $\text{PO}_4^{3-}$ , preostali del pa se predeluje v procesu humifikacije v huminske snovi, fulvo in huminske kisline. Hitrost razkroja je odvisna od razmerja med C in N (C/N razmerje), podnebnih razmer, mehničnega drobljenja itn. (Stevenson, 1986; Coleman s sod., 2004). V primeru postopnega zakisovanja gozdnih tal, kar je lahko posledica vnosa kislih padavin v gozd, nastajajo spremembe sestave pedofavne in pedoflore v organskem delu gozdnih tal (Mršič, 1997). Kot posledico simuliranih kislih padavin na organska tla so raziskovalci ugotovili povečano vsebnost  $\text{H}^+$  ionov in zmanjšano vsebnost baz. Proces nitrifikacije zastane, poveča pa se amonifikacija (Simončič s sod., 1998). Vnosi  $\text{H}^+$  ionov (kazalnik kislih depozitov), večji od 10 kmol ha<sup>-1</sup> leto<sup>-1</sup>, povzročijo zmanjšanje populacij talnih organizmov in vplivajo na zmanjšano biološko aktivnost. Manjši vnosi  $\text{H}^+$  ionov pa vplivajo na vrstno sestavo talne mikrofavne. Kisle padavine povzročajo tudi kopičenje težkih kovin in organskih mikropolutantov v humusnem horizontu gozdnih tal, kar zadržuje razgradnjo visokomolekularnih spojin ter vpliva na procese v rizosferi (Simončič s sod., 1998).

Spremljanje kroženja snovi v gozdu je metodološko izredno zahtevno, zato se pri tovrstnih raziskavah uporabi modelni pristop in proučuje naslednje procese (Simončič s sod., 2000):

- vnos snovi iz atmosfere, preperevanje mineralov v tleh in preperevanje matične kamnine,
- izgube snovi s spiranjem, denitrifikacijo in odtekanjem vode,
- prehod talne raztopine v biomaso (rastline, mikro organizme),
- sproščanje snovi (ionov) pri procesu mineralizacije.

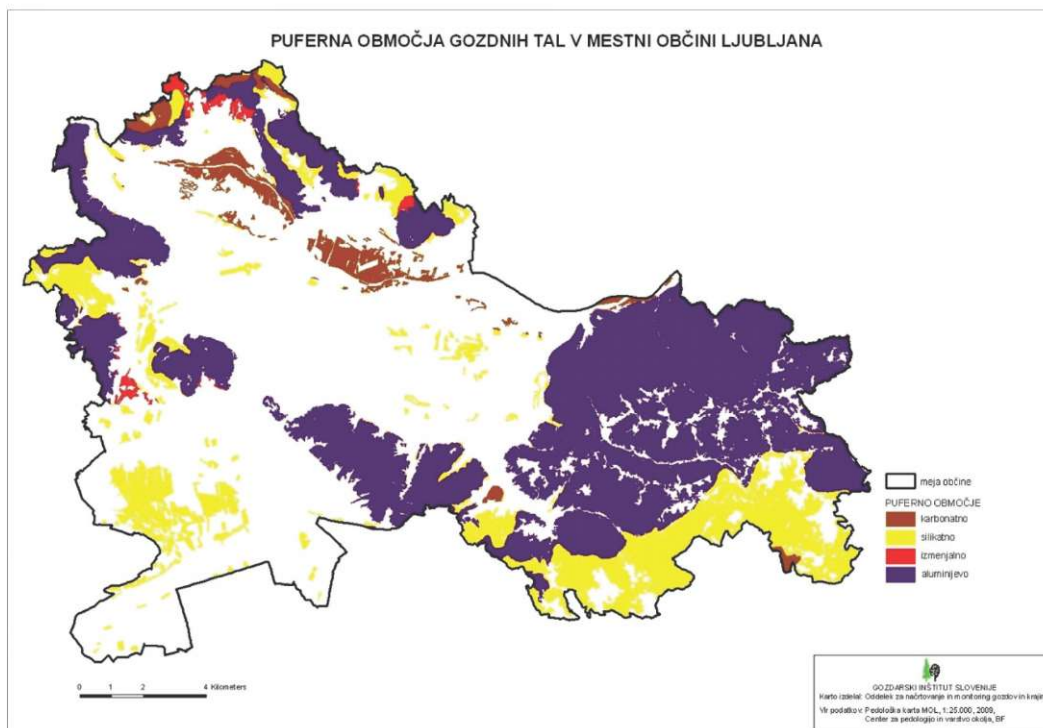
#### 3.2 Opredelitev izravnalne (puferske) sposobnosti gozdnih tal glede vnosa onesnažil (dušik, žveplo, težke kovine)

