

# Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske. 1. izd., radna verzija

---

Mesić, Hana; Čidić, Andreja; Kisić, Ivica; Kisić, Ivica; Husnjak, Stjepan;  
Mesić, Milan; Husnjak, Stjepan; Bašić, Ferdo; Romić, Davor; Zgorelec,  
Željka; ...

## Other document types / Ostale vrste dokumenata

Publication year / Godina izdavanja: **2006**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:442998>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering Repository, University of Zagreb](#)





# PRIRUČNIK ZA TRAJNO MOTRENJE TALA HRVATSKE

-prvo izdanje/radna verzija-

LIFE Thrid Countries



Projekt

Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom  
LIFE05 TCY/CRO/000105



AGENCIJA ZA  
ZAŠTITU OKOLIŠA



# PRIRUČNIK ZA TRAJNO MOTRENJE TALA HRVATSKE **-prvo izdanje/radna verzija-**

Ovaj Priručnik je izrađen u okviru zadatka ID2:  
Kategorije i parametri za motrenje tala Hrvatske, projekta:  
Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot  
projektom; LIFE05 TCY/CRO/000105, uz doprinos LIFE  
financijskog instrumenta Europske Zajednice



Nositelj Projekta: Agencija za zaštitu okoliša

Partner na Projektu: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

## **Priručnik za trajno motrenje tala Hrvatske**

-prvo izdanje/radna verzija-

### **Izdavač**

AZO – Agencija za zaštitu okoliša

### **Glavna i odgovorna urednica**

Dr.sc. Savka Kučar Dragičević

### **Projekt**

Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom

LIFE05 TCY/CRO/000105

[www.azo.hr/smp\\_life\\_tcy](http://www.azo.hr/smp_life_tcy)

### **Priredili**

Agencija za zaštitu okoliša

Hana Mesić, dipl. ing., Andreja Čidić, dipl. ing.

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

prof. dr.sc. Ivica Kisić, prof. dr.sc. Milan Mesić, prof. dr.sc. Stjepan Husnjak, prof. dr.sc. Ferdo Bašić,  
prof. dr.sc. Davor Romić, mr.sc. Željka Zgorelec, Tena Novak, dipl.oec.

Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske

Branka Komesarović, mr.sc., Zavod za tlo, Osijek  
Domagoj Klaić, dipl.inž., Zavod za tlo, Osijek

Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske

Nikola Pernar, prof.dr.sc., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Boris Vrbek, dr.sc., Šumarski institut Jastrebarsko  
Darko Bakšić, dr.sc., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Ivan Pilaš, dr.sc., Šumarski institut Jastrebarsko

Kategorije i parametri za motrenje onečišćenih tala Hrvatske

Goran Durn, prof.dr.sc., Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Marta Mileusić, mr.sc., Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Slobodan Miko, mr.sc. Hrvatski Geološki Institut  
Zoran Nakić, doc.dr.sc., Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

### **Grafičko oblikovanje**

Vladimir Buzolić Stegú

### **Tisak**

Intergrafika TTŽ d.o.o.

### **Naklada**

300

**ISBN: 978-953-95671-1-6**

**CIP zapis dostupan u računalnom katalogu  
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu  
pod brojem 624624**

Poštovani čitatelji,

Pred Vama se nalazi prvo, „radno“ izdanje Priručnika za motrenje tala Hrvatske. Materijal je izrađen u sklopu projekta „Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom“ LIFE05 TCY/CRO/000105, sufinanciranog od strane LIFE Third Countries programa Europske komisije. Nositelj Projekta je Agencija za zaštitu okoliša, a partner u provedbi je Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Osnovni cilj Projekta je izrada Programa trajnog motrenja tla, a jedan od prvih izlaznih proizvoda je upravo ovaj Priručnik. Kroz tri osnovna poglavlja po prvi su put obrađene kategorije i parametri koji trebaju biti obuhvaćeni trajnim motrenjem poljoprivrednih, šumskih i onečišćenih tala. Uzimajući u obzir kako je motrenje tla, kompleksan proces upravo zbog vrlo velike varijabilnosti tla, pred autorima je bio veliki izazov. Nadalje, trajno motrenje (monitoring) tla nije zakonski regulirano niti u okvirima europskog zakonodavstva. Korištene su stoga smjernice i dokumenti radnih grupa za tlo Europske Komisije iz 2004. godine zajedno s proizišlim preporukama ugrađenim u priopćenje Europske Komisije od 22. rujna 2006. godine, pod nazivom Tematska strategija za zaštitu tla (Thematic Strategy for Soil Protection). Pored ovih, korišteni su i materijali proizišli znanstvenim istraživanjima u Republici Hrvatskoj, te drugih država koje imaju iskustva u trajnom motrenju tla.

Zbog složenosti teme, u izradu priručnika uključili smo relevantne institucije koje su, prema naputcima nositelja i partnera na Projektu, ali uz korištenje svog bogatog radnog iskustva i stručnosti odradile ovaj zahtjevan zadatak. Ovom prigodom im zahvaljujemo na suradnji, poštovanosti i trudu koji su uložili pripremajući ovaj radni materijal.

Kao što je već navedeno, Priručnik za motrenje tala Hrvatske radni je materijal, koji će se prema saznanjima Pilot projekta i ostalih faza samog Projekta mijenjati i nadopunjavati, te će krajnja verzija biti objedinjena u konačnom rezultatu – samom Programu trajnog motrenja koji treba biti dovršen do veljače 2009. godine. S ciljem još boljeg uvida u primjenjivost ovog Priručnika u praksi odlučili smo ovu radnu verziju tiskati i dostaviti svim institucijama koje se bave analizama tla. U skladu s tim, nadamo se Vašim povratnim informacijama o iskustvima koje će proizići korištenjem danih preporuka za uzorkovanje, analizu i interpretaciju podataka koje su navedene u Priručniku.

Dr.sc. Savka Kučar Dragičević  
Ravnateljica Agencije za zaštitu okoliša



Zagreb, prosinac 2006.

## Uvod

Bez organiziranog Sustava trajnoga motrenja tala nije moguće osigurati pravovaljane i pravovremene podatke o tlu na nacionalnoj razini. Uspostava Sustava trajnoga motrenja tala (STMT) jedan je od prioriteta Nacionalne strategije za okoliš i Nacionalnog akcijskog plana za okoliš (Narodne novine br. 46/02). Osnova za uspostavu takvoga sustava je izrada detaljnoga Programa trajnoga motrenja tala.

Cjeloviti sustav trajnog motrenja tla u Hrvatskoj do danas nije uspostavljen, premda su u prošlosti postojala brojna istraživanja u domeni temeljne pedologije u poljoprivredi i šumarstvu, opće proizvodnje bilja, ishrane bilja, mikrobiologije tla, te drugih tloznanstvenih disciplina koja se dijelom mogu podvesti pod zajednički nazivnik „istraživanje promjena u fizikalnom, kemijskom i biološkom kompleksu tla“. Isto tako, usporedno s razvitkom svijesti o značaju tla u ekološkom sustavu na nekim onečišćenim lokalitetima u Hrvatskoj su organizirana i provedena istraživanja koja su za cilj imala odrediti intenzitet onečišćenja, ili, u slučaju sumnje na mogućnost onečišćenja uslijed različitih aktivnosti, pratiti kakvoću tla u određenom vremenskom razdoblju.

Postojeći podaci odnose se uglavnom na poljoprivredna i šumska tla, prikupljeni uzorci tla analizirani su korištenjem različitih analitičkih metoda, najčešće u okviru raznih znanstveno-istraživačkih projekata i studija, za različite potrebe ustanova ili, u slučaju onečišćenih tala, za potrebu sanacije posljedica ekoloških nesreća. Podaci se nalaze na mnogim lokacijama - u vladinim tijelima, znanstvenim ustanovama i drugdje. Većina povijesnih podataka nije pohranjena na digitalnim medijima (već u tiskanim materijalima), pa postoji rizik da se izgube informacije o tome da neki podaci uopće postoje.

Iz tih je razloga Agencija za zaštitu okoliša, kao nositelj, sa Agronomskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, te uz financijsku potporu Lifell programa započela 2006. provedbu projekta „Izrada programa trajnog motrenja tla s pilot projektom“ (LIFE05 TCY/CRO/000105). Konačni cilj Projekta je definiranje Programa trajnoga motrenja tala (PTMT) kao alata za prikupljanje georeferenciranih podataka o tlu u usklađenoj formatu. Taj tijek podataka potreban je za praćenje stanja tala, kako prema obvezama izvješćivanja o stanju okoliša Republike Hrvatske, tako i prema međunarodno preuzetim obvezama. Podaci koji se dobiju motrenjem tla koristit će se za Hrvatski informacijski sustav za tlo (HIST), koji čini sastavni dio Informacijskoga sustava zaštite okoliša (ISZO), ključnog Vladinog instrumenta za uspostavu sustava održivoga gospodarenja okolišem, usmjeravanje i praćenje provedbe zakonodavstva i razvijanje strategije i politike zaštite okoliša na nacionalnoj razini, sa sjedištem u Agenciji za zaštitu okoliša. Također, Sustav trajnoga motrenja tala mora osigurati i usporedivost podataka na državnoj razini i na razini EU. To podrazumijeva usklađene metode i standarde za prikupljanje uzoraka tla, analizu, prikazivanje i širenje, kao i za odabir područja za motrenje tla. Projekt „Izrada programa trajnog motrenja tla s pilot projektom“ ima za cilj djelovati kao osnova za uspostavu i provedbu takvoga Sustava trajnoga motrenja tala.

Prvi rezultat Projekta testirat će se Pilot projektom za sve prepoznate kategorije zemljišta; poljoprivredna i šumska tla, te na onečišćenim površinama („hot spot“). Pilot projekt ima za zadatak testirati smjernice dane u ovom Priručniku iz dva razloga: testiranje izvodljivosti samoga Programa s ciljem uklanjanja i promjene mogućih krivih pristupa i koraka, i drugo - prikaz i demonstracija programa zainteresiranim stranama, uključenim ustanovama i javnosti.



Krajnji rezultat Projekta-Program trajnog motrenja tala obuhvatiti će:

- Listu podataka koji će se prikupljati kroz postaje i točke za trajno motrenje poljoprivrednih, šumskih te onečišćenih tala
- Listu metoda i standarda za prikupljanje, analizu i obradu podataka, te prijenos podataka
- Definiranje vremenske dinamike prikupljanja, obrade i prikaza podataka
- Preporuku prostornog smještaja postaja i točaka za trajno motrenje
- Preporuka institucijskog okvira za provedbu Sustava trajnog motrenja tla
- Prijedlog financijske konstrukcije za provedbu Sustava trajnog motrenja tla

Sveukupno gledajući, Projekt će pridonijeti tehničkim i institucijskim rješenjima za poboljšanje cjelokupne situacije vezane uz nedostatak informacija o praćenju stanja tala. Program trajnog motrenja tala će poslužiti i kao podloga za izradu zakonskih akata vezanih uz zaštitu tla. U provedbu Projekta uključene su relevantne institucije kroz Provedbeno (radno) tijelo Projekta: Agencija za zaštitu okoliša, Agronomski i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, te Zavod za tlo i Poljoprivredni fakultet iz Osijeka. Pored ovih institucija, u provedbi pojedinih zadataka sudjelovali su i Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut, te Hrvatski institut za geološka istraživanja. Praćenje i usmjeravanje Projekta osigurano je dodatno i kroz Nadzorni odbor Projekta, koji čine predstavnici: Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, ispred Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa-Institut za turizam i poljoprivredu iz Poreča, Hrvatskih voda, Agencije za zaštitu okoliša i Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Polazne osnove za provedbu projekta proizišle su iz EU-smjernica Strategije za zaštitu tla, prijedloga Europske Komisije od 22. rujna 2006. godine pod nazivom: Proposal of Directive of EU Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC, te izvješća i vodiča, koje je izradila Radna grupa za tlo Europske Komisije. Za prijedlog integralnog motrenja relevantna su dva dokumenta, koji obrađuju problematiku onečišćenja i motrenja tala: Sažetak i konačno izvješće Radne grupe za motrenje od 16. svibnja 2004. godine (Working Group on Monitoring, Executive Summary and Final Report, 16 May 2004);

Konačno izvješće Radne grupe za onečišćenje od 21. svibnja 2004. godine (Report of the Working Group on Contamination, VOLUME IV, Working together towards a Risk Based Land Management, Task group on Contaminated land management, Final Report, 21 May 2004)

Posebno je osjetljivo pitanje pristupa za motrenje tla na onečišćenim lokalitetima, a prema preporukama Radne skupine za onečišćenje (Vegter et al., 2004: Working Group on Contamination, EU Soil Thematic Strategy), motrenje treba provoditi za onečišćujuće tvari ako se javljaju u koncentracijama u kojima utječu na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla, te na kontaminaciju podzemnih i površinskih voda. Motrenje je potrebno organizirati i usmjeriti samo na područja koja su ocijenjena kao područja rizika. Integralno motrenje nužno je provesti na temelju prirodnih morfoloških cjelina tj. slivova u kojima je utvrđeno onečišćenje i gdje postoje

njegova mogućnost širenja (kemijskom translokacijom kroz profil tla u vodonosnike i površinske vode ili fizičkim djelovanjem erozije i pronosa sitnih frakcija s onečišćenim tlom u površinske vode). Postaja za motrenje u takvom slučaju podrazumijeva motrenje tla, atmosferskog taloženja, te površinskih i podzemnih voda (posebno kod lokalnih onečišćenja tla ugljikovodicima i difuznog onečišćenja s poljoprivrednih površina).

The Water Frame Directive i Soil Thematic Strategy određuju koje su potrebe za procjenjivanje i motrenje kvalitete u sustavu voda – tlo – sediment – zrak. Mora se testirati i motriti razmjerno veliki broj spojeva u okolišu, a lista onečišćivača se i dalje povećava. Uzevši u obzir i ekonomski trošak potrebno je primijeniti jeftine tehnike za procjenu lokacije u okolišu i otkrivanje onečišćenja. Inovativne tehnike mogu se svrstati u 4 grupe, ovisno o njihovom mjestu u postupnoj proceduri promatranja, motrenja i testiranja:

- «Remote sensing» (daljinska istraživanja) za široki pregled i bilježenje promjena;
- «Proxy metode» za regionalni pregled i odabir mjesta za uzimanje uzoraka;
- Senzori na lokaciji za brzu procjenu onečišćenja (kvaliteta i kvantiteta);
- Skupljanje uzoraka i analiza za individualne onečišćivače;

Usavršavanje starih, razvoj novih analitičkih metoda, kao i mogućnost jednostavnijeg rada na terenu danas olakšava provedbu motrenja tla, a jedno od najvažnijih pitanja svakako je organizacija samog sustava, od izbora lokacije, rada na terenu, rada u laboratoriju, odgovarajuće obrade podataka, arhiviranja i održavanja baze podataka. Pri tome treba naglasiti da organiziranje mreže postaja i točaka za trajno motrenje tla predstavlja veliki trošak, pa je vrlo osjetljivo pitanje kako odrediti broj mjesta uzorkovanja a da se osigura dovoljna „pokrivenost“ površine. Ako se izdvoje samo načini korištenja tla u poljoprivrednim i šumskim ekosustavima, te zastupljenost različitih tipova tala kao ključni elementi za izbor broja postaja, jasno je da broj neće biti mali. S druge strane, potreba da se broj odredi uz uvažavanje mogućnosti financiranja nalaže bitnu redukciju, te izbor reprezentativnih lokacija.

Priručnik, prvi izlazni proizvod Projekta sastoji se od tri cjeline:

- Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske,
- Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske,
- Kategorije i parametri za motrenje onečišćenih tala Hrvatske.

Za svaku kategoriju tla izrađen je popis podataka i informacija koje treba motriti na postajama i točkama za trajno motrenje tala, popis metoda i standarda za prikupljanje uzoraka i njihovu analizu, prikaz rezultata i raspodjelu (norme), te vremenski okvir i dinamika za prikupljanje uzoraka i širenje podataka.

Dovršenjem Pilot dijela projekta i testiranjem preporuka iz Priručnika, drugo izdanje upotpunit će se po potrebi dodatnim i/ili izmijenjenim sadržajem kako bi se dobio relevantan vodič za provedbu trajnog motrenja tla za potrebe točnog i ažurnog Hrvatskog informacijskog sustava za tlo.



## SADRŽAJ

Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske .....	9
Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske .....	53
Kategorije i parametri za motrenje onečišćenih tala Hrvatske .....	83
Pojmovnik .....	103
Kratice .....	105
Norme.....	107



Projekt:

# Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom

(LIFE05 TCY/CRO/000105)

Projektni zadatak:

**Zadatak ID2, aktivnost 2.1.  
“Utvrđivanje kategorija i parametara  
za motrenje poljoprivrednih tala”**

## Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske

Autori:

**Mr. Sc. Branka Komesarović  
Domagoj Klaić, dipl. inž.**

**Zavod za tlo**

1 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
2 Šumarski institut Jastrebarsko

Naručitelj: **Agencija za zaštitu okoliša, Trg maršala Tita 8, Zagreb**  
Partner: **Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu**

Osijek, studeni 2006. godine



## SADRŽAJ

1. Uvod i opis problema .....	12
1.1. Motrenje tala u Europi.....	13
1.2. Istraživanja tala u Republici Hrvatskoj .....	14
2. Kriteriji za izbor postaja za motrenje poljoprivrednih tala.....	16
2.1. Regionalizacija hrvatske poljoprivrede .....	17
3. Kriteriji za način opisa i uzorkovanja tla pri motrenju poljoprivrednih tala.....	21
3.1. Način postavljanja postaja za trajno motrenje poljoprivrednih tala .....	21
3.2. Opći podaci o postajama za trajno motrenje poljoprivrednih tala .....	22
3.3. Opis postaja prilikom zasnivanja.....	22
3.4. Način uzorkovanja profila tla i pojedinačnih uzoraka.....	37
3.5. Priprema uzoraka za analizu i čuvanje uzoraka.....	37
4. Popis parametara za fizikalne, kemijske i biološke analize tla.....	41
4.1. Fizikalne analize, ISO norme i metode korištene u RH, razina uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja.....	42
4.2. Kemijske analize, ISO norme i metode korištene u RH, razina uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja.....	43
4.3. Biološke analize, ISO norme i metode korištene u RH, razina uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja.....	44
5. Osiguranje kvalitete podataka i ustroj baze podataka o postajama motrenja .....	45
5.1. Kvaliteta podataka .....	45
5.2. Ustroj baze podataka o postajama motrenja .....	46
6. Zaključak .....	50
7. Literatura .....	51

## 1. Uvod i opis problema

Razvoj poljoprivrede jedan je od ključnih čimbenika razvoja hrvatskog gospodarstva, a bogati prirodni resursi pružaju Hrvatskoj velike mogućnosti. Više od 3 milijuna ha zemljišta Hrvatske služi različitim poljoprivrednim namjenama; bilinogojstvu, stočarstvu i ribarstvu. Nažalost, podaci o načinu gospodarenja zemljištem, a naročito o kakvoći tla, za najveći dio te površine su nedostupni. U Hrvatskoj ne postoji sustav kojim bi se te informacije na kvalitetan način prikupljale i obrađivale. Stoga utjecaj poljoprivrednih aktivnosti na stanje okoliša nije moguće kvalitetno procijeniti (kvantificirati), niti je moguće donošenje političkih odluka kojim bi se postigla ravnoteža međusobnog utjecaja poljoprivrede i okoliša (politika održivog razvoja poljoprivrede), koja je nužna kako za očuvanje okoliša, tako i za razvoj poljoprivrede budućih naraštaja.

Tlo je vrlo dinamičan sustav čije su brojne funkcije vitalne za održivost ekosustava:

1. Proizvodnja biomase – opskrba biljaka vodom, zrakom, hranjivima i toplinom
2. Akumulacija, pročišćavanje i razgradnja hranjiva, štetnih tvari i vode
3. Izvor biološke raznolikosti
4. Fizičko i kulturno okruženje čovjeka i njegovih aktivnosti
5. Izvor sirovina
6. Akumulacija ugljika
7. Geološko i arheološko nasljeđe

Bez razvoja sustava kojim bi se trajno periodično prikupljale informacije o negativnim promjenama u tlu, ne mogu postojati ni pravovremene reakcije kojima bi se te promjene sprečavale ili ublažavale. Strategija održivog razvoja poljoprivrede nemoguća je bez motrenja tla, kao integralnog dijela motrenja okoliša. Sustav trajnog motrenja tala pruža informacije o promjeni kvalitete tala u određenom vremenskom razdoblju, na temelju kojih se razvijaju strategije očuvanja, ublažavanja, prevencije i popravljivanja svojstava tla.

Značaj motrenja tala naglasila je i Europska Unija, koja je provedbom 6. Akcijskog programa za okoliš «Okoliš 2010: Naša Budućnost, Naš Izbor» (Suodluka Europskog parlamenta i Vijeća Europske Unije, 2002.) podigla značaj zaštite tla na nivo zaštite vode i zraka. Tematskom strategijom za zaštitu tla Europska komisija identificirala je 8 najznačajnijih prijetnji prema tlu: erozija, smanjenje organske tvari, onečišćenje, zaslanjivanje, zbijanje, gubitak biološke raznolikosti, prenamjena, te plavljenja i klizišta.

Kao rezultat četverogodišnjeg rada pet Radnih Skupina i Savjetničkog Foruma, 22. rujna 2006. godine Europska komisija predložila je Europskom parlamentu i Vijeću Europske unije Okvirnu direktivu za zaštitu tla COM(2006) 232 čiji je cilj osiguravanje zaštite tla bazirano na principima očuvanja njegovih funkcija, prevencije degradacije tla, ublažavanja učinaka degradacije i popravljivanja degradiranih tala. Od dana stupanja na snagu ove Direktive u roku od pet godina, sve države članice EU trebaju identificirati rizična područja s obzirom na prethodno navedene prijetnje prema tlu.



## 1.1. Motrenje tala u Europi

Mnoge europske države organizirale su sustave trajnog motrenja tala, temeljene kako na inventarizacijama tala u prošlosti, tako i na novim istraživanjima. Razdoblje od 1950. do 1990. godine dalo je najplodnija istraživanja i prikupljanja podataka o prirodi, raspodjeli i svojstvima tala diljem Europe. Većina tadašnjih istraživanja tala potaknuta su potrebom za povećanjem poljoprivredne proizvodnje, a njihovi rezultati danas pomažu shvaćanju glavnih procesa u tlu i pronalasku odgovora kako najučinkovitije zaštititi tlo od brojnih negativnih utjecaja. Krajem 80-tih godina prošlog stoljeća istraživanja su znatno smanjena, ponajprije zbog nedostatka sredstava i manjka argumenata, jer je velik broj sadašnjih članica EU-a dostigao optimum poljoprivredne proizvodnje, a važnost zaštite tla kao dijela okoliša još nije bila dovoljno prepoznata. Početkom devedesetih godina, nakon prihvaćanja Agende 21, europske države na temelju postojećih istraživanja započinju razvoj zemljišnih informacijskih sustava i sustava trajnog motrenja procesa u tlu. Međutim, veliki problem predstavlja otežana harmonizacija podataka među državama, jer svaka država razvija specifični nacionalni sustav motrenja služeći se i različitim metodologijama, od prostorne i vremenske učestalosti motrenja sve do izbora laboratorijskih postupaka.

Među najuspješnijim primjerima sustava trajnog motrenja poljoprivrednih tala ubrajaju se mađarski i slovački.

Motrenje poljoprivrednih tala u Mađarskoj organizirano je na 865 točaka koje reprezentiraju tla manjih geografskih regija. Točke su locirane GPS-om. Prve godine (1992.) otvoreni su profili na svakoj točki, te izvršene detaljne fizikalne, kemijske i biološke analize uzoraka svakog horizonta, a sljedećih godina (1, 3, 6 – ovisno o vrsti analize) se u razdoblju od 15. rujna do 15. listopada uzorkuje i analizira površinski horizont.

Slovački sustav motrenja poljoprivrednih tala obuhvaća 313 točaka polumjera 10 m i površine od 314 m<sup>2</sup> raspoređenih prema ekološkim principima (reprezentiraju sve tipove i podtipove tala, kao i klimatske regije i različite forme reljefa). Uzorci su uzeti sa standardnih dubina 0-10, 20-30 i 35-45 cm, ali se dubina prilagođavala glavnim horizontima tala. Ciklus uzorkovanja je 5 godina nakon kojih se procjenjuju glavni procesi degradacije tala: onečišćenje, zakiseljavanje, alkalizacija i zaslanjivanje, zbijanje, erozija, stanje organske tvari i pristupačnih hranjiva (P i K).

**Tablica 1.** Sustavi trajnog motrenja tala u EU (poljoprivredna, šumska i onečišćena tla)

Država	Broj postaja	Shema postaja	Učestalost mjerenja	Početna godina
Austrija	383	Raspršene/grid	3/10	1987-1995
Belgija	939	Raspršene	40	1947
Bugarska	800		3/10	1986/1992
Češka	708	Raspršene	3/6	1992
Finska	853	Raspršene	5/12	1974/1992
Francuska	2202	Grid	5/10	1993/2001
Njemačka	800/1800	Raspršene/grid	5/10	1980/1997
Mađarska	1236	Raspršene	1/3/6	1993
Nizozemska	233	Raspršene	6/10	1983/1993

Norveška	13	Raspršene	1	1992
Slovačka	429	Raspršene/grid	5	1992
Španjolska	41	Raspršene	1	1995
Švedska	23665	Raspršene/grid	0,3/10	1983/1993
Švicarska	102	Raspršene	5	1985
U. Kraljevstvo	1200	Grid	1/5/15	1969/1992

## 1.2. Istraživanja tala u Republici Hrvatskoj

Hrvatska ima dugu povijest istraživanja tala. Knjiga «Zemljoznanstvo» M. Kišpatića objavljena je daleke 1877. godine i jedna je od prvih knjiga o tloznanstvu u svijetu. U Zagrebu je već 1891. godine osnovan prvi hrvatski laboratorij za analizu tla. Najvažniju ulogu u razvoju hrvatskog tloznanstva imao je prof. Mihovil Gračanin, koji je bio i prvi predsjednik tadašnje Jugoslavenske sekcije Međunarodnog tloznanstvenog društva osnovane 1931. godine.

Brojna istraživanja tala u Hrvatskoj mogu biti dobra podloga za razvoj Programa motrenja hrvatskih tala:

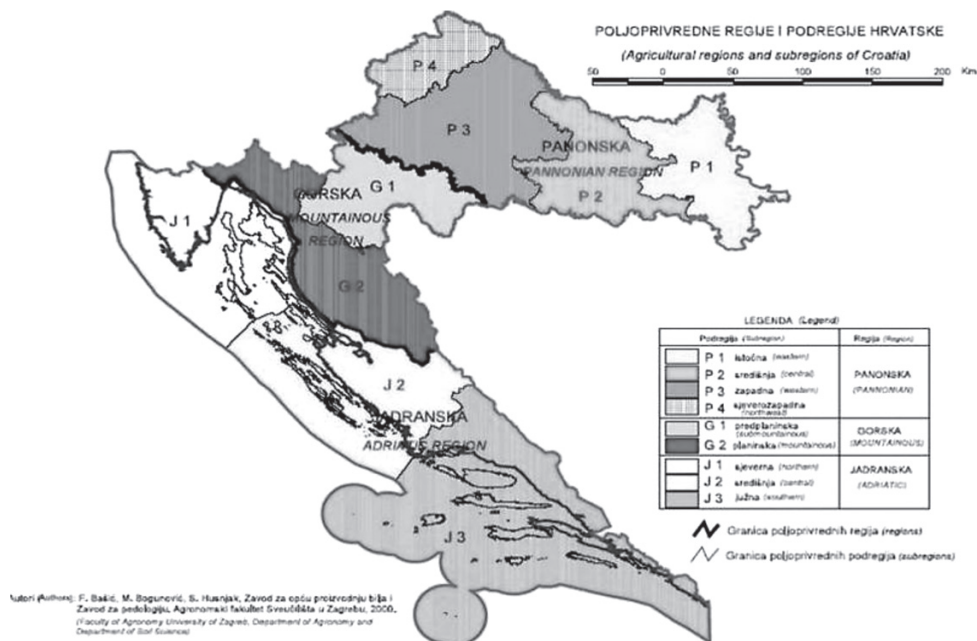
- Osnovna pedološka karta RH mjerila 1:50.000 (Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1964-1985)
  - Regionalne monografije
  - Tumači i karte
- Corine Land Cover Baza podataka za Hrvatsku
- Osnovna geokemijska karta Republike Hrvatske
- Izvešća o stanju okoliša u Hrvatskoj – poglavlje TLO
- Geokemijski atlas Europe (Salminen et al, 2005)
- Namjenske pedološke karte 6 županija (ArcGIS)
- Namjenska pedološka karta RH mjerila 1:300.000 (Bogunović et al, 1994-1996)
- Karta rizika od erozije tla vodom mjerila 1:300.000 (Bogunović et al, 1997-2000)
- CROSOTER – Hrvatska digitalna baza podataka za tlo i zemljište – I. faza (Bogunović et al, 2002)
- Teške kovine u tlima na sedimentima rijeke Drave (Halamić et al, 2005)
- Primjena GIS tehnologije u razvoju poljoprivrede (Husnjak et al, 2001-2003)
- Održivo korištenje tla na obiteljskim gospodarstvima (Husnjak et al, 2003-2005)

13. Rizik od erozije kao pokazatelj održivog gospodarjenja tlom (Kisić et al, 2002-2006)
14. Baza podataka o hrvatskim tlima (Martinović et al, 1997,1998,1999)
15. Utjecaj gnojidbe na raspodjelu dušika u poljoprivrednom ekološkom sustavu (Mesić et al, 2002-2006)
16. Korekcija suvišne kiselosti na poljoprivrednim gospodarstvima (Mesić et al, 2002-2005)
17. Stanje onečišćenja tla i trajno motrenje u Zagrebačkoj županiji (Romić et al, 1999-2004)
18. Ekološki problemi i ekonomski učinci navodnjavanja zaslanjenim vodama (Romić et al, 2001-2003)
19. Gospodarenje vodom i kontrola onečišćenja održivim navodnjavanjem (Romić et al, 2002-2005)
20. Održivost vode i tla u agrarnom i vodocrpnom dijelu kanala Dunav-Sava (Tomić et al, 2002-2006)
21. Interpretacijska baza tala istočne Hrvatske (Vukadinović et al, 2005)
22. Zaštita od zaslanjivanja vode i tla u donjoj Neretvi (Romić et al, 1998-2006)  
Hidropedološka karta RH mjerila 1:300.000 (Vidaček et al, 2001-2004)
23. Zaštita tla i voda u agroekosustavima (Vidaček et al, 2002-2005)
24. Kontrola utjecaja poljoprivrede na kvalitetu podzemnih voda područja Varaždinske i Međimurske županije (Vidaček et al, 2003-2007)
25. Onečišćenost tala rudarskim radovima u Panonskom prostoru Republike Hrvatske, više od 150 pojedinačnih elaborata (Bašić et al, 1987-2006)
26. Monitoring tala na području utjecaja CPS Molve, godišnja izvješća (Bašić et al, 1991-2006)

## 2. Kriteriji za izbor postaja za motrenje poljoprivrednih tala

Premda je površinom mala, Republika Hrvatska nalazi se pod utjecajem različitih klimatskih uvjeta i sadrži matične supstrate raznovrsnih geoloških i litoških svojstava. Dodajući tome heterogene forme reljefa, razvidno je da Hrvatsku čini širok raspon tipova tala različitog stupnja plodnosti.

S obzirom na tu prirodnu raznovrsnost, Hrvatska je podijeljena na tri jasno definirane regije: Panonsku, Gorsku i Jadransku. Svaka agroekološka prostorna jedinica ima specifične klimatske uvjete i specifične uvjete postanka i evolucije tala. Svaka regija dodatno je podijeljena na podregije koje pružaju različite uvjete za uzgoj bilja. Panonska je podijeljena na Istočnu, Središnju, Zapadnu i Sjeverozapadnu, Gorska na Predplaninsku i Planinsku, a Jadranska na Sjevernu, Središnju i Južnu.



Motrenje poljoprivrednih tala organizirano je na postajama prve i druge razine. Pod postajom prve razine podrazumijevamo mjesto motrenja tla u čijem se neposrednom okruženju nalazi meteorološka postaja. Postaje prve razine motrenja raspoređene su na cijelom području Republike Hrvatske tako da svaka agroekološka podregija bude zastupljena najmanje jednom postajom. Blizina meteoroloških postaja omogućit će usklađivanje motrenja klimatskih, hidroloških i pedoloških parametara.

Postaje druge razine predstavljaju mjesta motrenja tala raspoređenih unutar pojedinih podregija na način da u što većoj mjeri reprezentiraju njihove agroekološke uvjete. Broj postaja u pojedinoj podregiji ovisi o veličini njenih poljoprivrednih površina.

Ukupno je planirano zasnovati između 80 i 100 postaja za motrenje poljoprivrednih tala.

Kriteriji za izbor postaja druge razine unutar podregija osiguravaju reprezentativnost postaja za svaku podregiju:

1. Postaje moraju reprezentirati što je veći broj formi reljefa karakterističnih za podregije, kao i najraširenije pedosistematske jedinice unutar njih.
2. Postaje moraju biti smještene na tlima na kojima su način korištenja i uvjeti gospodarenja reprezentativni za pojedine podregije.
3. Postajama je potrebno obuhvatiti i područja s negativnim utjecajima prirodnog porijekla unutar podregija (kiselost, salinitet tla...).
4. Pri izboru postaja potrebno je uvažiti i blizinu već postojećih ili planiranih objekata za motrenje okoliša (meteorološke postaje, postaje za motrenje voda...).
5. Postaje je potrebno postaviti na područja na kojima su riješeni vlasnički odnosi i nisu predviđene izmjene prostornih planova (gradnja prometnica i objekata), kako bi bila dugoročno raspoloživa za motrenje.

Dinamika zasnivanja postaja motrenja također je prilagođena agroekološkim regijama, kako bi podaci jedne regije mogli činiti logičnu cjelinu. Prve godine djelovanja Programa za motrenje tala osnivaju se postaje Panonske regije, druge godine postaje Gorske i Jadranske regije. Treće godine podaci se obrađuju i formira baza podataka cijelog prostora Republike Hrvatske. Četvrte godine Program se nastavlja prema predviđenoj dinamici motrenja pojedinačnih parametara.

## 2.1. Regionalizacija hrvatske poljoprivrede (Izvor: Bašić et al, 1998-2001)

**Tablica 2.** Pregled poljoprivrednog zemljišta i obradivih površina po podregijama

Regije i podregije	Poljoprivredno zemljište		Obradive površine	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
<b>PANONSKA REGIJA</b>	<b>1.643.844</b>	<b>51,2</b>	<b>1.412.170</b>	<b>70</b>
P-1 – istočna podregija	434.839	13,5	390.200	19
P-2 – središnja podregija	378.358	11,8	296.024	15
P-3 – zapadna podregija	617.862	19,2	549.058	27
P-4 – sjeverozapadna podregija	212.786	6,6	176.888	9
<b>GORSKA REGIJA</b>	<b>531.505</b>	<b>16,5</b>	<b>301.710</b>	<b>15</b>
G-1 – predplaninska podregija	268.375	8,4	174.103	9
G-2 planinska podregija	263.131	8,2	127.607	6
<b>JADRANSKA REGIJA</b>	<b>1.037.467</b>	<b>32,3</b>	<b>305.453</b>	<b>15</b>
J-1 – sjeverna podregija	271.526	8,5	122.612	6
J-2 – središnja podregija	407.107	12,7	100.266	5
J-3 – južna podregija	358.833	11,2	82.575	4
<b>UKUPNO</b>	<b>3.212.816</b>	<b>100,0</b>	<b>2.020.626</b>	<b>100</b>

## Panonska regija

**Istočna panonska podregija – P-1** - Obuhvaća dvije najistočnije županije, Vukovarsko-srijemsku i Osječko-baranjsku, a predstavlja područje s klimom najveće plodnosti i s tradicionalno intenzivnim ratarenjem.

Podneblje ovog najistočnijeg dijela Hrvatske je semihumidne klime. Podregija P-1 pripada pedološki homogenijem području. Zajednička je odlika cijeloga područja da su sva tla formirana na karbonatnom lesu, u vrlo sličnim bioklimatskim prilikama, na prijelazu stepe u šumostepu. Pet pedosistematskih jedinica pokriva 87 % od ukupnih 434.839 ha poljoprivrednog zemljišta podregije; močvarno glejna tla (38 %), lesivirano na praporu semiglejno (21 %), černoziem na praporu, semiglejno i tipično (11 %), pseudoglej na zaravni (9 %) i ritska crnica (8 %).

Na području ove poljoprivredne podregije intenzivni uzgoj oraničnih kultura ima dugu tradiciju i dobre rezultate. Takav način gospodarenja prouzročio je čitav niz degradacijskih procesa i oštećenja tala karakterističnih za intenzivnu poljoprivredu.

**Središnja panonska podregija – P-2** Obuhvaća područje Brodsko-posavske, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravne županije. Najniža je holocenska zaravan koja se prostire uz doline rijeka, a građena je iz višeslojnih aluvijalnih sedimenata. Na nju se, kao dominantna po zastupljenosti nastavlja pleistocenska zaravan, građena iz lesa, izluženog lesa ili tzv. mramoriranih, pretaloženih ilovača, a iz nje se izdiže srednjeslavonsko gorje (Dilj, Krndija i Papuk), i Bilogora. Za razliku od prethodne podregije, povećana je zastupljenost šumskih površina. U poljoprivredi prevladava intenzivna oranična proizvodnja, prije svega u ravnijem istočnom dijelu. Na povišenijim položajima i nagibima povoljni su uvjeti za voćarstvo i vinogradarsku proizvodnju. Prema modificiranom Langovom kišnom pokazatelju područje nosi oznaku semihumidne klime.

Pet dominantnih tipova tala obuhvaća 63 % površine od ukupnih 378.357 ha poljoprivrednog zemljišta; močvarno glejna tla (22 %), lesivirano tlo na praporu (14 %), pseudoglej na zaravni (13 %), pseudoglej obronačni (8 %), pseudoglej-glej (6 %).

Za pretpostaviti je da je na dijelu intenzivno korištenih površina došlo do lakih oštećenja koja su posljedica intenzivnog gospodarenja u poljoprivredi i degradacije tala melioracijama.

**Zapadno panonska podregija – P-3** Ova podregija obuhvaća područje zapadne Slavonije, dio Bilogore, Moslavine, Prigorje, Đurđevačko-Koprivničku Podravinu, Turopolje i Zagrebačko područje. To je najnaseljenije područje Hrvatske, s velikim gospodarskim potencijalom u poljoprivredi, šumarstvu i industriji.

Prema modificiranom Langovom kišnom pokazatelju područje ima semihumidnu klimu.

Pet najzastupljenijih tipova tala rasprostiru se na oko 70 % površine od ukupnih 617.861 ha poljoprivrednog zemljišta; lesivirano pseudoglejno tlo na praporu (23 %), pseudoglej na zaravni (19 %), močvarno glejno tlo (12 %), pseudoglej obronačni (9 %) i močvarno glejno vertično tlo (8 %).

Središnji je proces oštećenja tala na području ove podregije erozija vodom. Tom procesu podregija je velika količina oborina i pojava erozijskih kiša velikoga intenziteta.



**Sjeverozapadna panonska podregija – P-4** Pokriva krajnji zapadni i sjeverozapadni dio Hrvatske, odnosno Zagorje, Varaždinski kraj i Međimurje. Cijelo je područje građeno pretežno od mekih i jako heterogenih sedimentnih stijena neogena, među kojima prevladava (pjeskoviti, glinoviti, vapnenački) lapor i tercijarne gline. Manja je zastupljenost plesitocenskih sedimenta izluženog lesa i mramoriranih ilovača.

Prema modificiranom Langovom kišnom pokazatelju riječ je o području humidne klime.

Pet najrasprostranjenijih pedosistematskih jedinica rasprostire se na 57 % površine od ukupnih 212.786 ha poljoprivrednog zemljišta. Najzastupljenija su močvarno glejna tla (16 %), zatim lesivirana tla na praporu (13 %), rendzina na laporu (flišu) i mekim vapnencima (11 %), pseudoglej obronačni (9 %) i aluvijalno livadno tlo (8 %).

Zajednička značajka tala ove podregije je intenzivna erozija, kojoj je primarni uzrok smanjena propusnost tala i povećano površinsko otjecanje vode.

## **Gorska regija**

**Predplaninska podregija – G-1** Predstavlja prirodni prijelaz između panonske nizine i planinskih masiva dinarskog gorja. Zemljopisno pokriva dio Like, Banovine i Korduna, odnosno cijelu Karlovačku i «prekosavski» dio Sisačko moslavačke županije, južno od crte Kostajnica - Glina - Lasinja - Draganići - Ozalj.

U geomorfološkom pogledu manji dio čini holocensku terasu rijeke Save, a na nju se nastavlja gorje koje odvaja panonsku nizinu od prostrane, zaravnjene krške kredne ploče. Prema modificiranom Langovu kišnom pokazatelju Karlovac je u području humidne, a Ogulin perhumidne klime.

Pet dominantnih pedosistematskih jedinica rasprostire se na 53 % površina od ukupnih 268.374 ha poljoprivrednog zemljišta, a to su lesivirano tipično i akrično tlo na vapnencu i dolomitu (13 %), kiselo smeđe tlo na reliktnoj crvenici (12 %), pseudoglej obronačni (11 %), rendzina na laporu (flišu) i mekim vapnencima (10 %), i močvarno glejno tlo, djelomično hidromeliorirano (7 %).

Erozija je značajan proces destrukcije i gubitka tla ove podregije.

**Planinska podregija – P-2** Izrazito šumsko područje sa 61 % šumskog, a 38,3 % poljoprivrednog zemljišta. Prostire se od južnog dijela Gorskog Kotara u zaleđu Opatije, nastavlja se preko Velebita do Dinarskog gorja. Geološko-litološka građa ove podregije prilično je homogena. Razlikuju se dva tipa supstrata. Na jednoj strani je područje Gorskog Kotara sa serijom kiselih, silikatnih, metamornih stijena, na kojima se javljaju kisela tla, ali vrlo povoljna šumska staništa Gorskog Kotara visokog boniteta. Prema modificiranom Langovom kišnom pokazatelju cijelo područje ima perhumidnu klimu.

Područje je pedološki jako heterogeno. Dominantnih pet tipova tala rasprostire se na 66 % površina od ukupnih 263.130 ha poljoprivrednog zemljišta; smeđe tlo na vapnencu (22 %), rendzina na dolomitu i vapnencu (19 %), vapnenačko dolomitna crnica (12 %), lesivirano tlo na vapnencu i dolomitu (9 %) i crvenica lesivirana, tipična i duboka (4 %).

Tla cijele gorske regije, uključujući i planinsku podregiju, izložena su procesima pojačanih oštećenja od erozije.

## Jadranska regija

**Sjeverna jadranska podregija – J-1** Obuhvaća cijelu Istru, a zatim se proteže uskim pojasom do Starigrada kod Zadra, obuhvaćajući otočne dijelove Primorsko-goranske i Ličko-senjske županije. Istra se po svojim prirodnim posebnostima, kojoj ton daje različitost boje površine, dijeli na Bijelu, Sivu i Crvenu Istru. U Bijeloj Istri prevladava šumarstvo, dok u Sivoj i Crvenoj prema zastupljenosti u prostoru prevladavaju poljoprivredne površine. Prema modificiranom kišnom pokazatelju Pazin ima humidnu, a Pula i Cres semihumidnu klimu.

Pet dominantnih pedosistematskih jedinica ove podregije čine 74 % površine od ukupnih 271.526 ha poljoprivrednog zemljišta; crvenica lesivirana i tipična, duboka (26 %), smeđe tlo na vapnencu (22 %), vapnenačko dolomitna crnica (11 %), rendzina na laporu i mekim vapnencima (10 %), antropogena tla flišnih i krških sinklinala i koluvija (5 %).

Posljedice erozije tala u ovoj regiji su višestruke.

**Središnja jadranska podregija – J-2** Obuhvaća središnji dio našega priobalja, odnosno područje Zadra sa zaleđem - Ravnim Kotarima i pripadajućim otočjem te cijelo područje Šibenske županije. Područje je geomorfološki razmjerno nisko, građeno od raznovrsnih vapnenaca, pretežno kredne starosti. Iz prostrane krške ploče izdiže se gorski niz Bukovice i Orljaka, a u zaleđu Knina i masiv najviše hrvatske planine Dinare, a prema istoku masiv Svilaje i Moseča. Ova podregija ima tradicionalno jako naprednu i razvijenu poljoprivredu, prije svega uzgoj vinove loze, voćarstvo i uzgoj povrća. Prema modificiranom kišnom pokazatelju Knin ima humidnu, Zadar semihumidnu, a Šibenik semiaridnu klimu.

Prevladava smeđe tlo na vapnencu (23 %), zatim crvenica plitka i srednje duboka (12 %), vapneno dolomitna crnica (12 %), rendzina na laporu i mekim vapnencima (11 %) i antropogena tla na kršu (8 %). Ova tla zauzimaju 66 % od ukupnih 407.107 ha poljoprivrednog zemljišta.

Brojni su procesi oštećenja tala na području ove podregije. Nema podataka o procesima zaslanjivanja do kojih dolazi primjenom navodnjavanja vodom iz Vranskog jezera, što se inače prakticira. Jedan od učestalih procesa oštećenja tala je erozija vodom i vjetrom.

**Južna jadranska podregija – J-3** Ova podregija obuhvaća ostatak priobalnog dijela do Dubrovnika-Konavala, odnosno državne granice, s pripadajućim otočjem. Obuhvaća dakle cijelu Splitsko-dalmatinsku i Dubrovačko-neretvansku županiju. Područje podregije građeno je pretežito od vapnenaca i dolomita, na kojima prevladava goli krš, odnosno smeđa tla na vapnencu i crvenice, s izuzetkom doline Neretve i krških polja, gdje se javljaju aluvijalna i koluvijalna tla.

Za cijelu podregiju karakteristična je sredozemna (mediteranska) poljoprivreda. Prema modificiranom Langovom kišnom pokazatelju Split i Hvar imaju semiaridnu, a Dubrovnik semihumidnu klimu.

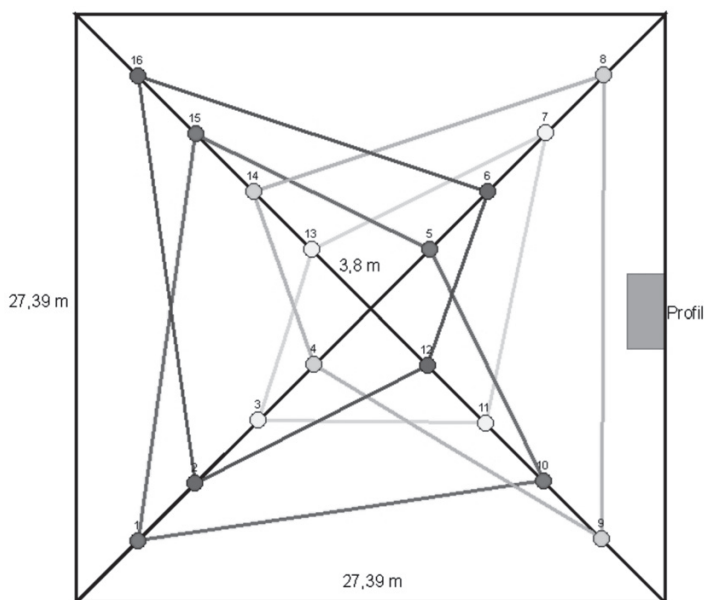
Pet dominantnih pedosistematskih jedinica se rasprostire na 69 % površina od ukupnih 358.833 ha poljoprivrednog zemljišta ove podregije; smeđe tlo na vapnencu (26 %), vapnenačko dolomitna crnica (15 %), rendzina na laporu i mekim vapnencima (12 %), antropogena tla na kršu (10 %) i crvenica plitka i srednje duboka (6 %).

Uz eroziju, poseban značaj ima pitanje onečišćenja tala imisijskom acidifikacijom, odnosno onečišćenjima iz zraka.

### 3. Kriteriji za način opisa i uzorkovanja tla pri motrenju poljoprivrednih tala

#### 3.1. Način postavljanja postaja za trajno motrenje poljoprivrednih tala

Postaja za motrenje je oblika kvadrata površine 750 m<sup>2</sup> (27,39 x 27,39 m) i smještena je na poljoprivrednoj parceli ne manjoj od 5000 m<sup>2</sup>. Postaja se locira na reprezentativnom dijelu poljoprivredne parcele izabrane za motrenje, udaljenom od njenih rubnih ili netipičnih dijelova. Stranice kvadrata usmjerene su u pravcima sjever-jug i istok-zapad. Pedološki profil otvara se na unutarnjoj strani istočne stranice postaje, tako da je podjednako udaljen od sjeveroistočnog i jugoistočnog kuta kvadrata. 16 točaka za pojedinačno uzorkovanje tla sondom nalaze se na dijagonalama postaje (na svakoj dijagonali ih je 8), udaljene od njihovog sjecišta 3,80, 7,60, 11,40 i 15,20 m. Svi pojedinačni uzorci spajaju se u 4 prosječna uzorka prema Shemi 1.; prvi uzorak nastaje spajanjem uzoraka 1, 5, 10 i 15, drugi uspajanjem uzoraka 2, 6, 12 i 16, treći spajanjem uzoraka 3, 7, 11 i 13, a četvrti spajanjem uzoraka 4, 8, 9 i 14.



**Shema 1.** Spajanje pojedinačnih uzoraka u prosječne

Osim ta 4 uzorka, analizira se i 1 prosječan uzorak dobiven spajanjem dijelova uzoraka svih pojedinačnih točaka. Na taj način, svaki od 5 prosječnih uzoraka predviđenih za analizu predstavlja prosjek postaje, što znatno pridonosi osiguravanju kvalitete podataka. Pedološki profil otvara se prilikom zasnivanja postaja i nakon razdoblja od 24 godine. Mjesto otvaranja pedološkog profila svake 24 godine pomiče se za 5 m uzduž stranica postaje u smjeru obrnutom od smjera kretanja kazaljki na satu. Pojedinačne točke uzorkuju se svake treće, odnosno šeste godine, kada se analiziraju dodatni parametri.

Kako bi osigurali submetarsku preciznost uzorkovanja tijekom dugog niza godina, kutevi postaja lociraju se GPS (Global Positioning System) uređajem visoke preciznosti (manje od 1 m). Lociranje kuteva GPS uređajem omogućuje preciznost uzastopnog uzorkovanja tla, rukovanje podacima u GIS (Geographical Information System) okruženju, te moguće testiranje sustava preciznog gospodarstva (Precision Farming). GPS uređaj mora imati mogućnost preciznog određivanja zemljopisnih koordinata kuteva postaje uz pomoć vanjske antene, real-time

korekcije signala (EGNOS i dodatni stacionarni uređaj) i tehnologije odbijanja višestrukih lažnih signala. GPS software mora biti opremljen mogućnošću unosa preciznih topografskih karata i prilagodljiv za brz unos podataka prilikom opisa postaje i profila. Uredski software mora biti kompatibilan za brzu i učinkovitu pretvorbu GPS koordinata iz jednog koordinatnog sustava u drugi i za naknadne korekcije signala pomoću stalnih točaka geodetske osnove RH, kojima se dodatno osigurava točnost pozicioniranja.

Kutevi postaja geodetski se snimaju i smještaju na Hrvatsku Osnovnu Kartu mjerila 1:50-00. Geodetska služba pritom u neposrednom okruženju postaja određuje i snima na Hrvatsku Osnovnu Kartu i 2 stalna markira pomoću kojih je moguće odrediti kuteve s greškom manjom od 20 cm.

Prostorni podaci prikupljaju se u projekcijskom koordinatnom sustavu poprečne Mercatorove (Gauss-Krügerove) projekcije – skraćeno HTRS96/TM, sa srednjim meridijanom 16°30' i linearnim mjerilom na srednjem meridijanu 0,9999 (Službena kartografska projekcija Republike Hrvatske za područja katastra i detaljne državne topografske kartografije).

### **3.2. Opći podaci o postajama za trajno motrenje poljoprivrednih tala**

Prije zasnivanja postaja (otvaranja i opisa profila tla) nužno je prikupiti opće informacije o njima i upisati ih u Obrazac za opis postaje:

1. Identifikacijski broj postaje – omogućuje brz i jednostavan pristup opisu staništa i pedološkog profila postaje u bazi podataka. Čini ga kombinacija brojeva koji će ukazivati na državu, agroekološku regiju, podregiju i postaju za trajno motrenje unutar te regije. (Primjer: HR/P1/1)
2. Datum i vrijeme zasnivanja postaje (opisa pedološkog profila) i uzorkovanja.
3. Podaci o voditelju opisa staništa i profila postaje i vlasniku parcele na kojoj je postaja smještena (ime i prezime, institucija/tvrtka, adresa, mjesto, telefon).
4. Ime i opis lokacije postaje – potrebno je navesti ime županije, političke i katastarske općine i broj katastarske čestice na kojoj se nalazi postaja, kao i udaljenost i pravac kretanja od najbližeg naseljenog mjesta i stalnih markira.
5. Nadmorska visina na kojoj je zasnovana postaja – zbog nedovoljne preciznosti određivanja GPS uređajem, potrebno ju je odrediti tijekom geodetskog snimanja.
6. Oznaka lista Hrvatske Osnovne Karte mjerila 1:5.000, ravninske i geografske koordinate središta i stalnih markira postaje.

### **3.3. Opis postaja prilikom zasnivanja**

1. Klima – potrebno je zabilježiti srednje mjesečne temperature i srednje mjesečne količine oborina iz najbliže meteorološke postaje, trenutne vremenske uvjete na postaji i one unutar mjesec dana prije opisa/uzorkovanja, dužinu vegetacijskog razdoblja, te temperaturni i vodni režim tla.
2. Reljef – potrebno je opisati formu reljefa prostorne cjeline, položaj postaje unutar forme, te nagib, ekspoziciju i oblik nagiba postaje.

3. Prirodna vegetacija područja
4. Priroda matičnog supstrata i geološka starost tla.
5. Korištenje tla – potrebno je detaljno opisati način korištenja i gospodarenja tlom (kulture koje se izmjenjuju u plodoredu, prinosi, primjena navodnjavanja, primjena gnojiva, poboljšivača i zaštitnih sredstava, način obrade).
6. Površinska svojstva tla
  - a. Stjenovitost površine – ograničava korištenje moderne poljoprivredne mehanizacije. Opisuje se postotkom u odnosu na jedinicu površine, skupa s dodatnim opisom međusobnog razmaka, veličine i tvrdoće pojedinih stijena.
  - b. Prisustvo šljunka na površini – opisuje se postotkom u odnosu na jedinicu površine i promjer fragmenata.
  - c. Erozijska – potrebno je prvenstveno opisati eroziju nastalu utjecajem čovjeka (neprikladno gospodarenje tlom), njeno porijeklo (voda, vjetar, klizišta), veličinu površine koju zahvaća, stupanj jakosti i razdoblje aktivnosti.
  - d. Pokorica – opisuje se kora koja se razvija na površini nakon sušenja površinskog sloja. Ona usporava nicanje, smanjuje infiltraciju vode i povećava otjecanje po površini. Opisuje se tvrdoća u suhom stanju i debljina.
  - e. Površinske pukotine – pojavljuju se u tlima bogatim glinom nakon sušenja površinskog horizonta, kao posljedica širenja i skupljanja strukturnih agregata. Opisuje se prosječna i maksimalna širina pukotina, te prosječna međusobna udaljenost pukotina.
  - f. Površinska iscvjetanja soli – opisuje se postotkom u odnosu na jedinicu površine, debljina sloja i vrsta soli.
  - g. Izbljedjeli pijesak na površini – opisuje se postotkom u odnosu na jedinicu površine
7. Opis profila tla – profil tla kopa se do dubine matičnog supstrata (po potrebi i dublje), odnosno do razine podzemne vode, širine 1 m i dužine 2 m. Lice profila se priprema (čisti) za opis, postavlja se mjerna vrpca od površine do dna profila, te se profil fotografira, kao i krajolik postaje. Nadalje se opisuju sljedeća svojstva:
  - a. Broj i dubina horizonata tla – Nakon određivanja dubine horizonata, iz svakog se oblikuju mikromonoliti i spremaju u kutijice s naznačenim dubinama iz kojih su uzeti.
  - b. Priroda donje granice horizonata
  - c. Prisustvo, veličina i litološka priroda frakcije veličine => 2 mm
  - d. Procjena teksture tla

- e. Razgradnja i humifikacija biljnih ostataka
  - f. Boja tla
  - g. Prisustvo i boja mazotina
  - h. Određivanje redox potencijala i reduksijskih uvjeta u tlu (pomoću alfa, alfa dipiridyl otopine u 10% octenoj kiselini)
  - i. Sadržaj lakotopivih soli
  - j. pH vrijednost tla
  - k. Procjena sadržaja organske tvari
  - l. Procjena sadržaja karbonata i njihova forma
  - m. Procjena sadržaja gipsa i njegova forma
  - n. Procjena stanja vlažnosti
  - o. Procjena volumne gustoće tla
  - p. Procjena strukture i konzistencije tla
  - q. Procjena ukupne poroznosti
  - r. Prisustvo i promjer korijenja i ostala biološka svojstva
  - s. Procjena prevlaka – prisustvo, kontrast, priroda, forma, položaj
  - t. Procjena zbijenosti/cementacije
  - u. Procjena koncentracija minerala
  - v. Miris tla
  - w. Procjena materijala antropogenog porijekla – prisustvo, vrsta, veličina, tvrdoća, istrošenost, boja
8. Klasifikacija tla – prema Klasifikaciji tala Jugoslavije (Škorić, A. et al, 1973, 1985) i prema WRB korelaciji (IUSS Working Group WRB, 2006)

Voditelj opisa staništa i profila postaje klasificira tlo što je preciznije moguće na osnovi morfoloških svojstava. Konačna klasifikacija tla određuje se na osnovi analitičkih podataka pristiglih iz laboratorija.

Klasifikacija prema Škoriću et al. je genetska i služi kao osnova za proizvodno-ekološku ocjenu tala. Bazirana je na svojstvima tala, koja su morfološki vidljiva ili lako mjerljiva.



Tip tla je osnovna jedinica Klasifikacije, a određen je jednotipskom građom profila (karakterističnim slijedom horizonata), jednotipskim osnovnim procesima transformacije i migracije organske i mineralne tvari i kvalitativno sličnim fizikalnim i kemijskim karakteristikama pojedinih horizonata.

Različiti tipovi tala s analognim razvojnim stadijima okupljeni se u više jedinice – klase, a različite klase jednakog karaktera vlaženja i sastava vode kojom se tlo navlažuje okupljene su u najviše jedinice Klasifikacije – odjele (automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna tla).

Podjela tipova tala u niže jedinice (podtipovi, varijeteti, forme) određena je onim svojstvima koja uzrokuju varijabilnost pojedinih tipova tala.

Na osnovi prethodnog opisa staništa i profila postaje, tlo se klasificira, što uključuje:

- a. Imenovanje horizonata pedološkog profila (podhorizonti, prijelazni horizonti, složeni horizonti).
- b. Određivanje odjela, klase, tipa, podtipa, varijeteta i forme tla.