Ulrich (1983) je glede na pH vrednost opredelil pet pufernih območij gozdnih tal: karbonatno, silikatno, izmenjalno, aluminijevo in železovo:

- v karbonatnem izravnalnem območju (pH 8,0-6,2) se kisline nevtralizirajo s  $\text{CaCO}_3$ , nastali  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  se z odcedno vodo izpira s tal. Sem so uvrščene pedokartografske enote (PKE) s prhni-nasto in sprsteninasto rendzino, s karbonatnimi obrečnimi tlemi;
- v silikatnem izravnalnem območju (pH 6,2-5,0) se kisline nevtralizirajo s sprostitvijo alkalnih in zemeljskoalkalnih ionov ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) iz primarnih silikatov. Sem so uvrščene PKE z rjavimi pokarbonatnimi tlemi, z evtričnimi rjavimi tlemi, z evtričnimi obrečnimi tlemi, z evtričnimi oglejenimi tlemi ipd.;
- v izmenjalnem izravnalnem območju (pH 5,0-4,2) se kisline nevtralizirajo s sproščenimi aluminije-vimi ioni iz mineralov glin in drugih primarnih silikatov. Sem so uvrščene PKE z distričnimi rjavimi tlemi na kamninah, bogatejših z bazami, z distričnimi oglejenimi tlemi, z distričnim psevdoglejem;
- v aluminijevem izravnalnem območju (pH 4,2-3,8) se kisline nevtralizirajo s sprostitvijo  $\text{Al}^{3+}$  ionov iz mineralov glin in iz aluminijevih hidroksi kationov. V tem območju se proces nitrifikacije zmanjša ali prekine, acidofilnim rastlinam se poškodujejo korenine. Toksično delovanje aluminija ni toliko odvisno od njegove koncentracije kot od pH vrednosti talne raztopine, oblike aluminija ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ , itn.) in razmerja Ca/Al. Povečana koncentracija aluminija v talni raztopini vpliva na slabši sprejem kalcija prek koreninskih laskov in mikorize (SHORTLE / SMITH 1988). Sem so uvrščene PKE z distričnimi rjavimi tlemi in distričnimi rankerji na permokarbonskih skladih;
- v železovo izravnalno območje (pH 3,8-2,4), v katerem se kisline delno nevtralizirajo z disociacijo železovih oksidov, nismo uvrstili nobeno PKE v MOL.

#### 3.3 Gozdna tla in sekvestracija ogljika

Gozdovi zelo vplivajo na kroženje ogljika, lesna biomasa pa na ponor in emisije  $\text{CO}_2$ , enega najpomembnejših toplogrednih plinov (70 %). V gozdovih



Slika 3: Puferna območja gozdnih tal v MOL

se v vegetaciji in tleh kopičijo velike količine ogljika (Simončič s sod., 2000).

Dinamika ogljika v gozdnih ekosistemih je odvisna od interakcij številnih biogeokemičnih ciklusov, še posebno od kroženja ogljika in vode (Stevenson, 1986). V gozdu je ogljik uskladiščen v živi biomasi, razkrajajoči se organski snovi in v tleh (Fischer s sod., 2000). Ogljik se v obliki CO<sub>2</sub> izmenjuje oziroma po naravni poti prehaja med gozdnimi ekosistemi in atmosfero s procesi fotosinteze, dihanja, razkroja in gorenja (Simončič, 2001). Ogljika organskega izvora je več kot polovica organske snovi tal, zato pogosto uporabljamo količino C v tleh kot kazalnik organske snovi v tleh. Organska snov v tleh je pomembna iz različnih razlogov; prvi je njena vloga v ohranjanju rodovitnosti tal, drugi pa njena funkcija kot ponor oz. vir ogljika (Kimble s sod., 2002). Količina organske snovi v tleh je v povprečju 1,724-krat večja od količine C v tleh. Če se gozd poseka oz. če zaradi ekstremnih vremenskih pojavov nastane škoda, vetrolom, žledolom itn., postane gozd in gozdna tla (opad in mineralni del) razmeroma velik izvor toplogrednih plinov (TGP) oz. CO<sub>2</sub> (Vesterdal s sod., 1995). Definicija zbiralnikov (angl. "pool") ogljika v gozdnem

ekosistemu je po Smernicah dobre prakse za sektor LULUCF (IPCC, 2003) naslednja.