**Tablica 3.** Odjeli, klase i tipovi Klasifikacije prema Škoriću et al.

Odjeli	Klase	Tipovi
Automorfna tla	Nerazvijena tla	Kamenjar
		Sirozem na rastresitim stijenama
		Eolski «živi» pijesci Koluvijalna (deluvijalna) tla
	Humusno akumulativna tla	Vapnenačko-dolomitna crnica
		Rendzina
		Humusno-silikatno tlo
		Černozem Smonica
	Kambična tla	Eutrično smeđe
		Distrično smeđe
		Smeđe vapnenačko Crvenica
Eluvijalno iluvijalna tla	Lesivirano	
	Podzol	
	Smeđe podzolasto	
Antropogena tla	Rigolano	
	Vrtno	
Tehnogena tla	Tla deponija	
	Flotacioni materijal Nanosi iz zraka	

Hidromorfna tla	Pseudoglejna tla	Pseudoglej
	Nerazvijena hidromorfna tla	Aluvijalno (fluvijativno)
	Semiglejna tla	Fluvijativno-livadsko
	Glejna tla	Pseudoglej-glejno
		Ritska crnica
		Močvarno-glejno
	Tresetna tla	Izdignuti treset
Prelazni treset		
Niski treset		
Antropogena tla	Rigolano tresetno	
	Tla rižišta	
	Hidromeliorirano	
Halomorfna tla	Akutno zaslanjena tla	Solončak
	Soloneci	Solonec
Subakvalna tla	Nerazvijena subakvalna tla	Protopedon
	Subakvalna tla profila A-C ili A-G	Gitja
		Daj
		Sapropel
Antropogena tla	Hidromeliorirana gitja Hidromeliorirani sapropel	

Klasifikacija tla prema Svjetskoj Referentnoj Osnovi (WRB) polazi od sljedećih principa:

- Svrha Referentne Osnove nije zamjena postojećih nacionalnih klasifikacijskih sustava, već da služi kao zajednički jezik u međunarodnoj komunikaciji.
- Klasifikacija tala bazirana je na vidljivim i mjerljivim svojstvima tala koja su definirana pojmovima – dijagnostički horizonti, svojstva i materijali tla.
- Izbor dijagnostičkih svojstava tla uzima u obzir njihov odnos s pedogenetskim procesima. Razumijevanje pedogenetskih procesa pomaže kvalitetnijem opisu tala, ali oni se ne koriste kao kriterij klasifikacije.
- Klimatski parametri se koriste samo u interpretacijske svrhe, oni nisu dio definicija tala
- Klasifikacija sadrži dvije kategorije detalja:
  - Prva razina je Referentna Osnova – čine je 32 referentne skupine tala koje se određuju pomoću WRB Ključa
  - Druga razina je WRB Klasifikacijski sustav – čine ga kombinacije skupine kvalifika-

tora (prefiksa i sufiksa) koji se pridodaju imenu referentne skupine tala i omogućuju vrlo precizan opis i klasifikaciju pojedinačnih profila tla

Tlo se klasificira u 3 koraka:

2. Određivanje dijagnostičkih horizonata, svojstava i materijala
3. Određivanje Referentne skupine tala na osnovi usporedbe dijagnostičkih horizonata, svojstava i materijala s WRB Ključem
4. Određivanje kvalifikatora; prefiksa (karakteristični za određenu Referentnu skupinu) i sufiksa (ostali kvalifikatori), te njihovih specifičnosti (stupnjeva izraženosti)

**Tablica 4.** Popis Referentnih skupina tala prema pojednostavljenom WRB Ključu

	Setovi tala	Referentna skupina	Glavne osobine
1.	Tla s debelim organskim slojem	HISTOSOLS	Debeo organski sloj
2.	Tla s jakim utjecajem čovjeka	ANTHROSOLS TECHNOSOLS	Intenzivna poljoprivreda Puno artefakata
3.	Tla s ograničenom dubinom zakorjenjavanja zbog leda ili stijena	CRYOSOLS LEPTOSOLS	Utjecaj leda Utjecaj stijena
4.	Tla pod utjecajem vode	VERTISOLS FLUVISOLS SOLONETZ SOLONCHAKS GLEYSOLS	Tla bogata glinom Plavna područja Alkalna tla Tla bogata solima Podzemna voda
5.	Tla karakterizirana Fe i Al spojevima	ANDOSOLS PODZOLS PLINTHOSOLS NITISOLS FERRALSOLS	Alofani/Al-humusni kompleksi Eluvijacija i iluvijacija Akumulacija željeza u hidromorfnim uvjetima Glina male aktivnosti, jaka struktura Dominacija kaolinita i seskvioksida
6.	Tla sa stagnirajućom vodom	PLANOSOLS STAGNOSOLS	Nagli teksturni diskontinuitet Strukturni ili umjereni teksturni diskontinuitet
7.	Tla s akumulacijom organske tvari, visoka saturacija bazama	CHERNOZEMS KASTANOZEMS PHAEZEMS	Tipično molični Prijelaz u suhlji klimat Prijelaz u vlažniji klimat
8.	Tla s akumulacijom gipsa, silicijevog oksida i kalcijevog karbonata	GYPSISOLS DURISOLS CALCISOLS	Gips Silicijev oksid Kalcijev karbonat

9.	Tla s podhorizontom bogatim glinom	ALBELUVISOLS ALISOLS ACRISOLS LUVISOLS LIXISOLS	Ispiranje izbljedjelog materijala u pukotine iluvijalnog horizonta Glina velike aktivnosti, niska saturacija bazama Glina male aktivnosti, niska saturacija bazama Glina velike aktivnosti, visoka saturacija bazama Glina male aktivnosti, visoka saturacija bazama
10	Relativno mlada tla sa slabim ili nikakvim razvojem profila	UMBRISOLS ARENOSOLS CAMBISOLS REGOSOLS	Kiseli tamni površinski horizont Pjeskovita tla Umjereno razvijena tla Slabo izraženi razvoj profila

# OBRAZAC ZA OPIS POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-1

- opći podaci o postaji motrenja -

## Identifikacijski broj postaje

Vrijeme opisa postaje		Podaci o voditelju opisa		Podaci o vlasniku parcele	
Datum		Ime i prezime		Naziv	
Vrijeme		Institucija		Adresa	
		Telefon		Mjesto	
				Kontakt osoba	
				Telefon	

Sjeveroistočni kut	
Markir 2	
Udaljenost od markira 1	
Pravac kretanja	
Markir 2	
Udaljenost od markira 2	
Pravac kretanja	

Podaci o lokaciji postaje	
Najbliže naseљeno mjesto	
Udaljenost najbližeg mjesta	
Pravac kretanja od mjesta	

Administrativni podaci o parceli	
Županija	
Politička općina	
Katastarska općina	
Katastarska čestica	

Geografski podaci o postaji		SI kut	SZ kut	JZ kut	Jl kut	Markir 1	Markir 2
Ravninske koordinate (Gauss Krüger)		X					
		Y					
Geografske koordinate (WGS 84)		N					
		E					
Oznaka lista HOK-a M=1:5.000							
Nadmorska visina							

# OBRAZAC ZA OPIS POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-1

## - faktori nastanka i evolucije tla -

Klima	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Srednja temperatura zraka												
Srednja količina oborina												
Dužina vegetac. razdoblja												
Trenutni vremenski uvjeti												
Prošli vremenski uvjeti												
Vodni režim tla												
Temperaturni režim tla												

Prirodna vegetacija područja	
------------------------------	--

Priroda matičnog supstrata	
----------------------------	--

Geološka starost tla	
----------------------	--

Reljef	
Forma reljefa područja	
Položaj postaje	
Nagib i ekspozicija	
Oblik nagiba	

Klasifikacija tla postaje	
Škorić et al, 1985.	
WRB, 2006.	

Utjecaj čovjeka	
Način korištenja	
Dominantne kulture	
Prinosi	
Način obrade	
Mineralna gnojidba	
Organska gnojidba	
Poboljšivači tla	
Zaštitna sredstva	



**OBRAZAC ZA OPIS POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-1**  
 - površinska svojstva tla -

<i>Stjenovitost</i>	
Postotak površine	
Razmak između stijena	
Veličina stijena	
Tvrdoća stijena	

<i>Erozija</i>	
Priroda erozije	
Postotak površine	
Stupanj erozije	
Aktivnost erozije	

<i>Šjunksovitost</i>	
Postotak površine	
Promjer fragmenata	

<i>Pokorica</i>	
Debljina	
Tvrdoća	

<i>Površinska iscvjetanja soli</i>	
Postotak površine	
Debljina sloja	
Vrsta soli	

<i>Površinske pukotine</i>	
Prosječna širina	
Maksimalna širina	
Prosječna međusobna udaljenost	

<i>Izbljedjeli pijesak na površini</i>	
Postotak površine	

**OBRAZAC ZA OPIS POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-1**  
- opis profila tla -

Broj	Horizonti		Donja granica horizonata				Fragmenti stijena			
	Oznaka	Oznaka cilindra	Dubina	Jasnoća	Topografija	Pojava (%)	Promjer (mm)	Oblik	Trošenje	Vrsta
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										

Broj	Tekstura sitnice	Razgradnja i humifikacija biljnih ostataka	Boja tla		Mazotine				
			Suho stanje	Vlažno stanje	Pojava (%)	Veličina (mm)	Boja	Kontrast	Granica
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

Broj	Redox-potencijal (rH)	Redukcijski uvjeti u tlu	Lakotopive soli (%)	pH vrijednost tla	Organska tvar (%)	Karbonati		Gips	
						Sadržaj (%)	Forma	Sadržaj (%)	Forma
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

Broj	Stanje vlage	Volumna gustoća	Struktura tla		Konzistencija tla			Plastičnost
			Stupanj	Tip	Veličina agregata	Suho stanje	Vlažno stanje	
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

Broj	Porozitet (%)	Pore			Korijenje			Ostala biološka svojstva	
		Tip	Promjer	Broj > 2mm/dm <sup>2</sup>	Promjer	Broj < 2mm/dm <sup>2</sup>	Broj > 2mm/dm <sup>2</sup>	Količina	Vrsta
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

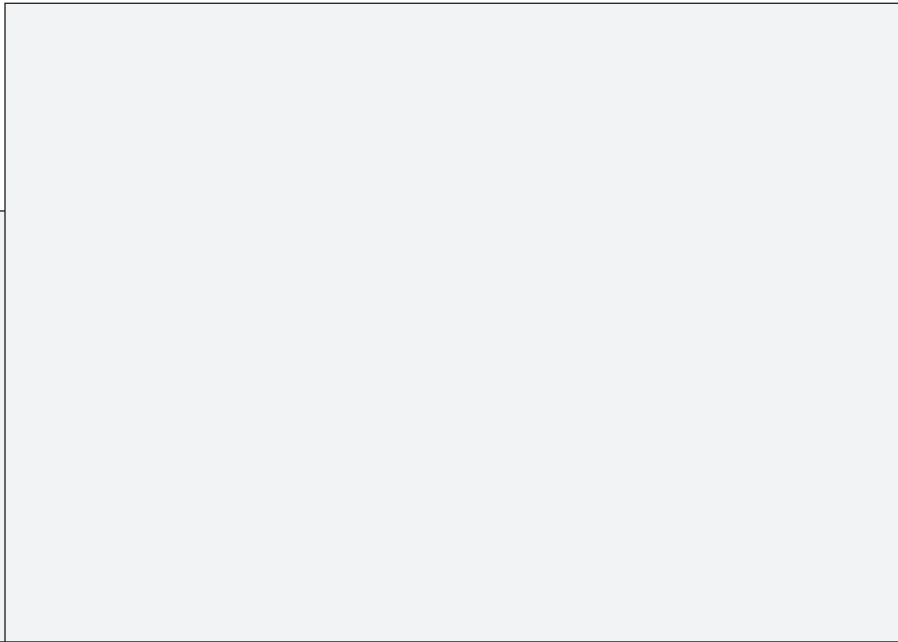
Broj	Prevlake			Cementacija/Zbijenost			Priroda sloja	
	Pojava (%)	Kontrast	Tip	Oblik	Lokacija	Stupanj		Kontinuitet
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

Broj	Koncentracije minerala						
	Pojava (%)	Tip	Oblik	Veličina (mm)	Tvrdoća	Priroda	Boja
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

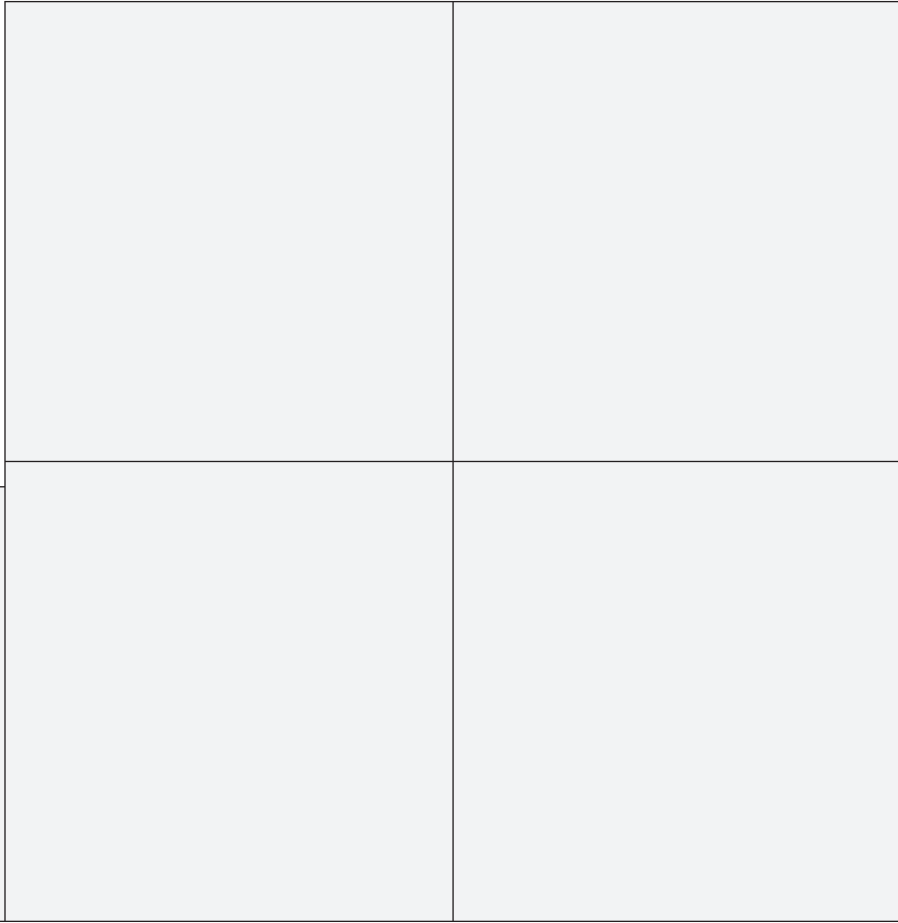
Broj	Miris tla	Materijali prenešeni čovjekom	Artefakti					
			Pojava (%)	Vrsta	Veličina (mm)	Tvrdoća	Trošenje	Boja
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

**OBRAZAC ZA OPIS POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-1**  
**- fotodokumentacija -**

Fotografija profila



Fotografije krajolika



### **3.4. Način uzorkovanja profila tla i pojedinačnih uzoraka**

Prilikom svakog dolaska na postaju, kutevi postaje i pojedinačne točke uzorkovanja pronalaze se GPS uređajem ili mjernom vrpcom i kompasom (pomoću markira).

Uzorkovanje profila tla treba obuhvatiti sve utvrđene horizonte. Ovisno o planiranim analizama uzorci se uzimaju u porušenom i neporušenom stanju (uzorci poznatog volumena) s lica profila s kojega se prethodno obavlja i opis profila.

Uzorci u porušenom stanju uzimaju se nožem na način da predstavljaju čitavu debljinu horizonta, ali da nikad ne prelaze njegovu granicu. Za svaki horizont uzima se određen broj uzoraka ovisno o planiranim vrstama laboratorijskih analiza i sprema u plastične vrećice. Oznaka na vrećici treba sadržavati broj postaje, dubinu uzorkovanog horizonta i naznaku za koju vrstu analiza je uzet. Zbog moguće naknadne promjene simbola horizonata, nije ih poželjno naznačiti na vrećici. Masa jednog uzorka ne smije biti manja od 1 kg. Uzorkovanje započinje od najnižeg horizonta u profilu. Prilikom uzorkovanja tla u porušenom stanju za mikrobiološke analize, potrebno je osigurati aerobne uvjete skladištenja prije laboratorijskih analiza, u hladnjaku (+4°C).

Uzorci u neporušenom stanju poznatog volumena uzimaju se s ciljem ispitivanja fizikalnih svojstava tla. Uzimaju se utiskivanjem cilindra volumena 100 cm<sup>3</sup> okomito u prethodno iskopanu stepenicu u visini horizonta na licu profila. Uzorkovanje u ovom slučaju započinje od najvišeg horizonta, a za jedan prosječni rezultat analiza potrebno je uzeti najmanje tri cilindra iz jednog horizonta. Visina stepenice određuje se na način da cilindri nakon utiskivanja obuhvate središnji dio ispitivanog horizonta. Tvorničke oznake cilindra upisuju se na Obrazac za opis postaje uz prethodno opisani horizont iz kojeg su uzeti.

Lizimetri se postavljaju prilikom kopanja profila (po jedan na svakoj postaji prve razine) na dubinu ispod efektivne. Uzorci vode iz lizimetara spremaju se u dobro zatvorene plastične boce i prethodno konzerviraju s 2-3 kapi toluola.

Pojedinačno uzorkovanje točaka postaje obavlja se u razdoblju od 15. srpnja do 15. listopada (ovisno o kulturi) pedološkom (holandskom) sondom iz tri dubine; 0-30, 30-60 i 60-90 cm. Te tri dubine pojedinačnih uzorkovanja prilagođavaju se granicama horizonata tla i određuju za svaku postaju zasebno prve godine motrenja prilikom otvaranja i opisa pedološkog profila. Prilikom vertikalnog sondiranja, tlo iz sonde se slaže od površinskog prema najdubljem sloju na čistu površinu s mjernom vrpcom, što osigurava precizno uzimanje uzoraka po dubini. Uzorci se spremaju u vrećice na kojima je naznačen broj postaje, brojevi pojedinačnih uzoraka, dubina uzorkovanja i naznaka za koju vrstu analize je uzet. Dio svakog uzorka (obuhvaća njegovu cijelu dubinu) sprema se u vrećicu za prosječno uzorkovanje. Na njoj je naznačen broj postaje, dubina uzorkovanja i naznaka za koju vrstu analize je uzet.

Svi podaci prikupljeni prilikom opisa staništa i profila postaje zapisuju se na Obrazac za opis postaje motrenja tala (Prilog 3.), koji se poslije arhivira u registrator postaje, te umnožava kako bi se jedan primjerak Obrascia koristio za buduća uzorkovanja postaje. Obrazac za uzorkovanje pojedinačnih točaka postaja (Prilog 4.) popunjava se svake tri godine i arhivira u registrator postaje, zajedno s Obrascem za opis postaja motrenja tala.

### **3.5. Priprema uzoraka tla za analizu i čuvanje uzoraka**

Nakon dostave uzorka tla do mjesta pripreme, uzorak se rasprostire u plitku posudu, koja ne apsorbira vlagu iz tla i ne uzrokuje onečišćenje, u sloj ne deblji od 15 mm i suši na zraku čija temperatura ne prelazi 40°C. Temperatura sušenja u sušioniku (40°C) se preferira u odnosu na

sušenje prirodnim zrakom na sobnoj temperaturi, jer brže sušenje ograničava promjene izazvane uslijed mikrobiološke aktivnosti. Agregati većeg promjera od 15 mm mogu se usitnjavati već tijekom sušenja, kako bi ubrzali taj proces. Nakon sušenja i usitnjavanja, iz uzorka se odvajaju biljni ostaci i strana tijela. Uzorak se zatim prosijava na sitima promjera 2 mm, homogenizira, te se razdjeljivačem odvaja dio uzorka za analizu i dio (200 g) za arhivu.

Uzorci uzeti cilindrima, kao i oni uzeti radi analize pristupačnog dušika, do analize se čuvaju na temperaturi +4°C.

Svi uzorci uzeti u porušenom stanju (izuzev onih uzetih radi analize pristupačnog dušika) se arhiviraju i čuvaju u prostoriji za čuvanje uzoraka tla u razdoblju od šest godina nakon uzorkovanja.



# OBRAZAC ZA UZORKOVANJE POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-2

## - opći podaci o postaji motrenja -

--	--

### Identifikacijski broj postaje

<i>Vrijeme uzorkovanja</i>	
Datum	
Vrijeme	

<i>Podaci o uzorkivaču</i>	
Ime i prezime	
Institucija	
Telefon	

<i>Vremenski uvjeti</i>	
Trenutni vremenski uvjeti	
Prošli vremenski uvjeti	

<i>Podaci o vlasniku parcele</i>	
Naziv	
Adresa	
Mjesto	
Kontakt osoba	
Telefon	

<i>Gospodarenje tlom</i>	
Način korištenja	
Dominantne kulture	
Prinosi	
Način obrade	
Mineralna gnojidba	
Organska gnojidba	
Poboljšivači tla	
Zaštitna sredstva	

**OBRAZAC ZA UZORKOVANJE POSTAJA MOTRENJA POLJOPRIVREDNIH TALA P-2**  
 - površinska svojstva tla -

<i>Erozija</i>	
Priroda erozije	
Postotak površine	
Stupanj erozije	
Aktivnost erozije	

<i>Šijunkovitost</i>	
Postotak površine	
Promjer fragmenata	

<i>Površinske pukotine</i>	
Prosječna širina	
Maksimalna širina	
Prosječna međusobna udaljenost	

<i>Površinska iscvjetanja soli</i>	
Postotak površine	
Debljina sloja	
Vrsta soli	

<i>Izbljedjeli pijesak na površini</i>	
Postotak površine	

<i>Pokarica</i>	
Debljina	
Tvrdoća	

#### 4. Popis parametara za fizikalne, kemijske i biološke analize tla

Parametri predstavljaju svojstva tla, indikatore kakvoće, čijim se promatranjem i mjerenjem u prostoru i vremenu kvantificiraju određene prijetnje prema tlu i njegovim funkcijama.

Prijetnje prema tlu su složene i premda nejednako rasprostranjene, prisutne su na širem području europskog kontinenta. Zbog jednostavnosti predstavljaju se odvojeno, a u stvarnosti su međusobno povezane. Kada više prijetnji djeluje istovremeno, njihov učinak se povećava. U konačnici, ako se ne spriječe mogu dovesti do degradacije tla.

Za svaku prijetnju mjere se određeni specifični parametri tla:

- Smanjenje organske tvari i biološke raznolikosti – ukupan sadržaj ugljika, ukupan sadržaj organskog dušika, C:N odnos, volumna gustoća tla
- Erozija tla – volumna gustoća tla, gustoća čvrste faze, ukupna poroznost, propusnost tla za vodu, sadržaj ukupnog i organskog ugljika
- Onečišćenje tla – ukupan sadržaj teških metala i potencijalno toksičnih elemenata - Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, Zn
- Zbijenost tla – volumna gustoća tla, mehanički sastav, kapacitet tla za zrak, kapacitet tla za vodu, struktura, propusnost tla za vodu, sadržaj organske tvari
- Zasljanjivanje tla – pH, EC, sadržaj soli, kationski izmjenjivački kompleks, zamjenjivi kationi, propusnost tla za vodu, vododržnost – pF, kapacitet tla za vodu, kemijski sastav podzemne vode, sadržaj organske tvari
- Klizišta – mehanički sastav, struktura, propusnost tla za vodu

Parametri navedeni u tablicama 4.1., 4.2. i 4.3. ispituju se na svim postajama motrenja prve godine motrenja, te svake treće, odnosno šeste godine (osim analize podzemne vode koja se obavlja samo na postajama prve razine, svake godine). Posebno su označeni parametri koji se prate isključivo prve godine (i svake 24) motrenja (pri otvaranju profila), te dubine na kojima se prate ostali parametri pri uzorkovanju pojedinačnih točaka.

U slučaju ekstremnih razlika u rezultatima motrenja određenog procesa (velike prostorne varijabilnosti) jedne postaje motrenja, broj uzoraka na površini postaje se povećava na način da svaka točka čini jedan uzorak, te se povećava broj parametara kojima se prati proces. Potreba povećanja broja uzoraka i vrste dodanih parametara procjenjuju se zasebno za svaki takav ekstreman slučaj prilikom njegove pojave.

**4.1. Fizikalne analize, ISO norme i metode korištene u RH, razine uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja (P1 – postaje 1. razine, P2 – postaje 2. razine, T – točke, 1/24 – zasnivanje i svake 24 godine, 3 – svake 3 godine, 6 – svakih 6 godina)**

Parametri	Metode korištene u RH	ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
Mehanički sastav tla	Internacionalna A i B metoda*	HRN ISO 11277:2004	P1, P2	*			Svi slojevi
Volumna gustoća tla	Cilindri po Kopeckom*	HRN ISO 11272:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Maksimalni kapacitet tla za vodu, pF 0	Po Kopeckom – gravimetrijski*	HRN ISO 11274:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Kapacitet tla za vodu, pF 2,5	Tlačni ekstraktor*	HRN ISO 11274:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Točka venuća, pF 4,2	Tlačna membrana*	HRN ISO 11274:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Fiziološki aktivna i lakopristupačna voda,	Tlačni ekstraktor*	HRN ISO 11274:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Gustoća čvrstih čestica i ukupna poroznost	Piknometar, obračun*	HRN ISO 11508:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Retencijski kapacitet tla za vodu	Po Kopeckom – gravimetrijski*	HRN ISO 11465:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Kapacitet tla za zrak	Obračun*	HRN ISO 11465:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Propusnost tla za vodu	Serijsko određivanje – laboratorij*	HRN ISO 17313:2004	P1, P2	*			Ekološka dubina
Stabilnost strukturnih agregata	U vodi, obračun*		P1, P2	*			Ekološka dubina
Zbijenost tla	Penetrometar*		P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina

\* Prema Priručniku za pedološka istraživanja (Škorić, 1986.)

**4.2. Kemijske analize, ISO norme i metode korištene u RH, razine uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja (P1 – postaje 1. razine, P2 – postaje 2. razine, T – točke, 1/24 – zasnivanje i svake 24 godine, 3 – svake 3 godine, 6 – svakih 6 godina)**

Parametri	Metode korištene u RH	ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
pH u H <sub>2</sub> O i 1N KCl (CaCl <sub>2</sub> )	Elektrometrijsko određivanje*	HRN ISO 10390:2005	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Sadržaj CaCO <sub>3</sub>	Scheiblerov kalcimetar – volumetrijsko određivanje*	HRN ISO 10693:2004	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Hidrolitska kiselost, y1	Modificirana metoda po Kappenu*	ISO 14254: 2001	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
CEC (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> )	Amon-acetat metoda (pH=7)	HRN ISO 11260:2005 HRN ISO 13536:2005	P1, P2, T	*		*	Ekološka dubina
Sadržaj organske tvari	Bikromatna metoda, Određivanje po Tjurinu* Određivanje po Walkley-Blacku	HRN ISO 10694:2004	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
Ukupni N	Modificirana metoda po Kjeldahlu*, CHNS uređaj	HRN ISO 11261:2004	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Metoda s granulama cinka	HRN ISO 14255:2004	P1, P2, T	*	*		Svi slojevi
Pristupačna hraniva u tlu: P, K, Fe, Cu, Zn, S, Mn	AL-metode*, Metoda po Olsenu, Metoda po Trougu, DTPA, EDTA	HRN ISO 14870:2001 ISO 11263:1994	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj
Teški metali i potencijalno toksični elementi: Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Sr, Zn, ukupni i pristupačni	Ekstrakcija u zlatotopci i određivanje na AAS, Modificirana metoda po Lakanen-Erviou, DTPA, EDTA	HRN ISO 11047:2004 HRN ISO 11466:2004 HRN ISO 14870:2001	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj
EC - konduktivitet	Elektrometrijsko određivanje	HRN ISO 11265:2004	P1, P2, T	*		*	Svi slojevi
Parametri	Metode korištene u RH	ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja

Kemijski sastav podzemne vode na dubini do 2 m (pH, EC, Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>3-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	HRN ISO 10523:1998 HRN ISO 7888:2001 HRN ISO 10304-1:1998 HRN ISO 14911:2001	HRN ISO 10523:1998 HRN ISO 7888:2001 HRN ISO 10304-1:1998 HRN ISO 14911:2001	P1	*	*		Ekološka dubina
Ostaci pesticida		ISO 11264:2005 ISO 18287:2006	P1, P2, T	*	*		Oranični sloj

\* Prema Priručniku za pedološka istraživanja (Škorić, 1986.)

### 4.3. Biološke analize, ISO norme i metode korištene u RH, razine uzorkovanja, učestalost i dubina mjerenja (P1 – postaje 1. razine, P2 – postaje 2. razine, T – točke, 1/24 – zasnivanje i svake 24 godine, 3 – svake 3 godine, 6 – svakih 6 godina)

Parametri	Metode korištene u RH	ISO norma	Razina	1/24	3	6	Dubina mjerenja
Celulolitička aktivnost - celuloza test	Ne radi se	ISO/CD 23753-1-2	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
Aktivnost dehidrogenaze	Ne radi se	ISO 23753-1-2:2005	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina
CO <sub>2</sub> produkcija	Ne radi se	ISO 14240-1:1997	P1, P2, T	*	*		Ekološka dubina

Prilog 1a. ovog dokumenta sadrži popis međunarodnih normi planiranih fizikalnih, kemijskih i bioloških analiza i njihova područja primjene.

Prilog 1b. sadrži popis svih ostalih međunarodnih normi o kakvoći tla.

## 5. Osiguranje kvalitete podataka i ustroj baze podataka o postajama motrenja

### 5.1. Kvaliteta podataka

Radi osiguravanja kvalitete podataka dobivenih trajnim motrenjem poljoprivrednih tala, nužna je uspostava funkcionalne financijske i provedbene organizacije trajnog motrenja u koju trebaju biti uključene relevantne znanstvene i javne ustanove.

Osiguravanje kvalitete podataka sastoji se od dvije aktivnosti:

1. Kontrola kvalitete
2. Procjena kvalitete

Kontrolu kvalitete čini niz aktivnosti koji osiguravaju podatke pouzdane kvalitete uvjetovane definiranim normama.

Pretpostavke kontrole kvalitete:

- Odgovornost i educiranost osoblja za specifičnosti poslova Programa trajnog motrenja tala. Poslove zasnivanja postaja, njihova opisa, uzorkovanja, analize uzoraka, analize i obrade podataka i izvješćivanja mogu obavljati samo stručne osobe dodatno educirane za specifičnosti navedenih poslova. Laboratoriji za obavljanje kemijskih, fizikalnih i bioloških analiza tla i vode moraju biti akreditirani prema normi ISO 17025 i osposobljeni za obavljanje navedenih metoda prema normama i postupcima određenim u Programu.
- Opremljenost odgovornih ustanova uređajima i opremom nužnima za provedbu Programa
- Standardni radni postupci – razvijaju se unutar Programa s ciljem postizanja ujednačenog načina provedbe postupaka koji daju pouzdane podatke
- Validacija – dokazivanje prikladnosti postupka za namijenjenu svrhu
- Obuka i uvežbavanje radnih operacija i neprekidno napredovanje osoblja u vidu doškolanja, pohađanja tečajeva i praćenja stručne literature
- Inspekcija radnih operacija sprečava iskazivanje podataka upitne kvalitete
- Sigurnost rada – postiže se javnim oglašavanjem radnih pravila i uputstava o pružanju prve pomoći i njihovim strogim pridržavanjem
- Pravovremena dokumentacija o uvjetima radnih operacija, te njeno sigurno pohranjivanje

Procjena kvalitete osigurava da točnost podataka bude usporediva sa zahtjevanom razinom točnosti. Njena provedba omogućuje donošenje odluka o prihvaćanju ili odbijanju podataka.

Unutarnja procjena kvalitete usmjerena je prije svega na ocjenu rada osoblja i čine je:

- Primjena referencijskog materijala ili drugih kontrolnih uzoraka

- Terenska i laboratorijska ponavljanja istog procesa, istom metodom i opremom koje obavlja isti uzorkivač/analitičar unutar kratkog vremena
- Primjena nezavisnog mjerenja, zamjena opreme radi određivanja sustavne pogreške
- Uporaba kontrolnih dijagrama i statističkih tehnika kojima se brzo otkriva je li proces u stanju statističke kontrole
- Stalan nadzor osoblja kontrolnim postupcima

Vanjska procjena kvalitete usmjerena je ocjeni pogodnosti metodologije u postojećim radnim uvjetima. Temelj vanjske procjene kvalitete su međulaboratorijska ispitivanja u kojima skupine laboratorija analiziraju jedan ili više identičnih dijelova ispitnog uzorka. Rezultati se nakon statističke obrade objedinjavaju u zajednički izvještaj.

## 5.2. Ustroj baze podataka o postajama motrenja

Bazu podataka o postajama motrenja tehnički izgrađuje kompetentna informatička ustanova na temelju uputstava voditelja Programa trajnog motrenja.

Baza zadovoljava slijedeće kriterije:

- mogućnost prihvata svih informacija o postajama tijekom dugog niza godina
- mogućnost širenja, kako količine, tako i novih vrsta podataka
- preglednost i laka dostupnost (on-line) korisnicima i osoblju koje unosi podatke
- jednostavna implementacija u bazu podataka o motrenju okoliša i Hrvatski informacijski sustav tala

Okvir baze podataka za identifikaciju rizičnih područja tla razvrstan je prema prijetnjama tlu. Tri su karakteristična pristupa:

1. **Kvalitativni pristup** temeljen na ekspertnim znanjima
2. **Kvantitativni pristup** temeljen na mjernim podacima motrenja
3. **Modeliranje** predviđa širenje degradacije tla uzimajući u obzir stanje čimbenika (svojstva tla i klima) i gospodarenje tlom

Prema Okvirnoj direktivi za zaštitu tla COM(2006) 232, bazu podataka čine parametri koji opisuju prijetnje prema tlu (smanjenje organske tvari, erozija, zbijenost, zaslanjivanje i klizišta), kako bi se predvidjele i spriječile degradacije tla. Preostale tri prijetnje (onečišćenje, prenamjena, smanjenje biološke raznolikosti) zbog svojih specifičnosti zahtijevaju zaseban pristup pri određivanju parametara i zasebne strategije sanacije.



## Smanjenje organske tvari

Skup elemenata	Izvor podataka / vrsta informacije
Pedosistematska jedinica STU	europska / nacionalna baza podataka o tlu
Mehanički sastav tla / sadržaj gline	standardna analiza mehaničkog sastava, teksturna klasa prema važećoj klasifikaciji
Organski ugljik tla (ukupni ugljik i humus)	suho spaljivanje, [g/kg]
Organski ugljik tla (zalihe)	[kg/m <sup>2</sup> ], [t/ha]; - udio kamena, volumna gustoća tla
Klima	godišnji prosjek oborina i temperatura
Reljef	digitalni model reljefa (DEM)
Pokrovnost	CORINE land cover, LUCAS SSU
Način korištenja (gospodarenje tlom, način obrade)	Zavod za statistiku

## Erozija tla

Skup elemenata	Izvor podataka / vrsta informacije
Pedosistematska jedinica STU	europska / nacionalna baza podataka o tlu
Mehanički sastav tla	sadržaj pijeska, praha i gline
Gustoća tla, hidraulična svojstva	volumna gustoća tla, gustoća pakovanja, vododržnost – poljski vodni kapacitet i točka venuća
Reljef	stupanj i dužina nagiba
Pokrovnost	tip pokrovnosti
Način korištenja	način korištenja, poljoprivredna statistika
Klima	kiša, snijeg, broj kišnih dana, oluje, PET, temperatura
Hidrološki uvjeti	uzorkovanje voda, digitalni model reljefa
Agroekološka područja	tlo, klima i krajolik

## Zbijenost tla

Skup elemenata	Izvor podataka / vrsta informacije
Pedosistematska jedinica STU	nacionalna baza podataka o tlu
Mehanički sastav površinskog i podpovršinskog horizonta	teksturna klasa, sadržaj praha, gline i pijeska
Volumna gustoća površinskog i podpovršinskog horizonta	volumna gustoća tla, vododržnost, struktura, propusnost tla za vodu, kapacitet tla za zrak
Organska tvar tla	sadržaj organske tvari u tlu
Klima	oborine, potencijalna evapotranspiracija (PET)
Pokrovnost	lociranje poljoprivrednih područja, CORINE land cover
Način korištenja (gospodarenje tлом, način obrade)	statistička baza podataka o poljoprivredi: vrsta usjeva, vrsta poljoprivrednog sustava
Reljef	digitalni model reljefa (DEM)

## Zaslanjivanje tla

Skup elemenata	Izvor podataka/ vrsta informacije
Pedosistematska jedinica STU	europska / nacionalna baza podataka o tlu
Mehanički sastav	teksturna klasa, sadržaj pijeska, praha i gline
Kemijska svojstva tla	sadržaj soli, distribucija u profilu, pH, CEC, postotak zamjenjivog natrija (ESP)
Hidraulička svojstva tla	infiltracija, propusnost tla, vododržnost (pF krivulja, maksimalni kapacitet tla za vodu, poljski vodni kapacitet, fiziološki aktivna vlaga), vertikalna i horizontalna propusnost
Navodnjavana područja, kemijska svojstva vode za navodnjavanje i tip sustava za navodnjavanje	obrok navodnjavanja, intenzitet navodnjavanja, sadržaj soli, sodna i alkalna zaslanjenost, koeficijent adsorpcije natrija SAR vode za navodnjavanje
Informacije o podzemnoj vodi	dubina, sadržaj soli, sodna i alkalna zaslanjenost
Klima	oborine, potencijalna evapotranspiracija (PET)

## Klizišta

Skup elemenata	Izvor podataka/ vrsta informacije
Svojstva tla, STU	mehanički sastav, struktura, propusnost
Nalazišta / gustoća i postojanje klizišta	statistika
Stjenovitost	priroda materijala, prisutnost pukotina i pora
Reljef, nagib	klase: 0-10°; 10°-30°; >30°
Pokrovnost	CORINE land cover
Način korištenja	Infrastruktura, gustoća obradivih površina, pritisci
Klima	vjerojatnost pojava velikih količina oborina
Rizik od potresa	statistika

## 6. Zaključak

Pokretanje Programa za trajno motrenje poljoprivrednih tala osnivanjem postaja za motrenje i praćenjem fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara, omogućit će pravovremeno zapažanje promjena negativnih utjecaja na tlo i prognozu njihova daljnjeg razvoja, te učinkovitu prevenciju degradacije tala i izradu strategija remedijacija.

Stvaranje baze podataka o degradaciji hrvatskih tala i njena implementacija u cjeloviti sustav motrenja okoliša pomoći će donošenju političkih odluka s ciljem učinkovite zaštite prirodnih resursa Hrvatske.

Koncept održivog razvoja poljoprivrede nezamisliv je bez stalnog priljeva podataka o svojstvima tala pojedinih poljoprivrednih podregija.

Ispitivanje parametara tla omogućit će identifikaciju rizičnih područja s obzirom na prijetnje prema tlu navedene u Okvirnoj direktivi (prijedlog Europske komisije, rujan 2006.). S obzirom da se Republika Hrvatska nalazi se u fazi prilagođavanja svog zakonodavstva s onim Europske Unije, nužna je što skorija uspostava učinkovitog Programa trajnog motrenja tala Hrvatske.

## 7. Literatura

- Bašić, F., Bogunović, M., Božić, M., Husnjak, S., Jurić, I., Kisić, I., Mesić, M., Mirošević, N., Romić, D., Žugec, I. 2001., Regionalizacija hrvatske poljoprivrede. Zagreb.
- Bašić, F., Butorac, A., Vidaček, Ž., Racz, Z., Ostojčić, Z., Bertić, B. 1993., Program zaštite tala Hrvatske. Zagreb.
- Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M., Bensa, A. 2002., Hrvatska digitalna banka podataka za tlo i zemljište Crosofer, I. faza. Zagreb.
- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carre, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M. & Zupan, M. 2006., Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Jones, R., Houšková, B., Bullock, P., Montanarella, L. 2005., Soil Resources of Europe. JRC Ispra.
- Kaštelan-Macan, M. 2003., Kemijska analiza u sustavu kvalitete. Školska knjiga, Zagreb.
- Škorić, A. 1986., Postanak, razvoj i sistematika tla. Zagreb.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. 1985., Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Sarajevo.
- Huber, S., A. Freudenshuss & U. Stark, 2001: European soil monitoring and assesment framework. EEA, Copenhagen.
- xxx, 1995., Soil Conservation and Monitoring System. Vol. 1. Ministry of Agriculture, Budapest.
- xxx, 2002., Field Book for Describing and Sampling Soil. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington.
- xxx, 2002., Soil monitoring of Slovak Republic – Present state and development of monitored soil properties 1997-2001. SSCRI, Bratislava.
- xxx, 2004., Parameters, indicators and harmonization, Draft Final Report. European Commission, Working Group on Monitoring, Bruxelles.
- xxx, 2006., Guidelines for soil description, Fourth edition. FAO, Rome.
- xxx, 2006., World reference base for soil resources 2006. IUSS Working Group WRB, Rome.
- xxx, 2006., COM(2006) 232 final 2006/0086 (COD) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a Framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. Commission of the European Communities, Brussels.
- xxx, 2006., Soil Atlas of Europe. European Commission, DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra.
- xxx, ISO norme koje se odnose na opis profila tla, uzorkovanje, transport, pohranu i analizu uzoraka tla.



Projekt:

# Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom

(LIFE05 TCY/CRO/000105)

Projektni zadatak:

**Zadatak ID2, aktivnost 2.2.**

**“Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske”**

Izradili:

**Nikola Pernar<sup>1</sup>**

**Boris Vrbek<sup>2</sup>**

**Darko Bakšić<sup>1</sup>**

**Ivan Pilaš<sup>2</sup>**

1 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

2 Šumarski institut Jastrebarsko

Za autore:

**izv. prof. dr. sc. N. Pernar**

Naručitelj: **Agencija za zaštitu okoliša, Trg maršala Tita 8, Zagreb**

Partner: **Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu**

Zagreb, studeni 2006. godine





## Kazalo:

1. Uvod i opis problema .....	56
2. Kriteriji za izbor lokacija za motrenje šumskog tla .....	59
2.1. Izbor točke (plohe, postaje) unutar postojeće mreže 16 X 16 km.....	59
2.2. Izbor načina zemljopisnog lociranja i označavanja izabrane lokacije na terenu.....	59
2.3. Informacija o postaji .....	61
2.4. Ostali podaci važni za motrenje .....	62
3. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja šumskog tla .....	63
3.1. Pedološki profil.....	63
3.2. Uzorkovanje tla na postaji motrenja.....	68
3.3. Vrijeme i dinamika uzorkovanja.....	69
3.4. Ostali podaci važni za motrenje .....	69
4. Popis metoda za fizikalne, kemijske i biološke metode analize tla.....	70
4.1. Fizikalne metode.....	70
4.1.1. Jednokratna analiza pojedinačnih uzoraka tla iz profila .....	70
4.1.2. Analiza kompozitnih uzoraka organskog materijala iz O- podhorizonta – motrenje .....	70
4.1.3. Jednokratna analiza kompozitnih uzoraka tla iz dubina 0-10 i 10-20 cm .....	70
4.2. Kemijske metode .....	70
4.2.1. Jednokratna analiza pojedinačnih uzoraka tla iz profila .....	70
4.2.2. Analiza kompozitnih uzoraka organskog materijala iz O- podhorizonta – motrenje .....	71
4.2.3. Analiza kompozitnih uzoraka tla iz dubina 0-10 i 10-20 cm – motrenje .....	71
4.3. Biološke metode.....	71
5. Prikaz rezultata analiza .....	72
6. Osiguranje kakvoće podataka i ustroj baze podataka o tlu – podaci iz motrenja .....	76
6.1. Kontrola i kakvoća podataka.....	76
6.2. Baza podataka iz programa motrenja tla.....	78
7. Vremenski okvir i dinamika za prikupljanje i širenje podataka .....	79
8. Zaključak.....	80
9. Literatura .....	81

## 1. Uvod i opis problema

Motrenje parametara tla šumskih ekosustava u Europskim zemljama svoje začetke nalazi u prvim kartiranjima i inventuri šumskih resursa. Pojavom masovnih sušenja šuma, poglavito kultura četinjača u srednjoj Europi, u više zemalja pokrenuti su znanstvenoistraživački projekti s ciljem sustavnog istraživanja i detektiranja uzroka takvoj pojavi. Istraživanja su najintezivnije provedena u 70-im i 80-im godinama, a jedan od poznatijih projekata je «SOLING» projekt. Ovo su bila istraživanja longitudinalnog karaktera i u sebi su uključivala i motrenje tla. Pokazalo se kako se u određenom vremenskom razdoblju površinski dio tla zakiseljava te onečišćuje štetnim tvarima zračnim putem. Takva pojava nazvana je aeropolucijom i označena je kao jedan od glavnih uzroka masovnog sušenja stabala i smanjenja vitalnosti šumskih ekosustava. Temeljem podataka inventura šuma, nacionalnih inventura tla i spomenutih znanstvenih projekata pojedine zemlje pokrenule su projekte motrenja stanja šuma na nacionalnoj razini, pri čemu se provodi i motrenje tla. Osnovni nedostatak ovih projekata je neujednačenost kriterija odabira lokaliteta za motrenje, parametara, metoda mjerenja te intenziteta motrenja. Može se ustvrditi da je samo nekoliko primjera u Europi potpuno operativnih sustava koji u sebi uključuju motrenje tla. Može se istaknuti motrenje koje provodi u Njemačkoj savezna agencija za okoliš, na sveukupno 624 stajališta te motrenje oštećenosti šuma koje se u Austriji provodi na 514 ploha. Oba ova sustava modificirala su i ujednačila metodologiju te su harmonizirana s ICP Forests programom.

Prvo sustavno motrenje tla šumskih ekosustava na razini Europske Unije uspostavljeno je u okviru ICP Forests programa. Danas se ovaj monitoring uspješno provodi u gotovo svim europskim zemljama, prema ujednačenim, standardiziranim načelima, ali s vrlo različitim intenzitetom. Motrenje šumskog tla u Europi temelji se zapravo na UN/ECE konvenciji o dalekosežnom prekograničnom zagađenju zraka (CLRTAP)<sup>1</sup> putem programa ICP Forests<sup>2</sup>, utemeljenog 1985. Godinu dana kasnije Europska Unija usvojila je nacrt programa zaštite šuma od atmosferskog zagađenja i putem uredbe Vijeća (EEZ) br. 3528/86 postavila zakonski okvir za financiranje takvog programa. Kasnijim uredbama Komisije (EZ): 1696/87, 926/93, 1091/94, 1390/97, 1545/99 donesena su precizna pravila za primjenu Uredbe iz 1986. god. Uredbom 2152/03, usvojenom od strane Europskog parlamenta i Vijeća Europske Unije u 2003. god. donesene su izmjene ranijih uredbi glede financiranja Programa.

Uporište za pokretanje ovog programa bili su rezultati istraživačkih projekata koji su upućivali na povezanost propadanja šuma s aeropolucijom.

Danas 38 europskih zemalja te USA i Kanada primjenjuju programe koji se temelje na harmoniziranim metodama definiranim ICP Forests priručnicima. Radi se o protokolima za monitoring pojedinih skupina parametara, koji se neprekidno ažuriraju i usklađuju s najnovijim standardima i znanstvenim spoznajama.

Godine 1986. uspostavljena je europska mreža točaka 16 x 16 km, na kojoj se od početka temelji okosnica motrenja. U okviru provedbe ovog programa preporuka je da se na razini I u Europi koristi mreža 16 x 16 km, a alternativa je 32 x 32 km ili 16 x 32 km u borealnom području (opcijski se može raditi i na gušćoj mreži). Program se postupično sve više intenzivirao i širio na nove zemlje, da bi 1994 bila ustrojena nova razina motrenja. Od tada egzistira tzv. razina I i razina II. Razina II je opcija intenzivnog motrenja na trajnim pokusnim ploham, po strogo određenim kriterijima njihova osnivanja, kakvih u Europi ima 860. Ove plohe postavljene su tako da

<sup>1</sup> Convention on Longrange Transboundary Air Pollution

<sup>2</sup> International Co-operative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests

predstavljaju većinu šumskih ekosustava, slijedeći preporuke Programa. Na njima se prate brojni stanišni parametri, od stanja krošnje, atmosferske depozicije, fenoloških opažanja, prizemne vegetacije, meteoroloških mjerenja, prirasta drvne mase, sve do otopine tla i čvrste faze tla.

Naša zemlja uključena je u ovaj program od njegova pokretanja. Što se tiče praćenja parametara tla, ono se kod nas ne provodi na navedenoj mreži (bioindikacijske točke). Na svakoj točki određena je samo taksonomska pripadnost tla, a redovito se tijekom godine provode fenološka i druga opažanja stanja drveća. Uzrok varijabilnosti intenziteta motrenja u okviru ovog programa su izvori financiranja. Zemlje koje nisu bile članice EU bile su upućene isključivo na vlastita sredstva. U Hrvatskoj ovo motrenje u potpunosti financira poduzeće Hrvatske šume. Slični problemi su i u nekim drugim zemljama, tako da su u motrenje bili uključeni prvenstveno parametri čije je pridobivanje najjeftinije i operativno izvedivo u navedenoj mreži. Monitoring na razini II u Hrvatskoj se za sada provodi na 4 plohe (Medvednica, Jaska, Lividraga, Zavižan). Na ovim plohamo motrenje otopine tla (lizimetrija) provodilo se jednom mjesečno, a čvrste faze tla jednom na 10 godina.

Na koncu ovog uvodnog prikaza može se ustvrditi da u Hrvatskoj ne postoji sustavno motrenje tla šumskih ekosustava. Postoji europski program motrenja šuma, koji bi trebao poslužiti kao dobro polazište za uspostavu motrenja tla.

U analizi uspostave najboljeg modela motrenja tla šumskih ekosustava u našoj zemlji treba svakako uzeti u obzir preporuke iz Izvješća radne skupine za motrenje, ustrojene u okviru tematske strategije zaštite tla Europske komisije (JRC – Joint Research Centre), IUS-a i ESB- a. Značajnije preporuke su da bi motrenje tla trebalo biti integralni dio motrenja okoliša, dakle trebalo bi biti harmonizirano s motrenjima i drugih sastavnica staništa, te da bi ga trebalo bazirati na postojećim prihvatljivim sustavima.

Preporuke EEA za ustroj monitoringa tla u Europi govore da bi informacija trebala pružiti uvid u trenutno stanje tla kao i interrelaciju sa širim okolišem. Isto tako preporuča se da se motrenje tla bazira na nekom postojećem motrenju, osobito glede lokacija. Pri tomu se navodi primjer ICP forest programa.

U okviru Plana pridruživanja Europskoj uniji za 2006. god. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva izradilo je prijedlog Pravilnika o načinu prikupljanja podataka, mreži točaka, vođenju registra te uvjetima korištenja podataka o oštećenosti šumskih ekosustava, koji je usklađen s odgovarajućom EU legislativom. S obzirom da je problematika ovog pravilnika u potpunosti razrađena ranije navedenim uredbama, i problematika motrenja stanja šumskog tla kakav se provodi u okviru ICP-a čini njegov sastavni dio. Ministarstvo je izradilo usporedni prikaz usklađenosti nacrtu Pravilnika s navedenom EU legislativom i uputilo ga u redovnu proceduru.

U okviru ICP- a svaka zemlja održava nacionalni fokalni centar (NFC). U Hrvatskoj je nacrtom Pravilnika kao NFC predviđen Šumarski institut u Jastrebarskom. Ista institucija je i u dosadašnjem razdoblju nereguliranog nacionalnog motrenja imala ulogu NFC-a.

Za potpunu primjenu programa brine Programaska koordinacijska skupina (PCG). Koordinacija programa, prikupljanje podataka, analiza, obrada i priprema izvješća povjereno je Programskom koordinacijskom centru (PCC). Prikupljanje i obrada podataka o tlu povjerena je Koordinacijskom centru za šumsko tlo (FSCC). Za harmonizaciju motrenja i razvijanje metoda zadužene su ekspertne skupine za pojedina područja. Najviše tijelo ICP Forests-a je upravni odbor (Task Force), komu predsjeda i organizira godišnje sastanke predsjednik.

Danas se motrenje u Europi na razini I provodi na oko 6000 točaka. Hrvatska ima definiranu mrežu točaka na ovoj razini (16x16 km).

S obzirom da u Hrvatskoj imamo parcijalno razvijen sustav motrenja šuma u okviru ICP-a držimo najboljim rješenjem harmonizirati motrenje parametara tla šumskih ekosustava s postojećim motrenjem. U prvom redu ovdje se misli na razinu I ICP-a. Ustroj motrenja na razini II je opcija u ICP-u koja izrazito varira u Europi te ovisi o mogućnostima pojedine zemlje. Zbog složenog i intenzivnog motrenja na razini II, za očekivati je da bi se u Hrvatskoj primjenom Pravilnika moglo osnovati svega nekoliko ploha na razini II, dok bi se motrenje na razini I moglo u potpunosti primijeniti. U tom smislu držimo znanstveno nužnim precizno definirati protokol motrenja i njegovo parcijalno intenziviranje.

## 2. Kriteriji za izbor lokacija za motrenje šumskog tla

### 2.1. Izbor točke (plohe, postaje) unutar postojeće mreže 16 X 16 km

Postaje Razine I smještene su na sjecištima kvadratične mreže stranice kvadrata 16 km koja se nadovezuje na europsku mrežu ploha Međunarodnog programa za procjenu i motrenje utjecaja zračnog onečišćenja na šume

Unutar takve mreže na području Hrvatske nalaze se 94 točke u šumskom ekosustavu. Najveći dio šuma u Hrvatskoj je u državnom vlasništvu i njima gospodari poduzeće Hrvatske šume. Relativno malo, vrlo fragmentirane šumske površine je u privatnom vlasništvu ili u vlasništvu pravnih osoba. One su redovito slabije izgospodarene i kroz povjest izložene gospodarskim utjecajima koje je danas teško ili nemoguće determinirati.

Na svim postajama prema definiranom protokolu provodit će se motrenje tla u 10-godišnjem ritmu.

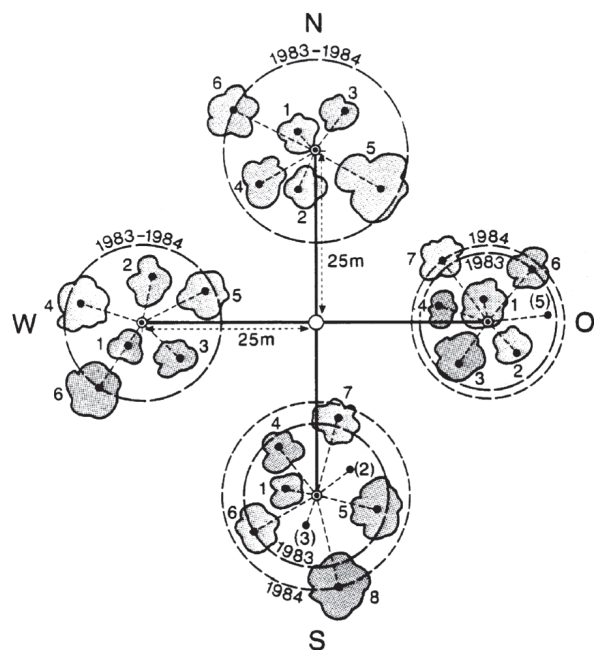
Unutar ove mreže, u skladu s ekološkim, gospodarskim, geografskim, pedogenetskim i pedofiziografskim značajkama izvršit će se selekcija točaka na kojima će se prema istom protokolu motrenje provoditi svakih 5 godina. Procjenjujemo da bi uz geografski ravnomjerni raspored, te uz obuhvaćenost svih značajnijih šumskih zajednica i WRB- grupa tala u Hrvatskoj bilo 25 – 35 točaka na kojima bi se ustrojilo ovo intenzivnije motrenje parametara tla šumskih ekosustava. Kriteriji za selekciju navedenih 25-35 postaja su:

- pojava masovnog sušenja stabala, odnosno njihovog fiziološkog slabljenja;
- veličina šumskog kompleksa;
- biljna zajednica (obuhvatit će se sve važnije biljne zajednice, ovisno o njihovom učešću u ukupnoj šumskoj površini);
- što ravnomjernija distribucija unutar primarne mreže – ICP, razina I.

### 2.2. Izbor načina zemljopisnog lociranja i označavanja izabrane lokacije na terenu

Pozicija točke (koordinate) na terenu određuje se GPS uređajem visoke preciznosti.

Pri osnivanju postaje koristi se križni sistem s 24 stabla po plohi: kroz sjecište koordinata povuku se dva međusobno okomita lanca u pravcima glavnih strana svijeta, dužine 25 metara, na čijim se krajevima obilježi šest najbližih stabala (predominantna, dominantna i kodominantna stabla) brojevima 1 do 24. Odumrla stabla registriraju se kao odumrla stabla i zamjenjuju kod iduće procjene krošanja (motrenje krošanja stabala u okviru ICP-a) najbližim stablom, bez obzira na vrstu. Prvo zamjensko stablo obilježava se brojem 31, sljedeće brojem 32 itd., (sl. 1).



**Slika 1.** Shema primjerne postaje motrenja s četiri skupine stabala

Oznake na selektirana stabla nanose se uljanom bojom, kako je predviđeno ICP protokolom. Za svaku postaju na početku motrenja izrađuje se shema (skica) koja se ažurira u skladu s promjenama na istoj. Skica se izrađuje u digitalnom obliku. Na istu se pri svakom uzorkovanju nanose pozicije točaka uzorkovanja.

### 2.3. Informacija o postaji

U okviru ICP-a podaci o lokacijama motrenja tla unose se u standardizirane terenske obrasce. Ovi obrasci su prilagođeni za razinu ICP-a, a za potrebe trajnog motrenja tla u Hrvatskoj koristit će se terenski obrasci za opis plohe (OBRAZAC POSTAJE<sup>3</sup>), opis profila (OBRAZAC PROFILA), te OBRASCI ANALIZA u kojima će se nakon svakog uzorkovanja najprije evidentirati uzorci, a kasnije će se upisati rezultati analiza.

#### OBRAZAC POSTAJE

Broj postaje (ICP)	Šifra zemlje (ICP)	Zemljopisna širina (DDMMSS)	Zemljopisna duljina (DDMMSS)	Uprava šuma (park ili sl.)	Gospodarska jedinica	Odjel	Odsjek

Broj postaje (ICP)	Nadmorska visina (m)	Izloženost (°)	Nagib (°)	Stjenovitost (%)	Kamenitost (%)	Fitocenološka pripadnost

Broj postaje (ICP)	Tlo (WRB)	Tlo (HR)	Matični supstrat (ICP-šifriranik)	Dostupnost vode (ICP-šifriranik)	Forma humusa	Datum uzorkovanja (DDMMYY)	Istraživač / tvrtka (institucija)	Ostala opažanja (radovi u sastojini, primjena pesticida itd.)

Ovi podaci bit će uneseni u startu motrenja i prema potrebi će se unositi, ovisno o ev. promjeni ili pojavi na terenu (npr. tretiranje šume pesticidima, sječe u sastojini itd.).

<sup>3</sup> Podaci o postaji nalaze se i u tablicama u koje se unose podaci u okviru integralnog ICP-a. To su tablice 1 i 26 predloženog Pravilnika. Kako u njima nedostaju određeni parametri koji su bitni za motrenje tla, ovdje je izrađen posebni obrazac.

## 2.4. Ostali podaci važni za motrenje

Uz obrazac postaje priložena je shema postaje, na kojoj se nalazi pozicija profila, točaka na kojima se obavlja uzorkovanje tla te pozicija stabala dominantne etaže. Isto tako u bazu podataka za svaku postaju pohranjuju se fotografije snimljene na postaji kod svakog uzorkovanja. Na svakoj postaji snima se 20 fotografija, to znači na svakoj točki pojedinačnog uzorkovanja po 4 fotografije, po jedna u pravcu glavnih strana svijeta. Fotografije dobivaju slijedeće oznake:

Oznake fotografija na mjernoj postaji					
Pravac snimanja (glavne strane svijeta)	Točka/položaj na postaji (središte gdje se registrira pozicija postaje – «centar» + 4 skupine stabala pozicioniranih od središta u pravcu glavnih strana svijeta – N, O, S, W)				
	Centar	N	O	S	W
N	ICPCNdatum	ICPNNdatum	ICPONdatum	ICPSNdatum	ICPWNdatum
O	ICPCOdatum	ICPNOdatum	ICPOOdatum	ICPSOdatum	ICPWOdatum
S	ICPCSdatum	ICPNSdatum	ICPOSdatum	ICPSSdatum	ICPWSdatum
W	ICPCWdatum	ICPNWdatum	ICPOWdatum	ICPSWdatum	ICPWWdatum



### 3. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja šumskih tala

#### 3.1. Pedološki profil

Opći pedološki opis postaje daje se na temelju obrade pedološkog profila opisanog u skladu s najnovijim FAO priručnikom za opis tla (OBRAZAC PROFILA). Tlo se klasificira u skladu s WRB klasifikacijom te u skladu s klasifikacijom koja se prakticira u Hrvatskoj. Pedološki profil se otvara na poziciji koja najbolje reprezentira datu lokaciju, vodeći pri tomu računa da se značajnije ne oštećuje korijenje drveća. Svi podaci pohranjuju se u bazu podataka plohe, a tu se prilažu i fotografije profila.

Profil dobiva oznaku postaje prema ICP-u, ispred koje se dodaje «ICP» (npr. ICP1). Na profilu se izrađuje mikromonolit. Na njemu se uzorkuje tlo po genetskim horizontima (valjci i uzorci u rastresitom stanju), za analizu kemijskih i fizičkih svojstava tla, u skladu s ISO normom 10381-2.

S uzorcima se dalje postupa u skladu s ISO normama 10381-3 te 10381-4. Nakon obrade profila isti je potrebno poravnati s iskopanim tlom.