Za izračun zaloge ogljika v tleh potrebujemo debelino talnih horizontov, delež ogljika (C) v horizontu in gostoto tal. Podatek o debelini horizonta in delež ogljika je neposredno določen, podatek o gostoti tal pa smo določili z uporabo obstoječih (Van Wallenburg s sod., 1988; Reinds s sod., 2001; Hoekstra s sod., 1982) pretvorbenih funkcij tal, t. i. pedotransfernih funkcij (Enačba 1).

$$p_j = \frac{i_j / (0,625 + 0,05 \cdot \%C_{org} + 0,0015 \cdot \%gli)}{1,55 - 0,0814 \cdot \%C_{org} - \log_w \%C_{org}} \quad \begin{matrix} \text{če je } \%C_{org} < 5\% \\ \text{če je } 5\% < \%C_{org} < 15\% \\ \text{če je } \%C_{org} > 15\% \end{matrix} \quad J$$

(Enačba 1),

- $p_j$  [g/cm<sup>3</sup>] - navidezna gostota tal horizonta  $i$
- %gli [%] - delež gline v horizontu  $i$
- %C<sub>org</sub> - delež organskega ogljika v horizontu  $i$ .

Podatek o zalogi ogljika smo izračunali za vsak talni horizont v profilu posebej in jih nato sešteli za posamezen talni profil. Le-te smo razvrstili v talne tipe in potem za vsak talni tip izračunali povprečno zalogo ogljika. Uporabili smo naslednjo formulo:

Preglednica 3: Zbiralniki ogljika ("pool") v gozdnem ekosistemu po IPCC (2003).

Zbiralnik	Opis	
ŽIVA	NADZEMNA BIOMASA	Vsa živa biomasa nad tlemi, kamor uvrščamo panje, debla, veje, skorjo, seme in liste.
BIOMASA	PODZEMNA BIOMASA	Vsa biomasa živih korenin. Živih tankih korenin s premeri, manjšimi od 2 mm, ne upoštevamo.
MRTVA ORGANSKA	MRTEV LES	Vsa stoječa ali ležeča odmrta lesna biomasa, ki ni uvrščena med opad. V kategorijo mrtev les spadajo tudi odmrle korenine in panji.
SNOV	OPAD*	Različno razgrajena odmrta biomasa nad mineralnim ali organskim delom tal.
TLA	ORGANSKA SNOV V TLEH	Vsebuje organski ogljik v organskih in mineralnih tleh. Sem spadajo tudi žive tanke korenine z manjšim premerom od 2 mm.

\*Op.: Pedologi večinoma obravnavajo opad kot del tal.

$C_{pool} / (C_{org} \cdot d_i \cdot \rho_i \cdot k)$

(Enačba 2),

- $C_{pool}$  [t/ha] - skupna količina ogljika (v tonah) na površino (1 hektarja)
- $\%C_{org}$  [%] - odstotni delež organskega ogljika v talnem horizontu (i)
- $d_i$  [m] - debelina horizonta i
- $\rho_i$  [g/cm<sup>3</sup>] - navidezna gostota tal horizonta i
- k - število talnih horizontov v talnem profilu.

Glede na vrednosti v preglednici 4 vidimo, da je v gozdnih tleh, glede na druge rabe, nakopičeno skoraj 58 % skupnega ogljika v tleh na območju MOL. Če bi ocenili celotno bilanco ogljika, bi k tej vrednosti prišteli še ogljik, nakopičen v nadzemnem (deblo, veje ...) in podzemnem (koreninski del; 15 % nadzemnega) delu drevja, pri čemur bi se količina ogljika za gozdne površine več kot podvojila.

#### 4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

V okviru projektne naloge Izdelava ocene stanja gozdnih tal v Mestni občini Ljubljana smo ugotovili, da sicer obstajajo podrobnejši podatki in informacije o stanju tal v MOL za kmetijske površine in površine v urbanem okolju, toda gozdna tla v Mestni občini Ljubljana (MOL) doslej niso bila predmet obširnejših raziskav.

Da bi lahko vsaj orientacijsko ocenili občutljivost gozdnih tal MOL za onesnaževanje, smo talne kartografske enote digitalne pedološke karte CPVO glede na reakcije (oz. pH vrednosti) njihovih tal razvrstili v puferna območja. Po tej oceni v gozdovih MOL zelo prevladujejo distrična, zelo kislata tla s pufernimi sposobnostmi pretežno v aluminijevem izravnalnem območju, ki so praviloma mnogo bolj občutljiva za onesnaževanje kot npr. evtrična ali karbonatna tla. Za podrobnejše ugotavljanje oz. modeliranje občutljivosti gozdnih tal bo treba pridobiti in upoštevati več podatkov o njihovih lastnostih (o vsebnostih

Preglednica 4: Ocena skupnih vsebnosti ogljika (C) v t glede na rabo tal v MOL

Talni tip	Distrična	Evtrična	Izprana	Mine Org& Glej	Obr	Psevdog.	Rend.	RPT	Skupna vsota	Delež raba tal/ skupaj
Raba tal	t C	t C	t C	t C	t C	t C	t C	t C	t C	%
Barje				539					539	0.01
Druge kmet. Z.	13,440	11,219	1	92,786	20,332	1,335	177	4,922	144,211	3.93
Gozd	1,363,214	123,458	2,402	154,272	28,225	4,081	75,771	374,724	2,126,147	57.94
Njive & vrtovi	17,364	126,200		251,777	71,411	7,478	76	5,785	480,091	13.08
Ostala nekm. Z.	642	549	2	12,234	9,437	9		43	22,916	0.62
Trajni nasadi	12,046	4,523		2,168	1,525	481	45	4,332	25,120	0.68
Travniki	170,435	120,792	114	347,960	116,489	13,747	3,129	95,554	868,220	23.66
Zamočvirjeno				2,455	122				2,577	0.07
Skupna vsota	1,577,140	386,741	2,519	864,191	247,541	27,131	79,198	485,361	3,669,821	

# #

Urbančič, M., Kobal, M., Ferreira, A., Simončič, P.: Gozdna tla Mestne občine Ljubljana

gline, organske snovi, kationskih izmenljivih kapacitetah, stopnjah nasičenosti z bazami, globini tal), podnebnih in drugih rastiščnih razmerah idr.

Kjotski protokol, ki ga je Slovenija ratificirala leta 2002 in izhaja iz Okvirne konvencije Združenih narodov (ZN) o spremembi podnebja (UNFCCC), in metodologija IPCC Smernice dobre prakse (2001) izpostavljata, da so tla najpomembnejše »skladišče« ogljika na kopnem, ki ga je treba v skladu s trajnostnim načinom gospodarjenja (npr. v gozdarstvu in kmetijstvu) zaščititi, lahko pa tudi - tam, kjer je to mogoče - povečati. Da bi pripravili prvo oceno zaloge ogljika v tleh MOL, smo uporabili podatke podatkovnih baz CPVO in GIS o vsebnosti ogljika in drugih talnih lastnosti za talne profile iz vse Slovenije in iz njih izračunali povprečne oz. reprezentativne vsebnosti ogljika za posamezne tipe tal. Nato smo na podlagi sestave talne kartografske enote pedološke karte glede na tipe tal in rabo tal izračunali zaloge ogljika v mineralnem delu tal MOL. Po teh izračunih mineralni del gozdnih tal, ki zavzema 42 % površine MOL, vsebuje največ, skoraj 58 % od skupno 3.669.821 ton ogljika v tleh; travniki in pašniki ga vsebujejo 24 %, njive in vrtovi pa 13 % delež (Preglednica 4)