Oznaka profila:				Istraživač:				Datum obrade:			
Horizonti		Donja granica horizonata		Topografija		Pojava (%)		Fragmenti stijena		Vrsta	
Broj	Oznaka	Oznaka cilindra	Dubina	Jasnoća	Topografija	Pojava (%)	Promjer (mm)	Oblik	Trošenje	Vrsta	
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
8.											

Broj	Tekstura sitnice	Razgradnja i humifikacija bijelih ostataka	Boja tla		Mazotine						
			Suho stanje	Vlažno stanje	Pojava (%)	Veličina (mm)	Boja	Kontrast	Granica		
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
8.											

Broj	Redox-potencijal (rH)	Redukcijski uvjeti u tlu	Lakotopive soli (%)	pH vrijednost tla	Organska tvar (%)	Karbonati		Gips	
						Sadržaj (%)	Forma	Sadržaj (%)	Forma
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

Broj	Stanje vlage	Volumna gustoća	Struktura tla			Konzistencija tla			
			Stupanj	Tip	Veličina agregata	Suho stanje	Vlažno stanje	Ljepljivost	Plastičnost
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

Broj	Porozitet (%)	Pore				Korijenje			Ostala biološka svojstva	
		Tip	Promjer	Broj < 2mm/dm <sup>2</sup>	Broj > 2mm/dm <sup>2</sup>	Promjer	Broj < 2mm/dm <sup>2</sup>	Broj > 2mm/dm <sup>2</sup>	Količina	Vrsta
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										
8.										

Broj	Prevlake				Cementacija/Zbijenost				
	Pojava (%)	Kontrast	Tip	Oblik	Lokacija	Stupanj	Kontinuitet	Struktura sloja	Priroda sloja
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									
8.									

Broj	Koncentracije minerala						
	Pojava (%)	Tip	Oblik	Veličina (mm)	Tvrdoća	Priroda	Boja
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							

Broj	Miris tla	Materijali prenešeni čovjekom	Artefakti					
			Pojava (%)	Vrsta	Veličina (mm)	Tvrdoća	Trošenje	Boja
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								

### 3.2. Uzorkovanje tla na postaji motrenja

Uzorkovanje na postajama trajnog motrenja odnosi se na uzorkovanje organskog sloja na površini tla te mineralnog sloja tla.

Uzorci se formiraju kao kompozitni uzorci iz 5 pojedinačnih. Pojedinačni uzorci organskog i mineralnog sloja uzimaju se na istim točkama, čiji se položaj mijenja kod svakog novog uzorkovanja. 5 točaka za uzorkovanje raspoređeno je na postaji motrenja tako da reprezentiraju cjelokupnu postaju. Po jedna točka nalazi se u svakoj skupini od 6 obilježenih stabala, a peta u središnjem dijelu postaje. Točke uzorkovanja nalaze se u vanjskoj trećini projekcije krošnje predominantnog, dominantnog ili kodominantnog stabla, a ako se radi o mlađim razvojnim stadijima jednodobnih sastojina onda između mladih dominantnih stabala. Kod svakog novog uzorkovanja određuje se novi položaj točaka i ucrtava u skicu plohe, vodeći pri tomu računa da se uzorkovanje na istoj točki ne desi u idućih 25 godina.

Na svakoj točki najprije se uzorkuje organski sloj na površini kvadratnog oblika sa stranećom od 25 cm. Podhorizonti O- i H- horizonata (L, F i H) uzorkuju se zasebno. Izuzetno, ako je H- podhorizont tanji od 1 cm onda se F- i H- podhorizonti uzorkuju zajedno kao OFH, odnosno HFH. Kod uzorkovanja se mora paziti da se organski materijal ne kontaminira s mineralnim česticama. Ukoliko se to desi mora se obaviti uzorkovanje na novoj točki. Ukoliko se samo na nekim točkama postaje može zasebno izdvojiti F- i H- podhorizonte, formira se jedinstveni kompozitni uzorak (OFH ili HFH). Homogenizirani kompozitni uzorci spremaju se u vrećice s oznakom postaje, oznakom podhorizonta te datumom uzorkovanja, npr. 1, OL, 24.06.2010. Uzorci O ili H- horizonata važu se na terenu neposredno nakon uzorkovanja

Mineralno tlo uzorkuje se iz dvije dubine na istim točkama (plohicama) na kojima se uzorkovao organski horizont. Uzorkuje se sondom iz sloja 0-10 cm te iz sloja 10-20 cm. Sonda ima unutarnji promjer > ili = 8 cm. Svih 5 poduzoraka trebaju biti istog volumena osim u slučaju variranja limitirajuće dubine tla. U slučaju da skeletnost tla onemogućuje uzorkovanje sondom, ono se može obaviti i odgovarajućom lopaticom. Na svakoj plohici se uzorkuje tlo 0-10 cm, te neposredno pored prethodne sonde na istoj plohici tlo 10-20 cm. Po 5 uzoraka (prikupljeno na svih 5 točaka) homogenizira se u kompozitni uzorak, tako da se na postaji motrenja dobiju dva kompozitna uzorka mineralnog tla. Ovi uzorci iz mineralnih slojeva dobivaju oznaku u vidu slova «M» (mineralno) te 01 (0-10 cm), odnosno 12 (10-20 cm). Uzorci se pohranjuju u vrećice s oznakom plohe, oznakom sloja te datumom uzorkovanja, npr. 1, M01, 24.06.2010. U posebnu posudu uzima se kompozitni uzorak za određivanje trenutne vlažnosti (u laboratoriju).

Pri prvom uzorkovanju u motrenju tla na najmanje 3 točke, iz sredine mineralnih slojeva potrebno je uzeti uzorke pomoću valjka volumena 100 cm<sup>3</sup>. S uzorcima se dalje postupa u skladu s ISO normama 10381-3 te 10381-4.

Nakon obavljenog uzorkovanja potrebno je poravnati tlo na plohici pomoću viška tla sa iste plohice.

Čuvanje i transport uzoraka tla mora biti takav kako bi se sprijećile kemijske promjene u uzorku. Ako se to dogodi, potrebno je priložiti opis uzroka dugotrajnog ili neprikladnog transporta pa se priloži uz izvješće.

Uzorci se čuvaju u arhivu uzoraka najmanje 10 godina.

### **3.3. Vrijeme i dinamika uzorkovanja**

Uzorkovanje se obavlja u sušno doba godine, tj između 15.07 i 15.09. Prvo uzorkovanje bi trebalo provesti 2010. godine, a tijekom 2008. i 2009. pripremiti postaje i obraditi profile. Uzorkovanje po slojevima na postajama obavlja se svakih 10 godina, a na dodatno selektiranim postajama (25-35) svakih 5 godina.

### **3.4. Ostali podaci važni za motrenje**

Svi podaci o staništu (fitocenološka pripadnost, stjenovitost, kamenitost, reljef, matični supstrat itd.) unosit će se u «Obrazac postaje». Ovi podaci bit će uneseni u startu motrenja i prema potrebi će se unositi, ovisno o ev. promjeni ili pojavi na terenu (npr. tretiranje šume pesticidima, sječe u sastojini itd.). Uz obrazac postaje priložena je shema postaje.

## 4. Popis metoda za fizikalne, kemijske i biološke metode analize tla

### 4.1. Fizikalne metode

#### 4.1.1. Jednokratna analiza pojedinačnih uzoraka tla iz profila

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda <sup>4</sup>
Granulometrijski sastav	11277	Internacionalna A + pipetiranje
Gustoća tla	11272	
Skeletnost	11272	Terenska procjena

#### 4.1.2. Analiza kompozitnih uzoraka organskog materijala iz O- podhorizonta – motrenje

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda
Količina suhe tvari	11465	Sušenje na 50°C do konstantne mase

#### 4.1.3. Jednokratna analiza kompozitnih uzoraka tla iz dubina 0-10 i 10-20 cm

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda
Granulometrijski sastav	11277	Internacionalna A + pipetiranje
Gustoća tla	11272	
Skeletnost	11272	

### 4.2. Kemijske metode

#### 4.2.1. Jednokratna analiza pojedinačnih uzoraka tla iz profila

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda
pH	10390	
Sadržaj karbonata	10693	Scheiblerov kalcimetar
Ukupni dušik	11261	
Organski ugljik	10694	
Sadržaj u zlatotopki ekstrahiranih P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, S, Hg, Na	11466, AAS / FES / ICP / kolorimetar	
Efektivni kapacitet tla za izmjenjive katione i zasićenost bazama	11260, AAS / FES / ICP	
Zamjenjiva kiselost	14254	
Zamjenjivi H <sup>+</sup>		Titracija do pH 7,8

<sup>4</sup> Alternativne metode koristit će se kao nužno rješenje u fazi testiranja motrenja za analize koje se ne provode prema ISO normi u RH.



#### 4.2.2. Analiza kompozitnih uzoraka organskog materijala iz O- podhorizonata – motrenje

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda
pH (za OF+OH ili OH)	10390	
Ukupni dušik (za OF+OH ili OH)	11261	
Sadržaj u zlatotopki ekstrahiranih P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, S, Hg, Na	11466, AAS / FES / ICP / kolorimetar	
Sadržaj u zlatotopki ekstrahiranih P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, S, Hg, Na (za OF+OH ili OH)	11466, AAS / FES / ICP / kolorimetar	
Efektivni kapacitet tla za izmjenjive katione i zasićenost bazama (za OF+OH ili OH)	11260, AAS / FES / ICP	
Zamjenjiva kiselost (za OF+OH ili OH)	14254	

#### 4.2.3. Analiza kompozitnih uzoraka tla iz dubina 0-10 i 10-20 cm – motrenje

Parametar	ISO norma	Alternativna metoda
pH	10390	
Sadržaj karbonata	10693	Scheiblerov kalcimetar
Ukupni dušik	11261	ISO 13878, modif. Kjehldal
Organski ugljik	10694	Oksidacija kalij bikromatom
Sadržaj u zlatotopki ekstrahiranih P, Ca, K, Mg, Mn, Cu, Pb, Cd, Zn, Al, Fe, Cr, Ni, S, Hg, Na	11466, AAS / FES / ICP / kolorimetar	
Efektivni kapacitet tla za izmjenjive katione i zasićenost bazama	11260, AAS / FES / ICP	
Zamjenjiva kiselost	14254	
Zamjenjivi H+		Titracija do pH 7,8

#### 4.3. Biološke metode

Iako ove metode nisu uvrštene u ICP, smatramo da bi u budućem razvoju motrenja šumskog tla trebalo uključiti i parametre biološke aktivnosti. Ocjena sadašnjeg stanja istraživanja biologije tla šumskog ekosustava u Hrvatskoj govori da se radi o potpuno zapostavljenom području koje zahtjeva razvoj potpuno novih kapaciteta (eksperti, metode, oprema), koji za sada ne postoje.

## **5. Prikaz rezultata analiza**

Rezultati laboratorijskih analiza unose se u standardizirane obrasce priređene za ICP – razina I, koji predstavljaju osnovu za organiziranje baze podataka. U posebni obrazac unose se rezultati analiza uzoraka tla iz profila.

# OBRAZAC ANALIZA – PROFIL TLA

Oznaka profila:		Laboratorij:				Analitičar:		Datum analize:	
		Oznaka horizonta	Donja granica horizonata (cm)	Skeletnost (vol. %)	Granulometrijski sastav (%)				
Broj				2 mm-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,002 mm	< 0,002 mm		
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									

Broj	pH		Ukupni dušik	Organski ugljik	Sadržaj u zlatopki ekstrahiranih (mg kg <sup>-1</sup> )																
	u vodi	u 0,01 M CaCl <sub>2</sub>			P	Ca	K	Mg	Mn	Cu	Pb	Cd	Zn	Al	Fe	Cr	Ni	S	Hg	Na	
1.																					
2.																					
3.																					
4.																					
5.																					
6.																					
7.																					

Broj	Zamjenjiva kiselost	Zamjenjivi Al	Zamjenjivi Ca	Zamjenjivi Fe	Zamjenjivi K	Zamjenjivi Mg	Zamjenjivi Mn	Zamjenjivi Na	Zamjenjivi H
	cmol kg <sup>-1</sup>								
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
6.									
7.									

### OBRAZAC ANALIZA – POSTAJA MOTRENJA

Broj	Oznaka sloja	Količina suhe tvari (kg m <sup>-2</sup> )	Skeletnost (vol. %)	Laboratoriji:			Analitičar:			Datum analize:			
				2 mm-0,2 mm	0,2-0,063 mm	0,063-0,002 mm	< 0,002 mm		Teksturna klasa	Gustoća tla	Karbonati (g kg <sup>-1</sup> )		
1.	OL ili HL												
2.	OF ili HF												
3.	OFH ili HFH												
4.	M01												
5.	M12												

Broj	Oznaka sloja	pH		Ukupni dušik (g kg <sup>-1</sup> )	Organski ugljik	Sadržaj u zlatotopki ekstrahiranih (mg kg <sup>-1</sup> )																																			
		u vodi	u 0,01 M CaCl <sub>2</sub>			P	Ca	K	Mg	Mn	Cu	Pb	Cd	Zn	Al	Fe	Cr	Ni	S	Hg	Na																				
1.	OL ili HL																																								
2.	OF ili HF																																								
3.	OFH ili HFH																																								
4.	M01																																								
5.	M12																																								

Broj	Oznaka sloja	Zamjenjiva kiselost	Zamjenjivi Al	Zamjenjivi Ca	Zamjenjivi Fe	Zamjenjivi K	Zamjenjivi Mg	Zamjenjivi Mn	Zamjenjivi Na	Zamjenjivi H
		cmol kg <sup>-1</sup>								
1.	OL ili HL									
2.	OF ili HF									
3.	OFH ili HFH									
4.	M01									
5.	M12									

## 6. Osiguranje kakvoće podataka i ustroj baze podataka o tlu – podaci iz motrenja

### 6.1. Kontrola i kakvoća podataka

*Kakvoća dobivenih podataka biti će osigurana i razrađena kroz sljedeće stavke:*

- Prikladno educiranje cjelokupnog osoblja uključenog u provedbu motrenja –potrebne kvalifikacije i iskustvo
- Protokoli za osiguranje kvalitete podataka (npr. točnost, obnovljivost itd.)
- Procedure za uzorkovanje temeljene na međunarodnim standardima
- Korištenje standardiziranih analitičkih metoda, kao npr. onih navedenih u literaturi, ili u slučajevima kada ISO metode nisu dostupne korištenje metoda izdanih od službenih tijela ili nacionalnih organizacija za standarde.
- Korištenje laboratorija koji primjenjuju metode akreditirane po ISO 17025
- Korištenje laboratorija koji sudjeluju u renomiranim interkalibracijama
- Korištenje referentnih tvari koje osiguravaju vlastite procedure osiguranja kvalitete
- Pridržavanje dogovorenih protokola
- Čuvanje vlastitih podataka u svim fazama programa motrenja.

Program motrenja tla u Hrvatskoj zahtijeva odabir adekvatnih laboratorija koji će biti odgovorni za provođenje mjera osiguranja i kontrole kvalitete analitičkih metoda. Navedene smjernice koriste se za osiguranje i kontrolu kvalitete u laboratorijima koji sudjeluju u analizama uzoraka tla prikupljenih u programu motrenja tla u Hrvatskoj.

Osnova dobrog programa osiguranja i kontrole kvalitete je sljedljivost tj. ponovljene analize referentnog materijala. Ponovljenim analizama identičnog uzorka dobiju se saznanja o slučajnim i sistematskim devijacijama srednje vrijednosti kroz vremensko razdoblje. Ako srednja vrijednost ostaje stabilna kroz vremensko razdoblje tada izostaje trend, a mjerene vrijednosti služe za izračun standardne devijacije sredine. Iscrtavanje vrijednosti ponavljano analiziranog uzorka pokazati će određen trend kroz vremensko razdoblje. Standardna devijacija može poslužiti za definiranje granica (npr.  $2 \times \text{st.dev.}$ ) izvan kojih utvrđena vrijednost više nije reprezentativna odnosno analitička metoda nije pouzdana. Vrijednosti koje se pojavljuju izvan utvrđenog opsega predstavljaju upozorenje za poduzimanje adekvatnih mjera u laboratoriju.

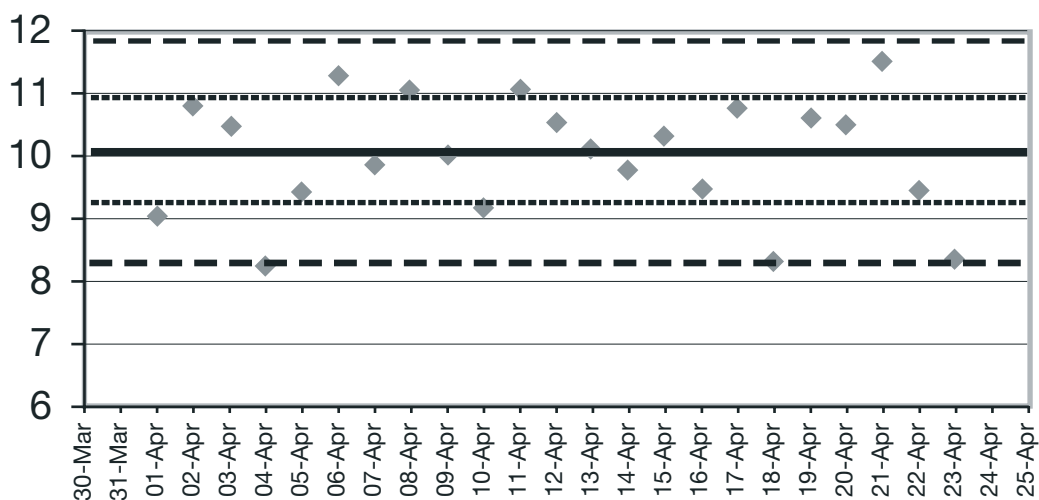
Referentni materijali postoje kao međunarodni referentni materijali (IRM) i nacionalni referentni materijali (NRM). Odlika međunarodnih referentnih materijala je skupoća i treba ih koristiti samo u iznimkama. Lokalni referentni materijali (LRM) se mogu pripremiti u laboratoriju u strogo određenim koncentracijama za pojedine parametre tla te imaju najveći značaj za osiguranje i održanje kakvoće u laboratoriju.

Priprema referentnog uzorka čvrste faze provodi se uzorkovanjem nekoliko uzoraka veće mase iz organskog te mineralnog sloja tla na dubinama relevantnim u monitoringu (npr. 0-10

cm, 10-20 cm). Prikupljeno tlo se zatim isuši i izmiješa kako bi se postigla što bolja homogenost uzoraka te zatim pohranjuje na suhoj i hladnoj okolini. Poželjno je pripremiti veći broj lokalnih referentnih uzoraka kako bi bilo zastupljeno više tipova tla s različitim svojstvima. Količina referentnog materijala mora biti dostatna za dulji period odnosno barem godinu dana što ovisi o tipu analitičke opreme i metodama koje se primjenjuju u laboratoriju. Referentni uzorak treba biti pohranjen kako kroz dulji vremenski period ne bi došlo do promjena njegovih svojstava.

Uvođenje lokalnog referentnog materijala provodi se na što točnije iskalibriranim uređajima. Potrebno je napraviti barem 5 repeticija uzoraka čvrste faze te najmanje jedan uzorak nacionalnog referentnog materijala, te po mogućnosti internacionalnog referentnog materijala. Analize se provode za sve relevantne analitičke parametre. Raspršenost rezultata lokalnog referentnog materijala daje indicaciju o standardnoj devijaciji te što je ona niža analitički rezultati su bolji. Rezultate navedenih testnih analiza potrebno je obraditi prema ISO 8258 (1991) normi (Shewhart control charts). Srednja vrijednost parametara lokalnog referentnog uzorka je od manje važnosti ali mora biti u istom opsegu vrijednosti kao stvarni uzorci. Nakon što se za svaki od analitičkih parametara odredi standardna devijacija moguće je odrediti relevantnost primijenjene analitičke metode. U slučaju veće standardne devijacije nego očekivane relevantnost metode je mala te je potrebno metodu ili opremu zamijeniti ili prilagoditi. Navedenu proceduru potrebno je ponoviti pri svakoj promjeni uređaja, važnijih dijelova uređaja ili pri pojavi vidljivog trenda kroz vremenski period.

Implementacija lokalnog referentnog materijala provodi se nakon njegovog uvođenja na način da se referentni materijal analizira u svakoj seriji uzoraka. Kod uzoraka krute faze tla ukupnu analizu lokalnog referentnog uzorka treba obaviti nakon 100-tog stvarnog uzorka. Rezultate ponovljenih analiza potrebno je nanositi na grafikon prema ISO 8258 (Slika 2).



**Slika 2.** Primjer kontrolnog grafikona za srednju koncentraciju klorida (mg/l) sa sredinom oko 10 i standardnom devijacijom 0.9. Točke na grafikonu prikazuju dnevne izmjerene vrijednosti kroz vremensko razdoblje.

## **6.2. Baza podataka iz programa monitoringa**

U okviru ICP-a podaci se iz Nacionalnog centra dostavljaju u zajedničku bazu podataka ICP-a. U preporukama EEA za ustroj monitoringa osobito se upozorava na nužnost pristupačnosti i protočnosti podataka na nacionalnoj razini. Za potrebe motrenja šumskog tla ustrojiti će se baza podataka koja će po svojim značajkama korespondirati s bazama podataka za poljoprivredna i onečišćena tla. U navedenu bazu unosit će se podaci iz terenskih i laboratorijskih obrazaca prikazanih u ovom materijalu.



## **7. Vremenski okvir i dinamika za prikupljanje i širenje podataka**

Na temelju iskustava iz pojedinih motrenja provedenih u šumskim ekosustavima i preporuka iz Izvješća radne skupine za motrenje, u okviru tematske strategije zaštite tla Europske komisije (JRC), IUS-a i ESB- a, smatramo da bi ovo motrenje parametara tla šumskih ekosustava trebalo počivati na uzorkovanju tla koje će se ponavljati svakih 5-10 godina. Uzorkovanje bi se trebalo provoditi u vrijeme najniže biološke aktivnosti, bilo da se radi o najtoplijem ili najhladnijem dijelu godine. S obzirom na klimatsku heterogenost šumskih ekosustava u Hrvatskoj, takvo uzorkovanje na svim lokalitetima (predvidivo 94) bilo bi moguće provesti u razdoblju srpanj-rujan. Pri tomu će se voditi računa da se drugo i svako naredno uzorkovanje na istom lokalitetu provede s odstupanjem od najviše 10 dana u odnosu na datum prvog uzorkovanja. Na cjelokupnoj mreži razine I provodit će se motrenje prema protokolu razrađenom u ovom materijalu, a koji se temelji na ICP-u, dakle svakih 10 godina. Pored toga na dodatno selektiranih 25-35 postaja monitoring će se provoditi svakih 5 godina

Dovršetak analiza, unos podataka i Izvješće o uzorkovanju i analizama s interpretacijom rezultata analiza treba biti izrađeno do konca godine koja slijedi nakon godine u kojoj je provedeno uzorkovanje, što će biti usuglašeno s izradom kompletnog izvješća o provođenju motrenja tla u republici Hrvatskoj te izradom izvješća za ICP.

## 8. Zaključak

Do danas se u Hrvatskoj nije provodilo sustavno motrenje tla šumskih ekosustava, izuzev parcijalno u okviru istraživačkih projekata. Kako je u postupku donošenje pravilnika za provedbu ICP-a u šumskim ekosustavima Hrvatske, smatramo znanstveno i financijski opravdanim inkorporirati motrenje tla šumskih ekosustava u navedeni program koji bi doskora trebao i formalno zaživjeti u Hrvatskoj. U tom smislu izrađen je precizni protokol za provođenje motrenja, čiji postupci i parametri u potpunosti korespondiraju s protokolom ICP-a. Svi parametri su obavezni, što je izvjesna korekcija neodređenosti ICP priručnika. Na taj način očekuje se ujednačeni set podataka, što je najvažniji uvjet i za kvalitetnu harmonizaciju s drugim tipovima motrenja u ekosustavu. Imajući u vidu činjenicu da će na razini ICP-a motrenje biti provedeno na 94 točke svakih 10 godina, nužno je prema posebnim kriterijima izdvojiti postaje na posebno osjetljivim te znanstveno i gospodarski značajnim šumskim područjima, na kojima će se motrenje provoditi svakih 5 godina. Procjena je da se radi o jednoj trećini postaja.

S obzirom na obim motrenja, financijsku zahtjevnost, ekspertsku ekipiranost i laboratorijsku opremljenost, držimo da Hrvatska ima potencijal za pokretanje takvog motrenja u 2008. godini, pri čemu bi 2010. bila početna godina kontinuiranog motrenja, a što bi vremenski korespondiralo s motrenjem tla u okviru ICP-a i u drugim europskim zemljama.

## 9. Literatura

Bašić, F., B. Bertić, A. Butorac, Z. Ostojić, Z. Racz & Ž. Vidaček, 1993: Program zaštite tala Hrvatske. Inventarizacija stanja – trajno motrenje – informacijski sustav (prijedlog). Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 122 pp.

Blume, H. P., 2004: Handbuch des Bodenschutzes. 3. Auflage. Ecomed. 914 p.

Blume, Hp. P., 1995: Handbuch der Bodenkunde. Ecomed. Parcijalno, kontinuirano izdanje.

Hausman, T. & M. Lorenz, 2000: Internal Review of ICP Forests. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Hamburg. 135 pp.

Huber, S., A. Freudenschuss & U. Stark, 2001: European soil monitoring and assesment framework. EEA, Copenhagen. 52 pp.

Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj. Šumarski institut Jastrebarsko & Hrvatske šume d.o.o., 525 pp.

Van Camp, L., et al. 2004: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp. Luxemburg

xxx, 1986: Council Regulation (EEC) No 3528/86 of 17 November 1986 on the protection of the Community's forests against atmospheric pollution. *Official Journal L 326* , 21/11/1986 P. 0002 – 000.

xxx, 1987: 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). *Official Journal L 161* , 22/06/1987 P. 0001 – 0022.

xxx, 1993: Commission Regulation (EEC) No 926/93 of 1 April 1993 amending Regulation (EEC) No 1696/87 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. *Official Journal L 100* , 26/04/1993 P. 0001 – 0035.

xxx, 1993: Commission Regulation (EC) No 1091/94 of 29 April 1994 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. *Official Journal L 125* , 18/05/1994 P. 0001 – 0044.

xxx, 1998: Topsoil characterization for sustainable land management. FAO Rome. 74 pp.

xxx, 1999: Commission Regulation (EC) No 1545/1999 of 14 July 1999 amending Regulation (EC) No 1091/94 laying down certain detailed rules for the implementation of Council Regulation (EEC) No 3528/86 on the protection of forests against atmospheric pollution. *Official Journal L 180* , 15/07/1999 P. 0009 – 0032.

xxx, 2000: Strategy of ICP Forests for the period of 2001-2006. Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH), Hamburg. 24 pp.

xxx, 2001: Proposal for a Europaean soil monitoring and assessment framework. EEA, Technical report 61, 57 pp.

xxx, 2001: Europaean soil monitoring and assessment framework. (EIONET workshop proceedings). EEA, Technical report 67, 52 pp.

xxx, 2003: Commission Regulation (EC) No 2152/2003 of 17 November 2003 concerning monitoring of forests and environmental interactions in the Community (Forest Focus). *Official Journal L 324* , 11/12/2003 P. 0001 – 0008.

xxx, 2003: Manual – Part III a (Sampling and Analysis of Soil). Forest Soil Co-ordinating Centre, Institute for Forestry and Game Management, Belgium, 108 pp.

xxx, 2004: Manual – Part I (Mandate of ICP Forests and Programme Implementation). Forest Soil Co-ordinating Centre, Institute for Forestry and Game Management, Belgium, 24 pp.

xxx, 2004: Reports of the technical working groups (established under thematic strategy for soil protection), VOLUME – 5 - MONITORING. EC (JRC), EEA. EUR 2139 N/5, 79 pp.

xxx, 2006: Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. EC, Brussels, COM(2006) 232final, 2006/0086 (COD), 30 pp.

xxx, 2006: COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL, THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS – Thematic Strategy for Soil Protection. EC, Brussels, COM(2006) 231 final, 12 pp.

xxx, 2006: Pravilnik o načinu prikupljanja podataka, mreži točaka, vođenju registra te uvjetima korištenja podataka o oštećenosti šumskih ekosustava. (Prijedlog). Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva.

xxx, 2006: Guidelines for soil description. FAO, Rome. 109 pp.

xxx, 2006: World reference base for soil resources. World soil resources reports, 103, FAO, Rome, 145 pp.

xxx ISO norme koje se odnose na opis profila tla, uzorkovanje, transport, pohranu i analizu uzoraka tla.

Projekt:

# **Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom**

(LIFE=05 TCY/CRO/000105)

Projektni zadatak:

**Zadatak ID2, aktivnost 2.3**

**“Kategorije i parametri za motrenje onečišćenih tala Hrvatske”**

Izradili:

**Prof. dr. sc. Goran Durn, RGNF**

**Mr. sc. Marta Mileusnić, RGNF**

**Mr. sc. Slobodan Miko, HGI**

**Doc. dr. sc. Zoran Nakić, RGNF**

## SADRŽAJ

1. Uvod .....	87
1.1. Onečišćenje tla.....	87
1.1.1. Lokalno onečišćenje tla.....	87
1.1.2. Difuzni izvori onečišćenja .....	88
1.2. Motrenje onečišćenog tla.....	89
2. Kriteriji za odabir lokacija za motrenje onečišćenih tala.....	91
2.1. Onečišćena tla u RH .....	91
2.2. Lokacije motrenja onečišćenja tla vezanih za lokalne izvore.....	94
2.3. Lokacije motrenja onečišćenja tla vezanih za difuzne (raspršene) izvore onečišćenja tla.....	97
2.4. Mogućnost integriranja lokacija za motrenje onečišćenih tala s drugim programima motrenja komponenata okoliša (voda, zrak, biološka raznolikost) .....	99
3. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tla .....	101
3.1. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tala iz lokalnih izvora .....	101
3.1.1. Prijedlog plana lociranja mjesta i točaka za uzimanje uzoraka na terenu .....	103
3.1.2. Izbor načina zemljopisnog lociranja i označavanja izabrane lokacije na terenu .	108
3.1.3. Način uzorkovanja.....	108
3.1.4. Ostali podaci važni za motrenje .....	108
3.2. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tla iz difuznih izvora.....	121
4. Izvori i parametri onečišćenja .....	122
4.1. Izvori onečišćenja.....	122
4.1.1. Lokalni izvori.....	122
4.1.2. Difuzni izvori .....	126
4.2. Parametri.....	126
4.2.1. Opći parametri za učinkovitu karakterizaciju tla na mjestu motrenja .....	127
4.2.2. Specifični parametri .....	129
4.3. Popis potencijalnih onečišćujućih tvari vezanih uz određene onečišćivačke aktivnosti, industrije i upotrebe zemljišta .....	131
4.4. Glavna svojstva odabranih parametara.....	149
4.5. Ocjena stupnja onečišćenja – granične vrijednosti.....	150

5.	Popis metoda za fizikalne, kemijske i biološke metode analiza tla .....	157
5.1.	Predobrada uzoraka.....	157
5.2.	Digestija, ekstrakcija, elucija.....	158
5.3.	Metode analize .....	159
5.3.1.	Analize općih parametara i učestalost mjerenja.....	159
5.3.2.	Analize specifičnih parametara i učestalost mjerenja.....	161
6.	Osiguranje kakvoće podataka i ustroj baze podataka o tlu – podaci iz motrenja .....	166
6.1.	Kakvoća dobivenih podataka .....	166
6.1.1.	Prikladno educiranje cjelokupnog osoblja uključenog u provedbu monitoringa – potrebne kvalifikacije i iskustvo .....	166
6.1.2.	Protokoli za osiguranje kvalitete podataka (npr. točnost, obnovljivost itd.) .....	166
6.1.3.	Procedure za uzorkovanje temeljene na međunarodnim standardima .....	167
6.1.4.	Korištenje standardiziranih analitičkih metoda, kao npr. onih navedenih u literaturi, ili u slučajevima kada ISO metode nisu dostupne korištenje metoda izdanih od službenih tijela ili nacionalnih organizacija za standarde.....	169
6.1.5.	Korištenje laboratorija koji primjenjuju metode akreditirane po ISO 17025 .....	170
6.1.6.	Korištenje laboratorija koji sudjeluju u renomiranim interkalibracijama.....	170
6.1.7.	Korištenje referentnih tvari koje osiguravaju vlastite procedure osiguranja kvalitete .....	171
6.1.8.	Pridržavanje dogovorenih protokola .....	172
6.1.9.	Cuvanje vlastitih podataka u svim fazama programa motrenja. ....	172
6.2.	Baza podataka iz programa motrenja .....	173
7.	Vremenski okvir i dinamika za prikupljanje uzoraka i širenje podataka .....	175
8.	Zaključak.....	176
9.	Literatura .....	180
9.1.	Stručne studije.....	180
9.2.	Znanstvene i stručne publikacije .....	180
9.3.	Direktive, smjernice i vodiči EU.....	182
9.4.	Hrvatski zakoni, podzakonski akti i propisi .....	182





## 1. Uvod

Onečišćenje je jedna od glavnih prijetnji za tlo. Prevencija onečišćenja tla u uskoj je vezi sa smjernicama o kemijskim supstancama i smjernicama o zaštiti okoliša za vodu i zrak. U uskoj je vezi i sa smjernicama koje se tiču određenih načina korištenja tla, kao što je na primjer poljoprivreda. Očita je i veza između onečišćenja tla i odlaganja otpada. Loša politika odlaganja otpada dovela je do velikog broja onečišćenih lokacija. Bolja politika odlaganja otpada vodi nas do recikliranja otpada u nove proizvode ili u egzogenu organsku tvar (EOM-egzogenic organic matter) koju čini kompost, gradski mulj (sewage sludge) i stajsko gnojivo i koristi se za poboljšanje kvalitete poljoprivrednih tala. Oba načina recikliranja mogu pozitivno ili negativno utjecati na kvalitetu tla. Odlaganje otpada na odlagališta podliježe pravilima o zaštiti okoliša koja štite tlo i podzemne vode. Opći pristup za diskusiju o onečišćenju tla razlikuje zaštitu tla koja se temelji na uzroku onečišćenja i postupke s već onečišćenim tлом. Cilj zaštite tla koji se temelji na uzroku onečišćenja je spriječiti (daljnje) onečišćenje tla, dok se postupci za onečišćeno tlo bave čišćenjem, remedijacijom i ponovnom uporabom tla koje je već zagađeno, često kao rezultat prethodnih aktivnosti.

Čišćenje tla je vrlo skup i težak postupak. Troškovi čišćenja onečišćenih lokacija jako variraju između zemalja članica. Na primjer, 2000. g. Nizozemska je uložila 550 milijuna eura, a Austrija 67 milijun eura. Takva neujednačenost ukazuje na različite stavove o ozbiljnosti onečišćenja, na različita načela i ciljeve remedijacije, i na različite načine procjene troškova. Europska agencija za okoliš (The European Environment Agency) procjenjuje da se ukupni troškovi za čišćenje onečišćenog tla u Europi kreću između 59 i 109 milijarde eura. Razmjena znanja o čišćenju tla i određivanje ciljeva važni su putevi prema rješavanju pitanja onečišćenja, no prevencija daljnjeg onečišćenja treba postati budući cilj.

### 1.1. Onečišćenje tla

Uvođenje onečišćujućih tvari u tlo može rezultirati oštećenjem ili gubitkom nekoliko funkcija tla i, uslijed toga, mogućim onečišćenjem vode. Prisutnost onečišćujućih tvari u tlu iznad određene razine višestruko povećava negativne posljedice za prehrambeni lanac, a time i za ljudsko zdravlje, te za sve tipove ekosustava i ostale prirodne resurse. Kako bi se ocijenilo moguće djelovanje onečišćujućih tvari na tlo nije dovoljno bilježiti samo njihovu koncentraciju, nego i njihovo funkcioniranje u okolišu i mehanizme kojima djeluju na ljudsko zdravlje. Razlikujemo onečišćenje tla koje je uzrokovano jasno ograničenim izvorima (lokalni ili točkasti izvori onečišćenja) i ono koje je uzrokovano difuznim izvorima.

#### 1.1.1. Lokalno onečišćenje tla

Onečišćenje tla koje je uzrokovano lokalnim (ili točkastim) izvorima uglavnom je povezano s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada i ostalim postrojenjima tijekom njihovog djelovanja i nakon zatvaranja. Ta postrojenja predstavljaju rizik i za tlo i za vodu.

U rudarstvu taj rizik može biti povezan na primjer s odlaganjem ili uklanjanjem jalovine, drenažom uslijed prerade sulfidne rude i korištenjem određenih kemijskih reagensa. Industrijska postrojenja tijekom svog djelovanja i nakon zatvaranja mogu biti glavni uzrok lokalnog onečišćenja. Iako se najveća i najonečišćenija područja nalaze oko jako industrijaliziranih regija u sjeverozapadnoj Europi, onečišćene lokacije nalaze se na cijelom kontinentu. Unutar EU ne postoje značajna područja onečišćena umjetnim radionuklidima. Tlo onečišćeno prirodnom radioaktivnošću je ono koje je onečišćeno uranom, odlagalištima fosfogipsa i dr. Odlaganje otpada na odlagališta predstavlja potencijalno opasnu aktivnost od velike važnosti: u prosjeku se 65% gradskog otpada koji nastaje u EU (190 milijuna tona 1995. g.) i dalje odlaze na odlagališta. Na odlagalištima može doći do izluživanja u okolno tlo i matični supstrat, a zatim i u

podzemne i/ili površinske vode. Posebno su zabrinjavajuća odlagališta koja se koriste ili su se koristila u prošlosti ne pridržavajući se minimuma tehničkih zahtjeva koji su propisani Direktivom o odlagalištima (Landfill Directive).

Procjena broja onečišćenih lokacija u EU varira između 300 000 i 1,5 milijuna. Veliki raspon u procjeni uzrokovan je nedostatkom zajedničke definicije onečišćenih lokacija i različitim pristupima za prihvatljive razine rizika, ciljeve zaštite i parametre izloženosti.

### 1.1.2. Difuzni izvori onečišćenja

Difuzno onečišćenje uglavnom se povezuje s atmosferskim taloženjem, određenim poljodjelskim radovima i urbanim industrijskim područjima.

Atmosfersko taloženje uzrokovano je ispuštanjem plinova u industriji, prometu i poljoprivredi. Taloženje onečišćivača iz zraka ispušta u tlo kisele onečišćivače (npr.,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), teške metale (npr. kadmij, olovo, arsen, živa) i nekoliko organskih spojeva (npr. dioksini, PCB-ovi, PAH-ovi). Kiseli onečišćivači postupno smanjuju puferski kapacitet tla tako da ono, u nekim slučajevima, prelazi kritičnu opterećenost, što za rezultat ima opsežno ispuštanje aluminija i ostalih toksičnih metala u vodeni sustav. Uz to, acidifikacija pridonosi ispiranju hranjivih tvari što dovodi do gubitka plodnosti tla, mogućih problema s eutrofikacijom i velike količine nitrata u vodi za piće. Osim toga, može oštetiti korisne mikroorganizme u tlu, usporavajući biološku aktivnost. Amonijak i ostali dušikovi spojevi (koji su nastali ispuštanjem plinova u poljoprivredi, prometu i industriji) uzrokuju neželjeno obogaćivanje tla što dovodi do pada bioraznolikosti šuma i visokovrijednih prirodnih pašnjaka. U nekim europskim šumama unos dušika dosegao je ekstremne vrijednosti od čak 60 kg N po hektaru godišnje. Predindustrijsko taloženje iznosilo je manje od 5kg. S obzirom na radioaktivne supstance, šumsko tlo zaslužuje posebnu pažnju. Karakteristično kruženje hranjivih tvari u šumskom ekosustavu podrazumijeva da za mnoge radionuklide (npr. cezij 134 i 137 koji su ispušteni u černobilskoj nesreći) ne postoji eliminacija radioaktivne tvari (osim radioaktivnim raspadom). Stoga smo, u šumama, i danas suočeni s razinom radioaktivnosti koja je iznad maksimalne dopuštene, osobito kod divljih gljiva.

Sustavi proizvodnje na farmama u kojima nije postignuta ravnoteža između unosa i iznosa u odnosu na raspoloživost zemlje i tla, vode do neravnoteže hranjivih tvari u tlu, koja za rezultat često ima onečišćenje podzemnih i površinskih voda. Razmjer problema s nitratima u Europi naglašava ozbiljnost ove neravnoteže.

Dodatni problem odnosi se na teške metale (npr. kadmij i bakar) u gnojivu i životinjskoj hrani. Njihov učinak na tlo i organizme u tlu nije jasan, iako su studije pokazale moguću porast kadmija u prehrambenom lancu. Nepoznat je učinak koji na tlo imaju antibiotici koje sadrži hrana za životinje.

Pesticidi su toksični spojevi koji se namjerno ispuštaju u okoliš kako bi uništili nametnike i bolesti na biljkama. Pesticidi se mogu akumulirati u tlu, izlužiti u podzemne vode ili ispariti u zrak nakon čega se mogu ponovo taložiti na tlo. Uz to mogu djelovati na bioraznolikost tla i ući u prehrambeni lanac. U tijeku je odobravanje postupka s pesticidima i ono procjenjuje, između ostalog, rizik za okoliš od pojedinog pesticida u tlu, međutim, ograničeni su podaci o kombiniranim učincima. Odobravanjem postupka s pesticidima uklanja se neprihvatljiv rizik. Količina aktivnih sastojaka pesticida koji su prodani u 15 zemalja članica EU 1998. godine iznosila je 321.386 tona. Iako je uporaba pesticida regulirana i trebaju se koristiti jedino u skladu s «Good Farming Practice», otkriveno je da se pesticidi izlužuju kroz tlo u podzemne vode i da erodiraju s tlom u površinske vode. Dolazi i do akumulacije u tlu, posebno onih sastojaka koji su sada zabranjeni u EU.

Gradski mulj koje je krajnji proizvod obrade otpadnih voda postaje sve veći problem. Može biti onečišćen cijelim nizom onečišćujućih tvari, kao što su teški metali i slabo biorazgradivi organski spojevi, što za rezultat može imati povećanje koncentracije tih spojeva u tlu, što predstavlja rizik za mikroorganizme, biljke, životinje i ljude. Potencijalni patogeni organizmi poput virusa i bakterija također su prisutni. Međutim, gradski mulj sadrži organsku tvar i hranjive tvari kao što su dušik, fosfor i kalij, koji imaju veliku vrijednost za tlo i uključuju mogućnost uporabe na poljoprivrednom zemljištu. Uz uvjet da se onečišćenje spriječi i motri na izvoru, pažljivo i nadzirano korištenje gradskog mulja ne bi trebalo predstavljati problem. Moglo bi biti blagotvorno i moglo bi pridonijeti povećanju količine organske tvari tla. Svake se godine u EU proizvede 6,5 milijuna tona blata (suhe tvari). Procjenjuje se da će se do 2005 g. za 40% povećati ukupna raspoloživa količina kanalizacijskog blata zahvaljujući progresivnoj implementaciji Direktive o gradskim otpadnim vodama (Urban Wastewater Directive). Nedavna implementacija izvještaja od strane Komisije o navedenoj temi ukazuje na napredak, ali uz to i na velika kašnjenja u implementaciji Direktive u većini zemalja članica.

Trošak difuznog onečišćenja tla ne vidi se u samom tlu, nego u posljedicama koje nastaju uslijed sloma puferskog kapaciteta tla. Iako još uvijek nije izračunat precizan trošak, zna se da je uklanjanje organskih spojeva, pesticida i teških metala iz vode jako skupo.

## 1.2. Motrenje onečišćenog tla

Prostorna raznolikost tla, kao i raznolikost onečišćenja tla je vrlo visoka. Trenutno ne postoji zajednički europski sustav za motrenje tla. Posljedica toga su neujednačeni postojeći nacionalni i regionalni sustavi motrenja, a rezultat neujednačene organizacijske sheme za motrenje, cijeli niz parametara, različita učestalost skupljanja uzoraka i razne metode analize. U takvim je sustavima usporedba podataka često problem. Takva neujednačenost dovodi do nedostatka sklada u podacima koji su dobiveni iz raznih nacionalnih sustava za motrenje tla, a ne postoji paneuropska kvalitetna kontrola postojećih mreža motrenja. K tome, u mnogim zemljama postoje dva različita sustava, za poljoprivredna i za šumska tla. Postoji određen napredak u motrenju šumskog tla. Statutarno motrenje tla provodi se u određenom broju zemalja članica EEA, no rijetko je primjenjivo u svrhu zaštite tla.

The Water Frame Directive i Soil Thematic Strategy određuju koje su najhitnije potrebe za procjenjivanje i motrenje kvalitete i promjene kvalitete u sustavu voda – tlo – sediment – zrak. Mora se testirati i motriti najveći broj spojeva u okolišu. Lista onečišćivača se i dalje povećava. Uzevši u obzir i ekonomski trošak razvoja kvalitete i osjetljivosti, i rastuće zahtjeve za što većim brojem procjena, nužno je primijeniti relativno jeftine tehnike za procjenu lokacije u okolišu i otkrivanje onečišćenja. Inovativne tehnike mogu se svrstati u 4 grupe, ovisno o njihovom mjestu u postupnoj proceduri promatranja, motrenja i testiranja:

- «Remote sensing» (daljinska istraživanja) za široki pregled i bilježenje promjena;
- «Proxy metode» za regionalni pregled i odabir mjesta za uzimanje uzoraka;
- Senzori na lokaciji za brzu procjenu onečišćenja (kvaliteta i kvantiteta);
- Skupljanje uzoraka i analiza za individualne onečišćivače;

Mjerenja koncentracije onečišćujućih tvari u tlu potrebna su za procjenu rizika onečišćenja sada ili u odnosu na planove dugoročnog upravljanja lokacijom. U oba će slučaja motrenje biti specifično za lokaciju i biti će ograničene reprezentativnosti, osim u slučaju da postoji veliki

broj sličnih lokacija. Motrenje onečišćenog tla trebalo bi imati sljedeće ciljeve:

- skupiti podatke o kvaliteti tla prema načelima koja se temelje na razini rizika, npr. upotrebljivost tla i zaštita resursa;
- odrediti gdje je potrebno djelovati;
- procijeniti učinkovitost postupaka koji su poduzeti i djelotvornost politike koja se primjenjuje.

Postoji velika potreba za postupnim motrenjem: na nacionalnoj ili regionalnoj razini strategija motrenja trebala bi utvrditi gdje je potrebno djelovati. Na razini EU bilo bi zanimljivo objediniti skupljene podatke kako bi se dobila ideja o djelotvornosti politike koja se provodi.

Objedinjeni parametri ili "indikatori" mogu biti:

- Broj potencijalno onečišćenih lokacija
- Broj lokacija koje se istražuju
- Broj lokacija gdje je potrebno poduzeti mjere
- Procjena svote novca koja je potrebna da bi se poduzeli koraci
- Broj lokacija gdje se poduzimaju mjere
- Svota novca koja je potrošena za poduzimanje mjera

Ostali zanimljivi indikatori (u širem smislu) mogu biti:

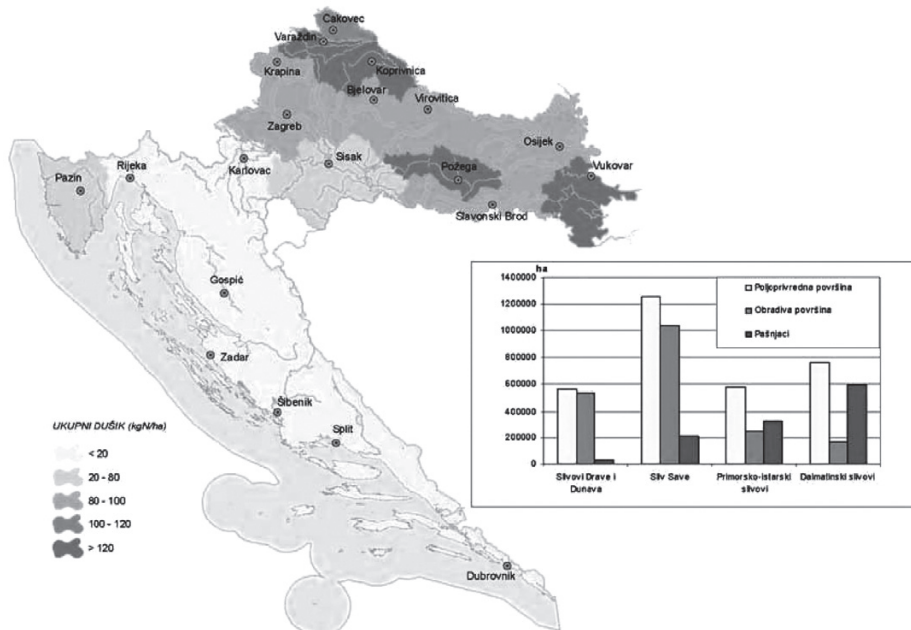
1. Tehnologije koje se koriste za remedijaciju: ovaj nam indikator daje ideju o "održivosti" koncepta remedijacije i može biti poticaj za početak primjene novih tehnologija u ostalim zemljama članicama.
2. Površine onečišćenih područja koja su poznata i koja se istražuju: ti indikatori mogu poslužiti kao signal za remedijaciju lokacije i održivu uporabu zemljišta
3. Neke lokacije mogu imati tako ozbiljan učinak na ostala relevantna polja (takozvane megalokacije ili problematična područja) da iznošenje specifičnih indikatora na razini EU može biti zanimljivo.

Definicija megalokacije mogla bi biti: lokacija gdje je zagađenje tako veliko da ima dimenziju relevantnu za EU (što znači da je lokacija važna za postojeću politiku EU). Primjeri za to mogle bi biti lokacije gdje je ugrožena kvaliteta podzemne ili površinske vode, gdje je ugrožena sigurnost hrane ili je lokacija gusto naseljena. Izvještaj o takvoj lokaciji može sadržavati parametre kao što je položaj, vrsta opasnosti (koja je lokacija dimenzije relevantne za EU "u blizini") i koncept upravljanja lokacijom. Može postojati nalog o glavnim načelima o motrenju i trebaju postojati tehničke smjernice o detaljima sheme motrenja i o izvještavanju.

## 2. Kriteriji za odabir lokacija za motrenje onečišćenih tala

### 2.1. Onečišćena tla u RH

Problemi vezani za onečišćena tla tijesno su povezani sa razvojem modernog industrijskog društva. U mnogim slučajevima onečišćenje tla posljedica je neadekvatnog odlaganja otpada, čija količina raste dramatično s povećanjem broja potencijalno toksičnih supstanci. Drugi najčešći izvor su industrijska onečišćenja kao posljedica upotrebe tehnologija koje koriste potencijalno toksične tvari. Područja zahvaćena onečišćenjem dijele se na područja zahvaćena difuznim (raspršenim) onečišćenjem koje uključuje poljoprivredne površine (slika 2.1.), onečišćenja atmosferskom taloženjem, kisele kiše te onečišćenja iz lokalnih (uglavnom točkastih) izvora kao što su industrijska postrojenja, odlagališta otpada, eksploatacija mineralnih sirovina, transportni pravci (slika 2.2.).

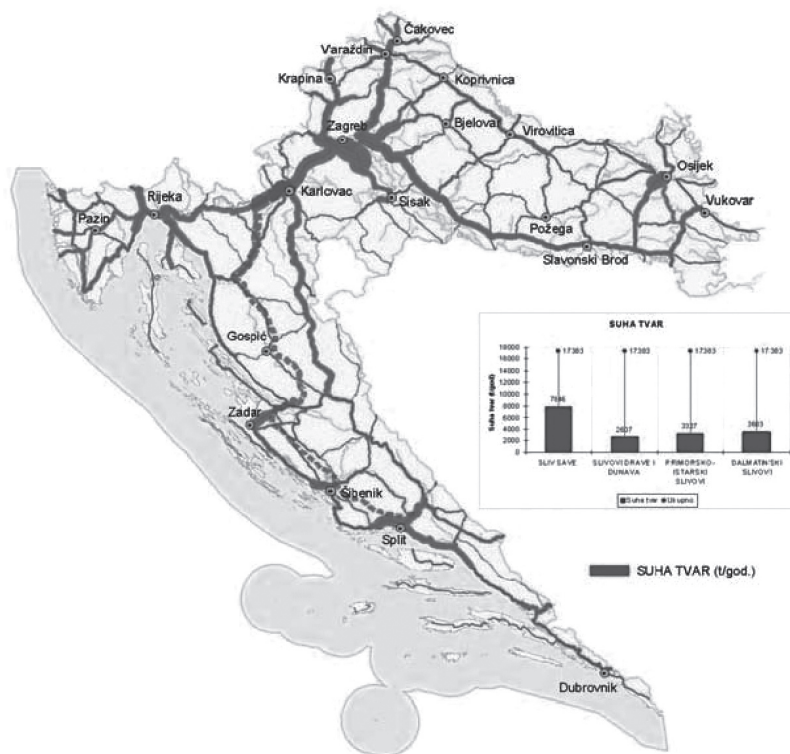


Slika 2.1. Raspršeni izvori onečišćenja iz poljoprivrede (prema upotrebi ukupnog dušika; SUV 2005).

Raspršeno onečišćenje iz poljoprivrede procijenjeno u Strategiji upravljanja vodama (SUV, 2005) temeljem sljedećih indikatora pritiska: zemljišne površine, kategorije iskorištavanja zemljišta, proračuna hranjiva i procjene tla. Pritisak je vrednovan na temelju pokazatelja vezanih na redovne poljoprivredne aktivnosti, tako da su u procjenu tereta onečišćenja iz poljoprivrede uvrštene potrošnja mineralnih gnojiva, i količina organskoga gnojiva sa životinjskih farmi. Prema obrađenim i analiziranim podacima, može se uočiti da su najveći tereti iz raspršenih izvora onečišćenja na slivovima Drave i Dunava, te neposrednom slivu Save. Ukupni pritisci prometnica na okoliš onečišćenjem od prometa procijenjeni su prema SUV-u na temelju intenziteta prometa i podataka o jediničnim emisijama vozila za osnovne vrste onečišćenja (Slika 2.2.). Prema intenzitetu prometa najveći tereti onečišćenja su na neposrednom slivu Save, Drave, Kupe, te Lonje i Trebeža. Kritične su dionice na prilazima većih gradova, gdje se, osim tranzitnog, odvija i dio gradskog prometa. To se odnosi prije svega na Zagreb, Karlovac, Rijeku, Osijek, Split i Zadar. Značajan pritisak onečišćenja od prometa procijenjen je u zaštićenim područjima (Nacionalni park «Plitvička jezera», Nacionalni park «Risnjak»). Motrenje utjecaja prometa na vode i tla u slivu rijeke Gacke vezano za autoput A1 Zagreb-Split provodi se od 2004. godine (od puštanja u promet dionice) u sklopu INTEREG IIIB projekta KATERII ([www.kater.at](http://www.kater.at)).

**Tablica 2.1.** Broj potencijalno onečišćenih lokacija u RH po kategorijama (AZO, 2005).

Br.	Glavne grupe lokalnih izvora	Potencijalno onečišćene lokacije		Onečišćene lokacije	
		Ukupan broj	%	Ukupan broj	%
1	Odlagališta otpada	276	24.0	0	0.0
2	Odlagališta industrijskog otpada	1	0.1	2	5.3
3	Industrijske i komercijalne lokacije	224	19.5	5	13.2
4	Bivše vojne instalacije		0.0		0.0
5	Eksploatacijska polja min.sir.	173	15.0		0.0
6	Naftna polja		0.0		0.0
7	Naftna skladišta	439	38.1		0.0
8	Onečišćenja prolijevanjem ugljikovodika	24	2.1	24	63.2
9	Energetska postrojenja	8	0.7	2	5.3
10	Skladišta gnojiva	1	0.1		0.0
11	Ostala	5	0.4	5	13.2
	<b>Ukupno</b>	<b>1151</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>100</b>

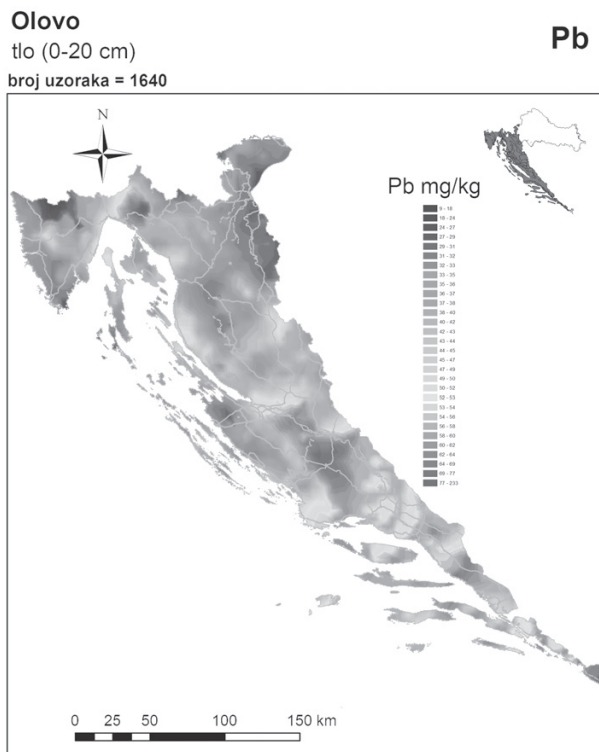


**Slika 2.2.** Raspršeno onečišćenje od prometa u Republici Hrvatskoj prema ukupnoj suhoj tvari u zraku (SUV, 2005).

Prema rezultatima *Soil Thematic Strategy* (EEA, EUR21319 EN/5; 2004) zaključeno je da je pristup motrenju onečišćenih tala iz difuznih izvora različit od pristupa motrenju onečišćenja tla iz lokalnih izvora. Naročito se to odnosi na lokalno onečišćena tla gdje izvori onečišćenja i tipovi onečišćujućih tvari jako variraju. Za difuzna onečišćenja metodologije motrenja i onečišćavala



koje treba motriti dobro su definirani raznim ISO protokolima, a odnose se na analizu teških metala ekstrakcijom sa zlatotopkom (ISO 11047:1998). Treba naglasiti da relativno visoke koncentracije pojedinih elemenata mogu biti i prirodne. Primjer su koncentracije olova u središnjoj i južnoj Dalmaciji koje su geogenog porijekla (Slika 2.3.). Slika 2.3. prikazuje i visoke koncentracije olova u tlima gorskog dijela Hrvatske koje su posljedica atmosferskog taloženja i onečišćenja.



**Slika 2.3.** Distribucija olova u tlima na području krša Hrvatske (1680 lokacija), onečišćenje gorske hrvatske atmosferskim taloženjem i visoke koncentracije geogenog olova u srednjoj i južnoj Dalmaciji (Osnovna geokemijska karta RH, HGI 2006, [www.hgi-cgs.hr](http://www.hgi-cgs.hr)).

Osnovni kriterij za izbor lokacija za motrenje onečišćenih tala je zastupljenost glavnih tipova onečišćivača čije prostiranje i koncentracije dostižu takvu razinu da predstavljaju opasnost za zdravlje ljudi, životinja biljaka i kvalitetu vode. Kriteriji za izbor problematičnih lokacija moći će se definirati i preliminarno identificirati metodama utvrđivanja rizika na temelju ranjivosti/osjetljivosti okoliša i postojanja potencijalnih izvora onečišćenja. Za identifikaciju potencijalno onečišćenih područja može se koristiti metoda PRA.MS I (Preliminary Risk Assessment Model for the Identification and Assessment of Problem Areas for Soil Contamination in Europe), (Gentile i Quericia, 2005). Ova metoda bazira se na podacima o onečišćivačima i potencijalnim onečišćivačima. Izbor lokacija za motrenje trebao bi uključiti prostore vezane za djelatnost naftnog rudarstva (isplaćne jame, centralne otpadne jame, područja akcidenata vezanih uz puknuće naftovoda i plinovoda), prostore vezane za rafinerije (Urinj), termoelektrane i odlagališta pepela (Plomin), odlagališta komunalnog otpada, odlagališta medicinskog otpada, transportnu infrastrukturu (ceste i željeznice), kemijska industrijska postrojenja (Petrokemija Kutina), urbane sredine (parkovi u velikim gradovima; dječja igrališta; sportski tereni), prerade metala (Obrovac, Šibenik), prostore intenzivne poljoprivredne aktivnosti, poljoprivredne površine tretirane gradskim muljem ili kompostom iz gradskog mulja, te prostore zahvaćene atmosferskim taloženjem i kiselim kišama.