## 5 VIRI

- COLEMAN, D. C., CROSSLEY, D. A., HENDRIX, P. F., 2004. Fundamentals of Soil Ecology. Institute of Ecology, University of Georgia, Athens Georgia, Elsevier Academic Press, 386 str.
- COM, 2002. »Towards a Thematic Strategy for Soil Protection«. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the regions, 179 final, Brussels, 16. 4. 2002, 35 s.
- CPVO - Pedološka karta Slovenije v merilu 1:25000 (1999): Center za pedologijo in varstvo okolja, Univerza v Ljubljani, (<http://www.bf.uni-lj.si/agronomija/o-oddelku/katedre-in-druge-org-enote/za-pedologijo-in-varstvo-okolja/predstavitev.html>)
- FISHER, F. R., BINKLEY, D., 2000. Ecology and management of forest soils. John Wiley & Sons: 489 str.
- HOEKSTRA C, POELMAN JNB (1982) Density of soils measured at the most common soil types in the Netherlands (in Dutch). Report 1582, Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands, 47 pp.
- IPCC, 2001. Climate Change, 2001: impacts, adaptation and vulnerability.- In: McCARTHY, J., J., Canziani, O., Leary, N., A., Dokken, D., J., White, K. S., (eds.), Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC, 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, IGES, Japan, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>.
- KIMBLE, J., M., LAL, R., BIRDSEY, R., HEATH, L., S., 2002. The Potential of U.S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect . CRC; 1st edition, 448 str.
- MARINČEK, L./ČARNI, A./JARNJAK, M./KOŠIR, P./MARINŠEK, A./ŠILC, U./ZELNIK, I., 2006. Vegetacijska karta gozdnih združb: Ljubljana, M 1:50.000.- Založba ZRC, ZRC SAZU, Biološki inštitut Jovana Hadžija, Ljubljana, 131 s.
- MRŠIČ, N., 1997. ŽIVALI NAŠIH TAL. TEHNIŠKA ZALOŽBA Slovenije, 416 str.
- PREMRU, U., 1980: Osnovna geološka karta Jugoslavije 1 : 100.000, list Ljubljana. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- REINDS GJ, POSCH M, DE VRIES W (2001) A semi-empirical dynamic soil acidification model for use in spatially explicit integrated assessment models for Europe. Alterra Report 084, Alterra Green World Research, Wageningen, The Netherlands, 55 pp.
- SIMONČIČ, P., FERREIRA, A., KOBAL, M., KOBLEK, A., KOVAČ, M., KUŠAR, G., KUTNAR, L., PLANINŠEK, Š., SKUDNIK, M., URBANČIČ, M., VERLIČ, A., VILHAR, U., ŽLOGAR, J., 2009. Poročilo o projektni nalogi »Izdelava ocene stanja gozdnih tal v Mestni občini Ljubljana« : po pogodbi štev. 430-790/2009-7. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 62 str., ilustr.
- SIMONČIČ, P., KALAN, P., RUPEL, M. Kroženje hranil in biomase na raziskovalnih ploskvah = Cycling of nutrients and biomass on the research plots. V: Kraigher, H. (ur.), Smolej, I. (ur.). Rizosfera : raziskave gozdnih tal in rizosfere ter njihov vpliv na nekatere fiziološke parametre gozdnega drevja v izbranih gozdnih ekosistemih, sestojnih tipih in razvojnih fazah gozda (Strokovna in znanstvena dela, 118). Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 2000, str. 90-102.
- SIMONČIČ, P., KOBLEK, A., KRAJNC, N., MEDVED, M., TORELLI, N., ROBEK, R., 2001. Podnebne spremembe in slovenski gozdovi.- Gozdarski vestnik, 59, s. 184-202.

# #



# #

Urbančič, M., Kobal, M., Ferreira, A., Simončič, P.: Gozdna tla Mestne občine Ljubljana

- SIMONČIČ, P., SMOLEJ, I., RUPEL, M., URBANČIČ, M., KALAN, P., KRAIGHER, H. Kroženje hranil in pestrost ektomikorize v smrekovem gozdu na Pokljuki V: DIACI, Jurij (ur.). Gorski gozd : zbornik referatov. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 1998, str. 207-221, ilustr.
- STEVENSON, F. J., 1986. Cycles of Soil. John Wiley & Sons: 380 str.
- STRITAR A., 1990. Krajina, krajinski sistemi. Raba in varstvo tal v Sloveniji, Partizanska knjiga, Ljubljana.
- ULRICH, B., 1983. Stabilität von Waldökosystemen unter dem Einfluss des »sauren Regens«. Allgem. Forst Zeitschr., s. 670-677.
- VAN WALLENBURG, C., 1988. The density of peaty soils (in Dutch). Internal Report, Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands, 5 pp.
- VAN-CAMP. L., BUJARRABAL, B., GENTILE, A-R., JONES, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. (2004). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319
- VESTERDAL, L., DALSGAARD, M., FELBY C., RAULUND-RASMUSSEN, K., JØRGENSEN, B. B. 1995. Effect of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. Forest Ecology and Management 77, 1995, str. 1-10
- Zakon o gozdovih, 2007. Ur. l. RS., št. 30/1993, 67/2002, 110/2007.
- ZORN, M., 1975. Gozdnovegetacijska karta Slovenije.- Opis gozdnih združb. Biro za gozdarsko načrtovanje, Ljubljana.