## 2.2. Lokacije motrenja onečišćenja tla vezanih za lokalne izvore

Motrenje lokalnih izvora onečišćenje i njihov odabir prema zaključcima radne skupine za onečišćena tla (Task group 1: Strategic overview and status of contamination, Contamination and Land Management, Van-Camp et al., 2004; EUR 21319 EN/4) treba se napraviti prema sljedećim preporukama:

1. Uspostavljanje Europskog sustava za ocjenu točkastih izvora (European Point Source Assessment System - EPSAS) na definiranim lokacijama gdje je nužno kontinuirano motrenje. Sustav motrenja će obuhvatiti aktivnosti koje će se nalaziti na zajednički (EU) dogovorenoj listi potencijalnih onečišćivača tala. Razlikovat će se aktivnosti koje podliježu europskoj legislativi i one koje su u nadležnosti pojedinih država. Sustav bi se trebao temeljiti na već postojećim mrežama motrenja.
2. Na europskoj razini EPSAS će pokriti ona postrojenja koja su sada obavezna davati izvještaje o stanju okoliša prema propisanim normama. To su industrijska postrojenja koja podliježu IPPC (Integrated Pollution Prevention) direktivi, koje obuhvaća Severs II direktiva, te industrije koje obuhvaća novi BAT (Best Available Technologies) dokument IPPC direktive, te odlagališta koja podliježu direktivi o odlagalištima.
3. Na razini država motrenje se odvija na temelju dogovorenog popisa potencijalnih aktivnosti koje dovode do onečišćenja tla. Članicama EU se preporučuje da obavljaju motrenje i kod postrojenja koja nisu trenutno obuhvaćena EU legislativom (npr. vojna postrojenja, eksploatacija mineralnih sirovina,..).

Lokacije za motrenje lokalnih izvora u RH trebaju se dakle odabrati na temelju tri prethodno navedene točke.

Pri izboru lokacija za motrenje onečišćenih tala iz lokalnih izvora onečišćenja važno je provesti postupke istraživanja prema naputcima iz ISO standarda 10381-5:2005 (E) (Soil quality-sampling part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination,).

Kako bi se utvrdile lokacije za motrenje onečišćenih tala najprije je potrebno uspostaviti katastar potencijalnih lokalnih onečišćivača tala (local soil contamination). Prema privremenom izvješću Agencije za zaštitu okoliša (AZO; 2005) u Hrvatskoj je do sada identificirano 38 onečišćenih lokaliteta i 1151 potencijalno onečišćenih lokaliteta (Tablica 2.1.). Pri odabiru lokacija potencijalnih onečišćenja osim odlagališta otpada i industrijskih postrojenja (Slika 2.4.), potrebno je obratiti pažnju na aktivna eksploatacijska polja mineralnih sirovina (oko 650 prema podacima Ministarstva gospodarstva rada i poduzetništva) te neaktivna ležišta i kopove raznih mineralnih sirovina kojih na području RH ima više od 3500 (Karta mineralnih sirovina, HGI, Slika 2.5.). Da bi se potvrdilo i dokumentiralo da je tlo onečišćeno iz lokalnog izvora onečišćenja nužno je provesti tri faze istraživanja. Na temelju rezultata istraživanja vrši se odabir lokacije trajnog motrenja.

### 1) Preliminarno istraživanje (*preliminary investigation*)

Preliminarno istraživanje se izrađuje na temelju kabinetskog rada i terenskog pregleda terena kojim se utvrđuje postojanje rizika od onečišćenja i potreba za daljnjim istraživanjima. Kabinetski rad se temelji na pregledu dostupnih kartografskih podataka (topografskih, geoloških, pedoloških) i pregledu dosadašnjih upotreba zemljišta (industrija, eksploatacija mineralnih sirovina, odlagalište otpada).

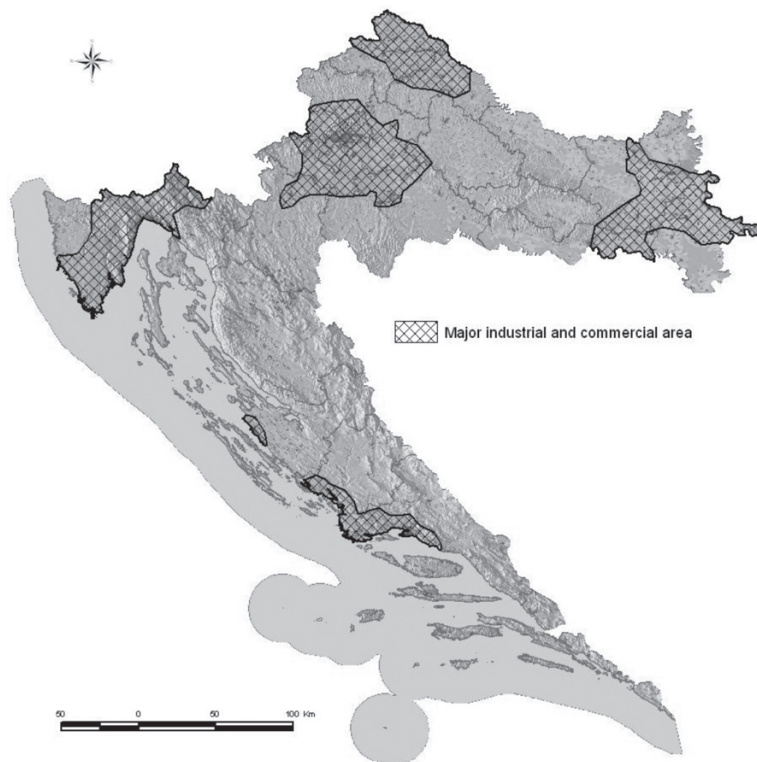


## 2) Pregledno istraživanje (*exploratory investigation*)

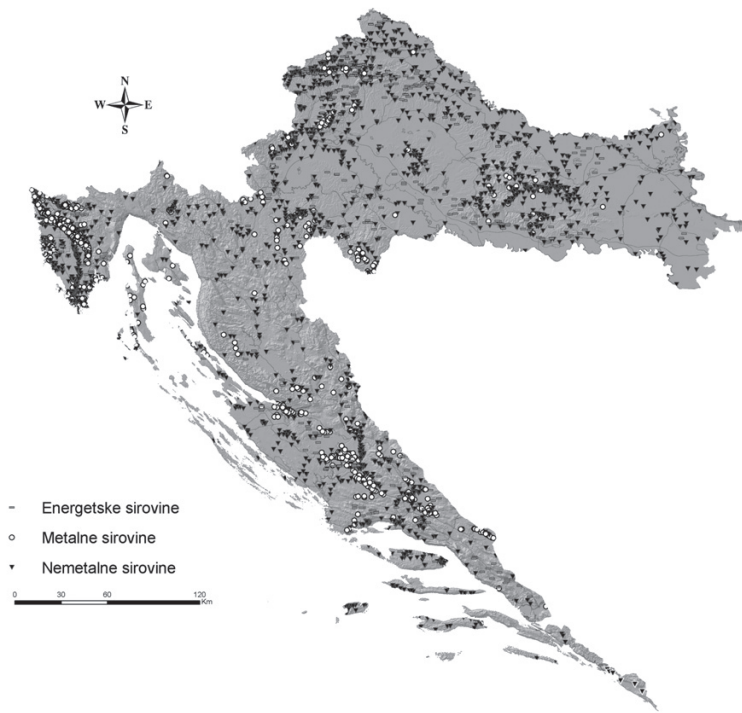
Pregledno istraživanje uključuje uzorkovanje i analizu tla na prisustvo potencijalnih onečišćujućih tvari. Postojanje onečišćenja utvrđuje se na relativno malom broju uzoraka.

## 3) Detaljno istraživanje (*main site investigation*)

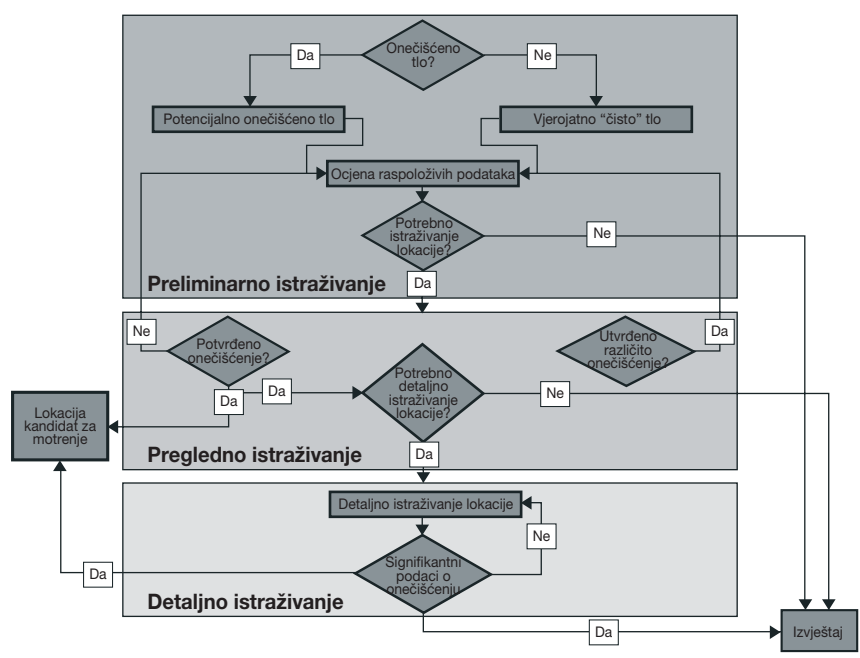
Detaljno istraživanje lokaliteta slijedi nakon što je u prve dvije faze utvrđeno onečišćenje. U ovoj fazi istraživanja utvrđuje se količina i prostiranje onečišćivača, njegove mobilne frakcije i mogućnosti njegovog širenja u okolišu. U ovoj fazi istraživanja uzrokuju se i analiziraju tlo, voda i zrak u tlu.



**Slika 2.4.** Potencijalno onečišćena područja u RH; glavna industrijska i komercijalna područja (AZO, 2005).



**Slika 2.5.** Distribucija 3500 ležišta mineralnih sirovina i 650 aktivnih eksploatacijskih polja u RH (Karta mineralnih sirovina RH, HGI 2006).



**Slika 2.6.** Postupak istraživanje lokacija onečišćenih tala i odabir lokacija za motrenje (modificirano prema ISO 10381-5:2005).

Pregledna i detaljna istraživanja odabranih onečišćenih lokaliteta prema ISO 10381-5:2005 trebaju biti osnovne smjernice za provođenje motrenja onečišćenih tla (Slika 2.6.). Lokacije koje će se odabrati za motrenje u velikoj mjeri moraju zadovoljavati nekoliko uvjeta (ISO 10381-5:2-005):

- utvrđeno prisustvo onečišćenih tvari;
- utvrđeno prostiranje onečišćenja (trodimenzionalno);
- indikacije za distribuciju onečišćenja (homogeno ili heterogeno);
- detaljne informacije o pedologiji, geologiji/litologiji, hidrologiji i hidrogeologiji onečišćenog prostora.

U poglavlju 4.1.1 ovog radnog zadatka a prema Annex-u 1 u «European pollutant release and transfer registers» (EC/166/2006; EPRTR) izdvojeni su lokalni izvori onečišćenja, a u poglavlju 4.3. naveden je popis potencijalno onečišćujućih tvari vezanih uz određene onečišćivačke aktivnosti, industrije i upotrebe zemljišta. Navedeni popis smatramo relevantnim i za Republiku Hrvatsku i preporučamo ga kao kriterij za odabir potencijalnih lokacija i pripadajućih parametara za motrenje.

### **2.3. Lokacije motrenja onečišćenja tla vezanih za difuzne (raspršene) izvore onečišćenja tla**

Motrenje nekoliko tisuća kemijskih tvari koje ulaze u tlo kroz koje dopjeva kroz difuzno onečišćenje nije moguće. Na listi najzatupljenijih kemijskih tvari koju je sastavila OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development: Environment; [www.oecd.org](http://www.oecd.org)) ima preko 4000 kemijskih tvari. Stoga prema preporukama *Radne skupine za onečišćenje* (Vegter et al., 2004: Working Group on Contamination, EU Soil Thematic Strategy) motrenje treba usmjeriti prema onečišćujućim tvarima koja mogu dosegnuti kritične granice koncentracija, te time utjecati na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla, biološku raznolikost u tlu, podzemnim i površinskim vodama. Motrenje je potrebno organizirati i usmjeriti samo na područja koja su ocjenjena kao područja rizika. Motrenje prvenstveno treba obuhvatiti prioritetne kemijske tvari kao što su one definirane u aneksima Direktive o vodama (WDF) i preporukama *Radne skupine za onečišćenje* (Römken P., et al., 2004). Navedene prioritetne tvari su minimum za provođenje motrenja, no također svako proširivanje liste stvara dodatne troškove programima motrenja. Osim navedenih kemijskih tvari motrenje treba obuhvatiti i parametre kao što su pH, kapacitet kationska izmjene (CEC) i zasićenje bazama, u područjima koji su zahvaćeni procesima zakiseljavanja. Ovi parametri indirektno daju informacije o biodostupnosti pojedinih onečišćivala.

Postoje dvije glavne grupe onečišćenih tala koje se klasificiraju kao difuzno raspršeno onečišćenje (Römken et al., 2004):

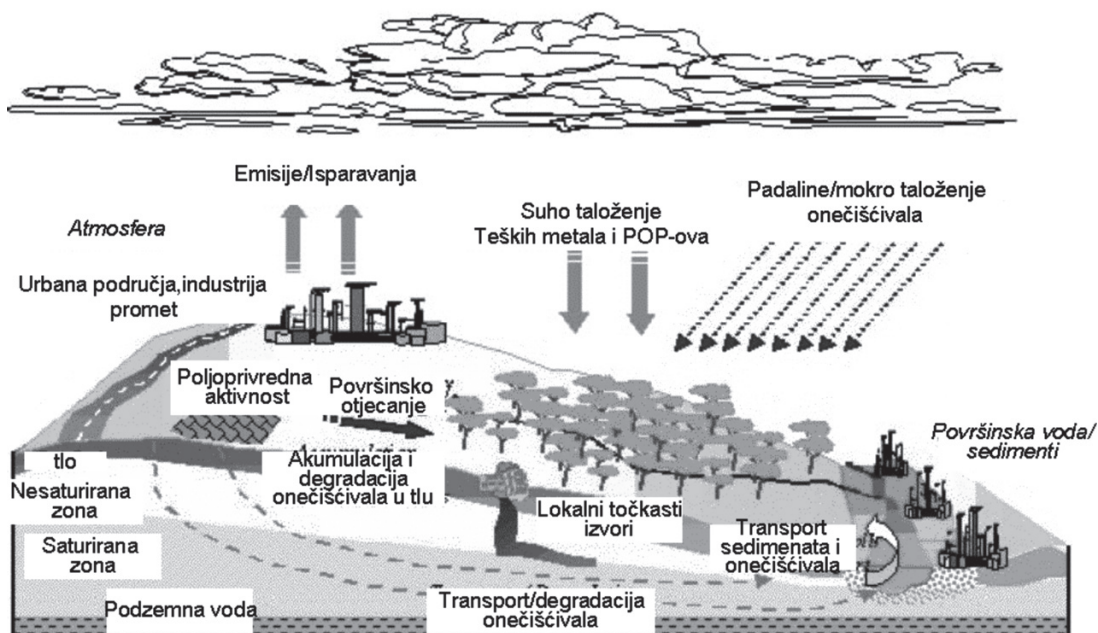
1. Onečišćenje koje je posljedica poljoprivredne aktivnosti i šumarstva, krajobrazne arhitekture, vrtova i parkova, urbane sredine gdje se ekološki sustav tla mijenja unosom nutrienata, pesticida i egzogene organske materije (stajsko gnojivo, kompost, gradski mulj), kako bi se povećala produktivnost ili zaštitilo sadašnje stanje zemljišta.
2. Onečišćenje koje ulazi u tlo prirodnim putovima kao što je atmosfersko taloženje i taloženjem iz površinskih voda (sedimenti).

Zajednička karakteristika ove dvije grupe tala je nemogućnost izbjegavanja unosa onečišćujućih tvari za razliku od tala onečišćenih lokanim izvorima gdje ona služe samo kao podloga za aktivnost. Raspršeno onečišćenje je posljedica kompleksne interakcije onečišćujućih tvari sa tlom kao heterogenim sustavom. Onečišćujuće tvari ulaze u tla različitim putovima. Poljoprivredno tlo može se onečistiti atmosferskim taloženjem, kroz umjetna gnojiva, tretiranjem s pesticidima, kompostom itd. Posebno složen problem predstavlja i interakcija pojedinih tvari u tlima koja može prouzročiti dodatne efekte na pojedinim receptorima (Slika 2.7.).

Stoga motrenje tala vezanih za onečišćenja iz raspršenih izvora treba vezati za četiri vrste lokacija:

- Poljoprivredna tla
- Šumska tla
- Urbane sredine (parkovi itd.)
- Cestovni promet

Odabir lokacija motrenja regionalnog difuznog onečišćenja trebao bi uskladiti sa lokacijama odabranim za motrenje šumskih (npr. prostori opterećeni kiselim kišama kao Risnjak u Gorskom kotaru su obogaćeni s Pb, Cd, Hg) i poljoprivrednih tala (npr. aluvijalna tla prve terase Drave su obogaćena s Pb, Zn, Cd).



**Slika 2.7.** Pritisci difuznih i lokalnih izvora onečišćenja na tla, onečišćena tla će s vremenom izgubiti funkcije filtriranja i pufera u hidrološkom ciklusu. Tla su ključni element u hidrološkom ciklusu koji određuje kvalitetu podzemnih i površinskih voda te konačno i pitke vode (SOWA).

## **2.4. Mogućnost integriranja lokacija za motrenje onečišćenih tala s drugim programima motrenja komponenata okoliša (voda, zrak, biološka raznolikost)**

Lokacije za motrenje onečišćenih tala potrebno je integrirati s drugim programima motrenja komponenata okoliša uzimajući u obzir:

- georeferenciranu bazu podataka GEOL o: izvorima onečišćenja tla, onečišćujućim tvarima koje su vezane uz potvrđeno onečišćene lokacije te statusu provedbe sanacije onečišćenih lokacija;
- druge baze podataka koje sadrže podatke o motrenju onečišćenja pojedinih komponenata okoliša (npr. katastar zaštite voda);
- direktive Europske Unije i smjernice za provedbu direktiva, koje utvrđuju potrebu motrenja izvora onečišćenja i pojedinih komponenata okoliša:
- Direktivu za prevenciju i kontrolu industrijskog onečišćenja (Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC 96/61/EC);
- Okvirnu direktivu o vodama (Water Framework Directive, WFD, 2000/60/EC);
- Okvirnu direktivu o kakvoći zraka (Air Quality Framework Directive, 96/62/EC);
- Direktivu o očuvanju prirodnih staništa (Habitats Directive, 92/43/EEC).

GEOL baza podataka i druge baze podataka o onečišćenju u okolišu služe kao podloga za određivanje lokacija za integralno motrenje onečišćenja tla i drugih komponenata okoliša. Razradu kriterija za izbor lokacija za integralno motrenje onečišćenja pojedinih komponenata okoliša potrebno je provesti u skladu sa usvojenim direktivama Europske Unije i smjericama za provedbu direktiva, koje utvrđuju potrebu motrenja izvora onečišćenja i pojedinih komponenata okoliša. Okvirna Direktiva za tlo još uvijek nije usvojena (postoji samo prijedlog Europske Komisije od 22. rujna 2006. godine pod nazivom: Proposal of Directive of EU Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC), niti smjernice za provedbu iste, ali postoje izvještaji i vodiči, koje je izradila Radna grupa za tlo Europske Komisije. Za prijedlog integralnog motrenja relevantna su dva dokumenta, koji obrađuju problematiku onečišćenja i motrenja tala:

Sažetak i konačni izvještaj Radne grupe za motrenje od 16. svibnja 2004. godine (Working Group on Monitoring, Executive Summary and Final Report, 16 May 2004);

Konačni izvještaj Radne grupe za onečišćenje od 21. svibnja 2004. godine (Report of the Working Group on Contamination, VOLUME IV, Working together towards a Risk Based Land Management, Task group on Contaminated land management, Final Report, 21 May 2004)

U uvodu Sažetka i konačnog izvještaja Radne grupe za motrenje, navedeno je da je motrenje tla u suštini bitno različito od motrenja ostalih komponenata okoliša (vode, zrak), upravo zbog vrlo velike varijabilnosti tla. Međutim, u nastavku ovog dokumenta navodi se da buduća Direktiva za tlo mora integrirati podatke, koji su dobiveni iz drugih programa motrenja komponenata okoliša, čime se potiče i potreba za odabirom integriranih lokacija motrenja. U okviru Konačnog izvještaja Radne grupe za onečišćenje, jedna od preporuka za izradu Direktive za

tlo tiče se integriranja motrenja kakvoće tla u okviru IPPC direktive, koja uređuje prevenciju i kontrolu industrijskog onečišćenja za sve komponente okoliša. Prema tome, iako na razini EU ne postoje zakonski i podzakonski akti koji cjelovito uređuju pitanje motrenja kakvoće tla, dokumenti radnih grupa za tlo Europske Komisije iz 2004. godine sadrže odgovarajuće preporuke za integriranje motrenja tla u cjelovito motrenje onečišćenja okoliša. Ove preporuke ugrađene su u priopćenje Europske Komisije od 22. rujna 2006. godine, pod nazivom Tematska strategija za zaštitu tla (Thematic Strategy for Soil Protection).

Neke od postojećih direktiva Europske Unije već sadrže odredbe koje ukazuju na potrebu integralnog motrenja pojedinih komponenata okoliša. Primjer je Okvirna direktiva o vodama (Water Framework Directive, WFD, 2000/60/EC). Naime, Zajednička implementacijska strategija (WFD Common implementation Strategy, CIS), donosi smjernice i vodiče za primjenu ove Direktive, koji, između ostalog, obrađuju značajke motrenja onečišćenih tala za adekvatnu prevenciju i kontrolu onečišćenja voda. Vodič za monitoring podzemnih voda (Monitoring Guidance for Groundwater) i radna verzija Vodiča za direktno i indirektno unošenje (Direct and indirect guidance – internal draft) iz listopada 2006. godine, sadrže kriterije za utvrđivanje motrenja onečišćenja u zoni tla i nezasićenoj zoni i njegovog integriranja u tzv. Obrambeno motrenje (Defensive monitoring), koje uključuje: tlo, nezasićenu i zasićenu zonu, odnosno podzemnu vodu. Ovaj tip motrenja karakterističan je za lokalne uvjete, tj. primjenjuje se u uvjetima kada je potrebno motriti točkaste ili difuzne izvore onečišćenja u lokalnom mjerilu.

Odabir lokacija za integrirano motrenje treba se bazirati na preporukama Radne skupine za onečišćenje (Vegter et al., 2004: Working Group on Contamination, EU Soil Thematic Strategy), a motrenje treba usmjeriti prema onečišćujućim tvarima koja mogu dosegnuti kritične granice koncentracija kod kojih se utječe na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnosti tla te se povećava ekološki rizik u smislu biološke raznolikosti u tlu, te podzemnim i površinskim vodama. Motrenje je potrebno organizirati i usmjeriti samo na područja koja su ocjenjena kao područja rizika. Dakle, integralno motrenje nužno je provesti na temelju prirodnih morfoloških cjelina tj. slivova u kojima je utvrđeno onečišćenje i gdje postoji njegova mogućnost širenja (kemijskom translokacijom kroz profil tla u vodonosnike i površinske vode ili fizičkim djelovanjem erozije i pronosa sitnih frakcija s onečišćenim tlom u površinske vode). Najefikasnija postaja za motrenje obuhvatila bi motrenje tla, atmosfersko taloženje, te motrenje površinskih i podzemnih voda (naročito kod lokalnih onečišćenja tla ugljikovodicima i difuznog onečišćenja s poljoprivrednih površina).

Integrirana istraživanja onečišćenih lokacija predviđa ISO 10381-5:2005 te za karakterizaciju podzemnih i površinskih voda predviđa upotrebu ISO standarda 5667 (Water quality – sampling).

Zaključno, cilj integralnog motrenja onečišćenja komponenata okoliša u lokalnom mjerilu je izrada detaljnog konceptualnog modela, kojim se utvrđuju fizikalne i kemijske značajke onečišćujućih tvari i komponenata okoliša, međuzavisnost pojedinih komponenata okoliša te procesi koji utječu na ponašanje tvari u okolišu. Na osnovi detaljno razrađenog konceptualnog modela, određuju se mjere za prevenciju i kontrolu, odnosno sanaciju onečišćenja.



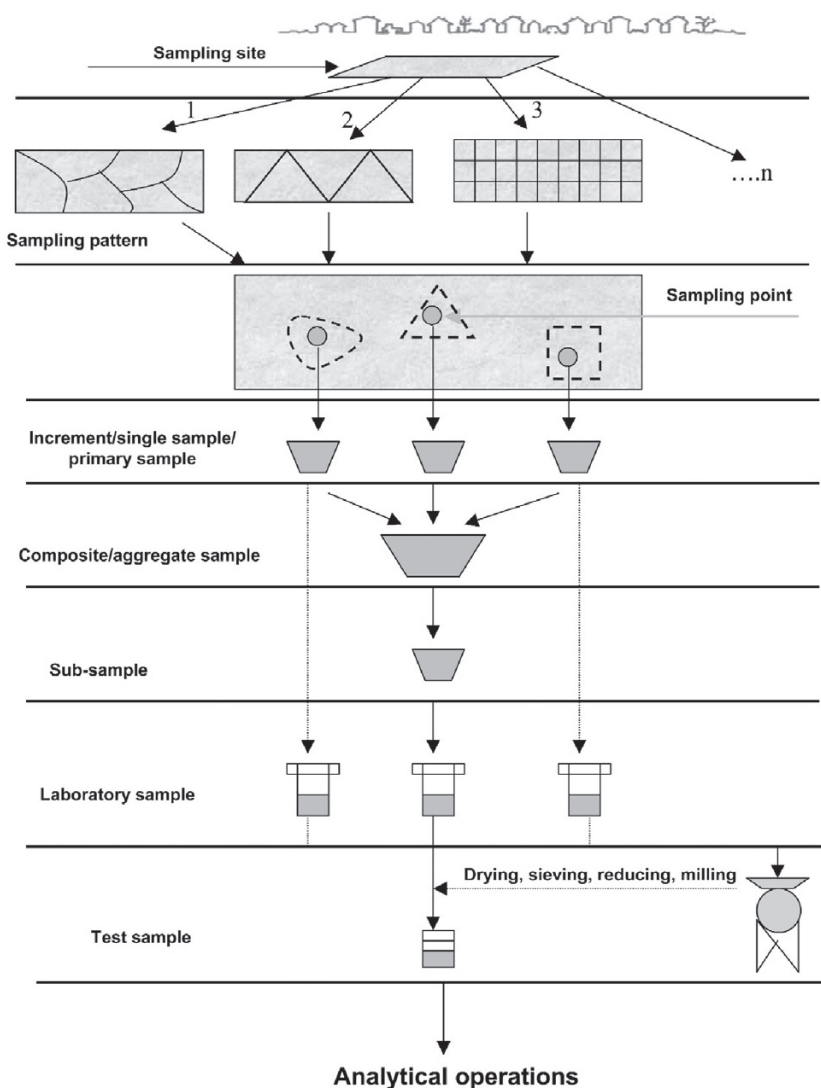
### 3. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tala

#### 3.1. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tala iz lokalnih izvora

Uzorkovanje onečišćenih tala iz lokalnih izvora je kompleksno budući da se radi o izrazito velikom broju različitih postrojenja i onečišćujućih tvari. Pri uzorkovanju tala treba se pridržavati protokola iz ISO standarda 10381-5:2005, te na potencijalno onečišćenoj lokaciji provesti istraživanja koja će utvrditi tip onečišćujuće tvari i njezinu geometriju raspršenja u tlu. Za svaku je lokaciju potrebno izraditi poseban plan uzorkovanja s obzirom na geometriju onečišćenja (prostiranje i dubinu migracije onečišćivala).

#### Uzorkovanje

Uzorkovanje (Slika. 3.1.) počinje nakon određivanja lokacije onečišćenja (preglednim ili detaljnim istraživanjem ISO 10381-5:2005) i izradom plana uzorkovanja. Uzorci se prikupljaju



Slika 3.1. Odnosi u postupcima uzorkovanja tla (IUPAC Recommendations, 2005)

sa različitim točkama uzorkovanja ("sampling points") čiji je položaj geografski određen s velikom točnošću (1-2m). Broj i relativni položaj točaka uzorkovanja ovisi o svrsi uzorkovanja i veličini onečišćenog prostora a određuju se na temelju odabrane odgovarajuće raspodjele lokacija uzorkovanja (sampling pattern/strategy), koja uključuju: (1) pravilne mreže (systematic pattern), (2) statistički pristup (random sampling), (3) odabir lokacija metodom slučajnih brojeva, (4) hipotetski orijentirano uzorkovanje (judgemental sampling) te (4) stratificirano tipološko uzorkovanje (stratified pattern). Uzorak koji se uzima na samoj lokaciji (increments) naziva se primarni uzorak ("primary sample"). Mješanjem više primarnih uzoraka dobiva se kompozitni uzorak ("composite / aggregate sample"). Laboratorijski uzorak ("laboratory sample") se dobiva ili neposredno iz primarnog uzorka ili smanjenjem ("reduction") primarnih uzoraka ili kompozitnih uzoraka. Tijekom smanjenja uzorka koriste se razne metode četvrtanja, sijanja i drobljenja. Laboratorijski uzorak koristi se za kemijske, fizičke i biološke analize (IUPAC Recommendations 2005).

### Uvjeti motrenja

Uvjeti motrenja mogu se utvrditi nakon što su izvedena pregledna i/ili detaljna istraživanja onečišćenog tla (ISO 10381-5:2005) te su rezultati istraživanja ukazali da onečišćenje može dosegnuti kritične granice koncentracija koje utječu na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla te povećanje ekološkog rizika u smislu biološke raznolikosti u tlu, te podzemnim i površinskim vodama (Tablica 3.1.).

**Tablica 3. 1.** Kriteriji za utvrđivanje uvjeta motrenja (prema OIS Soil sampling manual, 2003).

Područje istraživanja	Kriteriji motrenja
Uzorkovanje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- potrebna rezolucija istraživanja (broj točka uzorkovanja)</li> <li>- odabir veličine adekvatnih prostora za utvrđivanje koncentracije i migracijskih putova onečišćivala (optimizacija motrenja upotrebom kompozitnih uzoraka)</li> <li>- definiranje točnosti rezultata (broj ponavljenih uzoraka)</li> <li>- točnost i preciznost određivanja lokacija uzorkovanja kako bi se osigurala ponovljivost uzorkovanja</li> </ul>
Dodatna istraživanja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- opis pedoloških profila: tip i broj, karakteristike,</li> <li>- bušotine: tip i broj</li> <li>- karakterizacija tla: broj i tipovi uzoraka (dubine uzorkovanja)</li> <li>- tip upotrebe zemljišta, geomorfološke, geološke i hidrogeološke karakteristike detaljno na lokacijama gdje je voda ugrožena</li> </ul>
Analitičke metode	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kemijske tvari koje onečišćuju i specifikacija analiza prema ISO standardima</li> <li>- tipične koncentracije šireg područja i granične koncentracije za tla te specifikacija metoda</li> <li>- biodostupne i mobilne koncentracije; kemijske ekstrakcijske analize i sekvencijalne ekstrakcije.</li> </ul>
Metode ocjene kvalitete i interpretacije rezultata	<ul style="list-style-type: none"> <li>- standardi s kojima se uspoređuju rezultati (npr. MDK za poljoprivredna tla za teške kovine, ili Nizozemski standardi)</li> <li>- rasponi vrijednosti koncentracija i srednje vrijednosti</li> <li>- osnove za interpretaciju odnosa karakteristike tla i dobivenih rezultata kemijskih analiza</li> <li>- ocjena primijenjenih postupaka i metoda (referentni standardi, interkalibracije, geostatističke metode, testovi hipoteza)</li> </ul>

Procedure koje je potrebno obaviti da bi se zadovoljili uvjeti motrenja onečišćenih tala potrebno je razraditi kroz plan uzorkovanja (Tablica 3.1.). Glavni cilj je da se unaprijed utvrde postupci usklađeni s protokolima i standardima (ISO ili druge međunarodno priznate procedure kao što je npr. ICP Forests). Izrada plana uzorkovanja (Tablica 3.2.) i njegovo poštivanje je ključni element za osiguranje kvalitete motrenja.



**Tablica 3.2.** Elementi programa/plana uzorkovanja.

Raspodjela lokacija (Sampling pattern)	Poglavlje 3.1.1
Tipovi uzoraka (Sample types)	Poglavlje 3.1.2
Kompozitni uzorci (Composite samples)	Poglavlje 3.1.2
Dubina uzorkovanja (Sampling depths)	Poglavlje 3.1.3
Količina uzorka (Sample quantity)	Poglavlje 3.1.3
Opis lokacije i uzorkovanja (Site description)	Poglavlje 3.1.4

### **3.1.1. Prijedlog plana lociranja mjesta i točaka za uzimanje uzoraka na terenu**

Premda pri istraživanju onečišćenih lokacija postoji nekoliko glavnih pristupa uzorkovanju (pravilna mreža, statistički pristup, hipotetski orijentirani pristup i druge metode čiji detaljan opis daje metoda ISO 10381-1:2002), ISO 10381-5:2005 preporučuje uzorkovanje na temelju pravilne mreže (kvadratne, rjeđe trokutne). Razlozi za izradu pravilnih mreža uzorkovanja su: jednostavnost postavljanja mreže na terenu, te jasno praćenje promjena u prostornoj distribuciji onečišćujućih tvari. Pri odabiru lokacija nužno je utvrditi postojanje vrućih točaka ("hotspot") koje predstavljaju onečišćene prostore unutar neonečišćenih prostora i prostore koji pokazuju puno veći stupanj onečišćenja od susjednog onečišćenog prostora, te ih okonturiti.

#### **Uspostava mreže postaja za motrenje onečišćenih tala**

Prema preporukama radnih skupina za uspostavljanje Europskog sustava motrenja tla (European Soil Monitoring Network) smatra se da broj postaja za motrenje i njihova prostorna raspodjela ovise o opasnostima koje se namjeravaju motriti. Sustav pravilne mreže predložen je za motrenje difuznog onečišćenja. Smatra se da je postojeća mreža od 16 x 16 km uspostavljena u sklopu motrenja šuma (ICP Forests) odgovarajuća. Preporuke za motrenje lokacije difuznog onečišćenja temelje se na sustavu koji se sastoji od tri razine ("nested sampling design in three levels"). Prva razina obuhvaća uspostavljanje mreže lokacija po uzoru na ICP Forests. Na prvoj razini (Level I) motrenja difuznog onečišćenja naglašena je potreba da mreža postaja motrenja bude reprezentativna u smislu ugradnje varijabilnosti distribucije različitih karakteristika tla, njihovih funkcija i upotrebe zemljišta temeljene na različitosti krajobraznih i morfoloških karakteristika. Motrenje lokalnih onečišćenja tla (vruće točke) predviđeno (određeni broj lokacija iz mreže prve razine) je na drugoj i trećoj razini motrenja. Na drugoj razini motrenja predviđa se analiza parametara po standardiziranim metodama u jedinstvenom laboratoriju za sve postaje druge razine u Europi. Treća razina motrenja uključuje motrenje na specijaliziranim postajama koja uključuju onečišćena tla npr. iz specijaliziranih industrijskih prerada, bivših vojnih postrojenja, tla onečišćenih radioaktivnošću).

#### **Uzorkovanje postaja za motrenje**

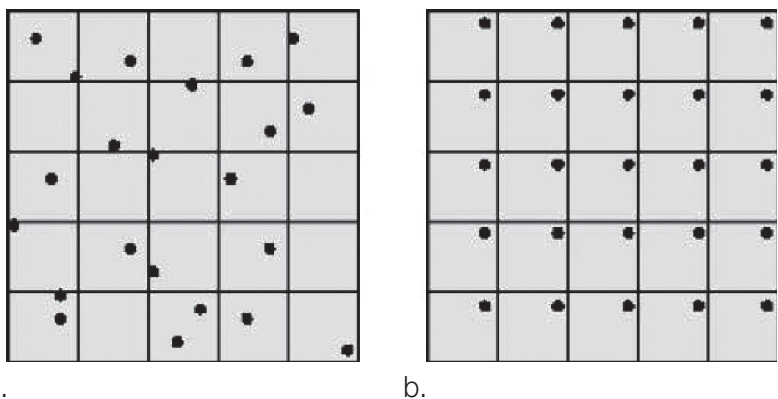
Raspored točaka uzorkovanja određuje se na temelju sheme uzorkovanja ("sampling pattern"). Shema uzorkovanja temelji se na ciljevima i svrsi motrenja, hipotezi onečišćenja (tip, mobilnost i biodostupnost u tlu) te potrebnoj rezoluciji.

Odgovarajuću shemu predstavlja ona kod koje minimalan broj točaka uzorkovanja adekvatno predstavlja područje motrenja. Neodgovarajuće sheme uzorkovanja predstavljaju jedan od najozbiljnijih izvora grešaka u procjeni onečišćenja tla. Osim što daju pogrešne rezultate, izvor su i pogrešnih interpretacija.

#### **Osnovne sheme za uzorkovanje tla**

- Raspodjela slučajnih brojeva ("Random distribution") točaka uzorkovanja

Raspodjela točaka na temelju slučajnih brojeva predstavlja jedinu objektivnu shemu uzorkovanja (slika 3.2.), budući da osigurava da je svaka točka na terenu uzeta s jednakom vjerojatnošću. Time se sistematske greške potpuno eliminiraju iz sustava uzorkovanja. Nedostatak ove sheme je što zahtijeva i najveći broj uzoraka U praksi ovaj postupak oduzima puno vremena kod velikih površina i dovodi do neravnomjerne raspodjele točaka po površini lokacije. U preporukama ICP Forests (ICP-Forests Manual, 2006, Part III Sampling and Analysis of Soil) za motrenje distribucija točaka treba biti određena ili slučajnim brojevima (“random design”) ili postavljanjem pravilne mreže sa komponentom slučajnosti (“systematic design with a random component”).



**Slika 3.2.** Prikaz distribucije točaka uzorkovanja odabirom metode slučajnih brojeva (a.) i metode pravilne mreže (b.)

- Pravilna mreža (“systematic distribution”)

Pravilna mreža bazira se na geometrijskoj mreži. Najčešće se koristi pravilna kvadratna mreža. Upotrebom trokutaste mreže područje pokrivanja je puno veće, ali je postavljanje i lociranje točaka zahtjevnije. Budući da izbor mreže zahtijeva stručno predznanje o lokaciji, sistematske greške nije moguće isključiti. Ako se pretpostavi ista rezolucija uzorkovanja, pravilna mreža zahtijeva manje uzoraka od raspodjele slučajnim brojevima. Prednost ove metode je njezina proporcionalnost s veličinom lokacije.

- Hipotetski orijentiran pristup (“judgemental distribution”)

Postavljanje točaka uzorkovanja u hipotetskom pristupu temelji se na poznavanju prirode i prostiranja onečišćenja (razrađeno na temelju preliminarnih istraživanja prema ISO 10381-5:2005 ili drugih istraživanja vezanih za lokaciju). Točke uzorkovanja postavljaju se na temelju stručne procjene o utjecaju specifičnih aktivnosti. Ovaj pristup uzorkovanju najosjetljiviji je na sistematske greške jer uvijek postoji mogućnost da su prisutni i nepoznati uzroci onečišćenja koji se nisu pretpostavili. Hipotetski pristup koristi najmanji broj uzoraka. Vjerojatnost netočne pretpostavke o onečišćenju vrsti i prostiranju je velika. Ovaj pristup zahtijeva vrlo pažljivo provođenje preliminarnih istraživanja. Tipološki pristup je varijanta hipotetskog pristupa gdje se uzorkovanje usmjeruje na određene tipove tla, horizonte ili litološke podloge.

Postoji načelni odnos između potrebnog broja uzoraka i vjerojatnosti greške za sve tri distribucije točaka uzorkovanja. Raspodjela slučajnim brojevima zahtijeva najveći broj uzoraka uz najmanju grešku. Usmjerenost uzorkovanje (hipotetski pristup) zahtijeva relativno najmanji broj uzoraka ali vjerojatnost greške zbog pogrešne hipoteze o onečišćenju je najveća. Distribucija točaka po pravilnoj mreži nalazi se između prethodna dva slučaja po broju uzoraka i veličini

pogreške. Stoga je preporuka ICP Forests (ICP-Forests Manual, 2006, Part III Sampling and Analysis of Soil) za motrenje distribucija točaka uz postavljanje pravilne mreže sa komponentom slučajnosti ("systematic design with a random component") najpovoljniji kompromis za uzorkovanje postaja/ploha motrenja.

Određivanje najmanjeg broja uzoraka na području zahvaćenom lokalnim onečišćenjem ovisi o površini onečišćenja i vjerojatnom obliku. Nakon što su utvrđeni ovi parametri optimalan broj točaka (N) koji će sa 95% vjerojatnošću pokriti prostor onečišćenja može se izračunati kao (BS 10175: BSI, 2001):

$$N = kA / a$$

gdje je:

N = broj potrebnih točaka

A = površina lokacije (m<sup>2</sup>)

a = površina onečišćenog područja –hot spot (m<sup>2</sup>)

k = konstanta za geometrijski oblik onečišćenja (1,0=kružni oblik; 1,8 = eliptični; 1,5 = nepoznati).

Britanski standard za istraživanje potencijalno onečišćenih površina (BS 10175: BSI, 2001) preporučuje da se za vrijeme preglednog istraživanja ("exploratory investigation") lokacije koristi kvadratna mreža od 50-100 m što je ekvivalent od 1 do 4 uzorka po ha. Nepisanim pravilom i u praksi (britanskoj), međutim, obično se uzimaju 3 uzorka po ha. U područjima koja pokazuju izrazitu heterogenost, gustoća uzorkovanja mora se povećati. Za lokalno onečišćena tla, prema UK guidance - Sampling strategies for contaminated land (DoE, 1994), smatra se da oko 5 % prostora onečišćene lokacije predstavlja vruću točku ("hot-spot"). Na temelju takve postavke, bez obzira na veličinu lokacije, za ograničenje vruće točke potrebno je minimalno 22 uzorka.

Površine za motrenje difuznog onečišćenja i lokalno onečišćenih tala, prema German Federal-Land Working Group Soil Protection (LABO) "Soil monitoring in Germany - Installation and Operation of Soil Monitoring Sites (Barth et al. 2001), pokrivaju područje od oko 1000 m<sup>2</sup>. Izrada pedoloških jama za karakterizaciju profila tla izvan je granica područja predviđenog za motrenje.

Motrenje tala na razini II, prema ICP-Forests Manual (2006), predviđa najmanje 24 uzorka iz svakog sloja, koji se kombiniraju u kompozitne uzorke (najmanje tri kompozitna uzorka). Udaljenost između točaka uzorkovanja je najmanje 5 m kako bi se izbjegla autokorelacija pri statističkoj obradi podataka. Težine pojedinačnog uzorka iz kojeg se radi kompozitni uzorak moraju biti iste težine i obuhvaćati isti dubinski interval.

Za istraživanje onečišćenih tala, kompozitni uzorci se preporučuju u slučaju homogene distribucije tla i kada su kemijske tvari nevolatilne ili semi-volatilne (ISO 10381-5:2005). Kompozitni uzorci ne rade se za utvrđivanje motrenje volatilnih komponenti. Generalno se smatra da se pri motrenju onečišćenih tala iz lokalnih izvora treba izbjegavati kompozitne uzorke.

### **Dubina uzorkovanja**

Dubine uzorkovanja ovise prvenstveno o tipu onečišćenja (ISO 10381-5:2005). Raspodjela onečišćenja na lokaciji može varirati sa dubinom budući da onečišćujuće tvari mogu imati različite izvore i različitu mobilnost, kao i različito ponašanje u interakciji s tlom. Stoga pri odabiru dubina motrenja onečišćenog tla iz lokalnog izvora treba uzeti u obzir: (1) kemijsko-fizičke karakteristike profila tla i njihove varijacije, (2) lokacija izvora onečišćenja koja se može nalaziti ispod

sadašnje površine tla (krute tvari koje sadrže mobilne izlužive komponente, cijevi, spremnici, isplačne jame kod naftnih bušotina itd.) te (3) upotreba zemljišta na lokaciji. U osnovi dubina uzorkovanja onečišćenih lokacija može se utvrditi tek nakon što su obavljena detaljna istraživanja kojima je utvrđena geometrija onečišćenja ("main site investigation", ISO 10381-5:2005). Pojedinačni uzorci uzimaju se u intervalima od 10 do 50 cm koji ne mogu biti reprezentativni za više od 1 m profila ovisno o formulaciji hipoteze onečišćenja (hipoteza definira potencijalne dubine onečišćenja). Uzorkovanje na točkama treba provesti na način da se obuhvati cijela dubina onečišćenog profila tla. Preporučuje se uzorkovanje po intervalima prirodnih horizonata.

Budući da onečišćenje često migrira do podzemnih voda u obliku koncentriranog onečišćenja ("plume") potrebno je i uzrokovati površinsku zonu vodnog lica (ISO 10381-5:2005).

ICP Forests (ICP-Forests Manual, 2006 - Part III Sampling and Analysis of Soil) protokol predviđa uzorkovanje u svrhu motrenja difuznih onečišćenja šumskih tala na četiri fiksna dubinska intervala gdje se posebno uzorkuje humusni horizont a nulti horizont je početak mineralnog horizonta, dubine su prikazane u Tablici 3.3.

**Tablica 3.3.** Dubine uzorkovanja za motrenje šumskih tala i difuznih onečišćenja razina II (ICP-Forests Manual 2006).

Obavezno	Opcije
0-10 cm	
10-20 cm	0-5 cm
20-40 cm	5-10 cm
40-80 cm	

Pri motrenju tala gdje je težište na odnosu onečišćeno tlo ljudsko - zdravlje i onečišćeno tlo -biljka, prema njemačkom standardu za onečišćena tla BbodSchV (1999), dubine uzorkovanja za neorganske i nevolatilne organske tvari prikazane su u tablici 3.4.

**Tablica 3.4.** Dubine uzorkovanja onečišćenih tala prema upotrebi, za odnose onečišćeno tlo-ljudsko zdravlje i onečišćeno tlo-biljka BbodSchV (1999).

Put	Upotreba	Dubina uzorkovanja
tlo – ljudsko zdravlje	dječja igrališta	0-10 cm <sup>1)</sup>
	rezidencijalna područja	10-35 cm <sup>2)</sup>
	parkovi i rekreacijski prostori	0-10 cm <sup>1)</sup>
	industrijska i komercijalna zemljišta	0-10 cm <sup>1)</sup>
tlo - biljka	poljoprivreda i vrtovi	0-30 cm <sup>3)</sup>
	livade i travnjaci	30-60 cm

- 1) Područje utjecaja oralnog unosa ili unosa tvari preko kože i dodatno 0-2 cm ako postoji opasnost od udisanja
- 2) 0-35 cm: prosječna dubina umjetnih tala i dubina do koje djeca dolaze u dodir s tlom
- 3) Radna površina

#### 4) Primarna zona korijena

##### **Sustav onečišćeno tlo –podzemna voda**

U slučaju sustava onečišćeno tlo - podzemna voda uzorci se uzimaju do dubine kroz nesaturiranu zonu ispod granice prodora onečišćujuće tvari ili do nepropusnih slojeva kako bi se utvrdila vertikalna distribucija onečišćenja. Uzimaju se uzorci iz specifičnih horizonata ili slojeva. Intervali koji se uzorkuju u profilu tla ne smiju biti veći od 1m (BbodSchV, 1999).

##### **Količine uzoraka**

Potrebne količine uzoraka tla definirane su u ISO 10381-1:2002. Količine uzoraka tla ovise o tipu i vrstama onečišćenja koje se motri. Za većinu organskih komponenti količine uzoraka potrebnih za pojedinu analizu variraju od 100 do 200 grama pripremljenog uzorka. Količine treba dogovoriti s laboratorijima koji će obaviti analize. Također treba odrediti i broj uzoraka koji će se ponavljati i za koje analize su potrebni dvostruki (kontrolni uzorci). Treba računati i na činjenicu da se dio uzorka izgubi sijanjem (frakcija >2 mm).

##### **Rezervni uzorci**

Rezervni uzorci su uzorci koji se spremaju na nekoliko mjeseci nakon analize i interpretacije podataka kako bi se neke analize mogle ponoviti u slučaju dvojbjenih rezultata.

##### **Arhivirani uzorci**

Arhivirani uzorci su uzorci koji se spremaju na duže vremensko razdoblje (decenijima) kako bi bile moguće usporedbe i provjere uzoraka tokom cijelog razdoblja motrenja.

##### **Pohrana i transport uzorka tla**

Tijekom terenskih istraživanja/uzorkovanja posude sa uzorcima potrebno je čuvati u terenskim frižiderima na temperaturi od 2–4°C, zaštićenim od dnevnog svjetla. Uzorci se dostavljaju u laboratorij u čim kraćem vremenu nakon što je uzorkovanje završeno (FAO, 2000). Izbor posuda za pohranjivanje uzoraka (staklene, pvc, teflonske posude ili aluminijska folija) propisane su sa standardom ISO 10381-1:2002. Transport uzoraka za analizu organskih onečišćivača, kao i njihovo pohranjivanje, regulirano je standardom ISO 14507:2003. Vrijeme skladištenja uzoraka prije analize je ograničeno zbog isparavanja i biodegradacije. Uzorak je potrebno pripremiti za analizu unutar preporučenih vremena skladištenja koja su prikazana u Tablici 3.5. (FAO, 2000).

**Tablica 3.5.** Maksimalna vremena skladištenja uzoraka prije ekstrakcijske analize.

Parametri	Vrijeme skladištenja
Otapala	24 h
VOX	24h
Fenoli	24 h
Klorirani pesticidi i PCB	7 dana
EOX/AOX	48 h
TPH	24 h
PAH	7 dana
Krom VI	48 h
Živa (ukupna)	15 dana
Metali	neograničeno

## **Označavanje uzoraka**

Posude koje sadrže uzorke tla trebaju imati oznaku uzorka, naziv lokacije, dubinu uzorkovanja i datum uzorkovanja.

### **3.1.2. Izbor načina zemljopisnog lociranja i označavanja izabrane lokacije na terenu**

Pri postavljanju pravilne mreže nužno je voditi računa da se mreža ne podudara s topografijom kako ne bi došlo do unošenja sistematskih grešaka u uzorcima. Gustoća uzorkovanja ovisit će o prostornom rasprostiranju onečišćenja.

Pozicije početnih točaka mreže uzorkovanja na terenu (označavaju se kutnim kamenom s markacijom na vrhu) odredit će se pomoću submetarskog GPS-a i prikazati na planovima mjerila 1:1000 do 1:5000 ovisno o veličini lokacije. Lociranje točaka GPS uređajem omogućuje preciznost uzastopnog uzorkovanja tla i rukovanje podacima u GIS (Geographical Information System) okruženju. GPS (Trimble, Thales, Garmin) bi trebao imati mogućnost ugradnje ArcPad (ESRI) aplikacije s razrađenom Access bazom podataka. Prostor postaje/plohe određene za motrenje onečišćenih tala treba definirati pomoću mjernih instrumenata i naprava (npr. teodolit). Pri opisu lokacije primijenjuje se norma ISO 15903:2002, a pri opisu profila i uzorkovanju FAO -priručnik za opis profila te posljednja verzija WRB (World Reference Base) klasifikacije. Opis profila i podaci o uzorcima iz profila unosit će se u standardizirane obrasce i odgovarajuće relacijske baze podataka. Standardni obrasci sadržavati će podatke prikazane u tablicama 3.6 do 3.22., i trebaju biti usklađeni sa obrascima za motrenje poljoprivrednih i šumskih tala.

### **3.1.3. Način uzorkovanja**

Uzorkovanje se treba obavljati prema protokolima opisanim u standardima: ISO 10381-1:2002 i ISO 10381-2 :2002 gdje su opisane i metode uzimanja uzoraka uključujući plitko bušenje, pedološke jame, uzorkovanje pomoću augera, te su dana uputstva za pohranjivanje uzoraka i njihovo obilježavanje. Količine uzoraka ovisit će o predviđenim analizama. Pri uzimanju površinskih uzoraka (0-20 cm) potrebno je za svaku točku uzorkovanja raditi kompozitne uzorke s najmanje 5 uzoraka. Kompozitni uzorci ne smiju biti lakši od 2 kg. Količine uzorka definirane su protokolima u ISO 10381-1:2002. U laboratoriju je nužno izvršiti pripremu uzoraka i redukciju mase metodama četvrtanja (ISO 11464:2006 i ISO 140507). Dubina uzorkovanih profila ovisit će o varijabilnosti fizičkih i kemijskih svojstva tla duž profila, izvoru onečišćenja (kruta tvar, tekuće faze) i njegove lokacije unutar profila, mobilnosti plinova i tekućina kroz profil, svojstvima onečišćivača, te namjeni onečišćenog prostora. Dakle, dubina uzorkovanja određuje se od lokacije do lokacije prvenstveno sa stajalište buduće/sadašnje upotrebe prostora i vjerojatnih pravaca migracije onečišćujuće tvari (ISO 10381-5:2005). Čuvanje i arhiviranje uzoraka provest će se prema ISO standardu 10381-1:2002. U pravilu se smatra da su intervali uzorkovanja od 5-10 godina dovoljni za utvrđivanje promjena u koncentracijama teških metala i organskih spojeva (Van-Camp et al., 2004). Promjene u koncentracijama dušika i fosfora su puno brže, te se stoga navedeni parametri trebaju motriti češće. Ako je poznata dinamika pojedinih tvari, učestalost uzorkovanja treba se prilagoditi individualno za svaku tvar.

### **3.1.4. Ostali podaci važni za motrenje**

Podaci koje treba sadržavati baza podataka lokacija motrenja uključuju: kartografske prikaze (topografske, pedološke, geološke), geomorfološke opise lokacije, upotrebu zemljišta, litološki opis podloge, postojanje izdanaka, tipove tla prema FAO klasifikaciji, teksturu, okamenjenost, nivo vodnog lica podzemnih voda, hidropedološke parametre. Popis parametara biti će organiziran kao baza podataka a prema ISO normama 10381-1:2002 do ISO 10381-4:2003. Dokumentacija motrenja treba sadržavati:



- podatke i prateće obrasce s uputama vezane uz zasnivanje postaje za motrenje (inicijalno uzorkovanje);
- podatke i prateće obrasce s uputama vezane uz uzastopna uzorkovanja postaje za motrenje;
- podatke i prateće obrasce s uputama vezane uz pripremu i skladištenje uzoraka prije kemijskih analiza.

Nakon odabira lokacije za zasnivanje postaje za motrenje onečišćenih tala (na temelju utvrđenog onečišćenja istraživanjima koje su provele razne institucije u sklopu izrada studija utjecaja na okoliš i drugih znanstvenih istraživanja vezanih za pojedine lokacije i šire prostore ili su utvrđene ciljanim istraživanjem prema normi ISO 10381-5:2005) nužno je prikupiti informacije i podatke o postaji i tijeku uzorkovanja koji se upisuje u obrazac za opis postaje. Obrazac bi trebao sadržavati slijedeće elemente (koji će biti i usklađeni s obrascima za motrenje poljoprivrednih i šumskih tala) :

1. Podaci vezani za uzorkovanja (inicijalno uzorkovanje) postaje za motrenje onečišćenih tala (prijedlog prema OIS Soil sampling manual (2003) i ISO 10381-2:2002 do ISO 10381-5:2005, ISO 19258:2005 Soil quality-Guidance to determination of background values i ISO 11259:1998 Simplified soil description) prikazani su u tablicama 3.6.-3.14. (Podebljano: obavezno).
2. Podaci vezani uz uzastopna uzorkovanja postaje u sklopu programa motrenja onečišćenih tala (prijedlog prema OIS Soil sampling manual (2003) i ISO ISO 10381-2 do ISO 10381-5) prikazani su u tablicama 3.15-3.19. (Podebljano: obavezno).
3. Podaci vezani uz pripremu i skladištenje uzoraka prije kemijskih analiza prikazani su u tablicama 3.20-3.22.

Obavezno se uz obrazac za inicijalno uzorkovanje prilaže i obrasce za uzastopna uzorkovanja u programu motrenja (Prema Soil Analysis Method 1 (SA01) ICP-Forests Manual (2006) Part III Sampling and Analysis of Soil, Pre-treatment of Samples i ISO 11464:1994 i OIS Soil sampling manual (2003)). Priprema uzoraka se temelji na ISO 11464:1994 standardu (*Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analysis*). Prikupljeni uzorci transportiraju se u laboratorij čim prije, gdje se suše na zraku (volatilne i semi volatilne komponente) ili 40 °C (ISO 11464:1994). Vrijeme skladištenja ovisi o komponentama koje se analiziraju i prikazano je u tablici 3.5. (Podebljano: obavezno)

Podaci vezani uz pripremu i skladištenje uzoraka prije kemijskih analiza (prijedlog)

Obavezno se uz obrazac za inicijalno uzorkovanje prilaže i obrasce za uzastopna uzorkovanja u programu motrenja (Prema Soil Analysis Method 1 (SA01) ICP-Forests Manual (2006) Part III Sampling and Analysis of Soil, Pre-treatment of Samples i ISO 11464:1994 i OIS Soil sampling manual (2003)). Priprema uzoraka se temelji na ISO 11464:1994 standardu (*Soil quality – pretreatment of samples for physico-chemical analysis*). Prikupljeni uzorci transportiraju se u laboratorij čim prije, gdje se suše na zraku (volatilne i semi volatilne komponente) ili 40 °C (ISO 11464:1994). Vrijeme skladištenja ovisi o komponentama koje se analiziraju i prikazano je u tablici 3.5. (Podebljano: obavezno)

**Tablica 3.6.** Opći podaci

	Što?	Kako?	Zašto?
11	<b>Projekt</b>	-naziv projekta, i lokacije; -datum uzorkovanja; -odgovorna osoba (institucija, adresa, telefonski broj)	-dokumentacija
12	<b>Lokacija</b>	Mjesto, općina, županija, ime lokacije, katastarska čestica(ce,) koordinate (X, Y, i točnost određivanja, GPS ), nadmorska visina, broj iz nacionalnog katastra onečišćivača	-nalaženje lokacije
13	<b>Osobe za kontakt</b>	Vlasnik zemljišta, (poduzeće, osobe za kontakt, adresa, telefon,	-upiti i odobrenje upotrebe lokacije
14	<b>Tip onečišćenja (utvrđeno istraživanjima prema ISO 10381-5:2005)</b>	Način unosa i tip onečišćivača, geografsko prostiranje, granice onečišćenja, distribucija onečišćenja (koncentracijski rasponi i prostorni raspored)	-izrada plana uzorkovanja,
15	<b>Tip i frekvencija motrenja</b>	koje komponente (kemijski parametri)	-dodatna istraživanja (sekvencijalne analize) na nove komponente

**Tablica 3.7.** Položaj lokacije/postaje

	Što?	Kako?	Zašto?
21	<b>Karta lokacije/postaje</b>	lokacija uzorkovanja (područje uzorkovanja, mjesta uzorkovanja, bušotina, pedoloških jama) referentne točke, obilježeni kutni kamen, fotografije (GIS projekt s georeferenciranim podacima i odgovarajućom bazom podataka)	-točno lociranje ponovljenog uzorkovanja
22	<b>Legenda</b>	kartografski oznake, referentne točke (geodetske točke), kutni kamen,	
23	Dodatne informacije	opisi	-dodatne informacije za lakše ponovljeno lociranje



**Tablica 3.8.** Uzorkovanje i transport uzoraka

	Što?	Kako?	Zašto?
31	<b>Mreža uzorkovanja</b>	<b>Karta</b>	-ponovljivost uzorkovanja (ISO 10381-1:2002)
32	<b>Legenda</b>	<b>Kartografski simboli</b>	-dobivanje prosječnih uzoraka(ISO 10381-1:2002)
33	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	bez padalina, kiša, snijeg, trajanje (koliko dana)	-Ocjena kvalitete uzorkovanja (ISO 10381-2:2002)
34	Stanje tla	Suho, vlažno, mokro, smrznuto	- Ocjena kvalitete uzorkovanja (ISO 10381-2:2002)
35	Sigurnost na radu	Da, ne. Ako da: koje?	-Budući da onečišćene lokacije mogu ugroziti zdravlje istraživača potrebno je poduzeti mjere smanjenja rizika prema ISO 10381-3:2001
36	Dodatne informacije	Opis	-Detaljniji opis uzorkovanja (u slučaj npr. nekonzistentne primjene metode uzorkovanja, zbog morfologije, kamenitosti, vlasničkih odnosa)
37	<b>Transport uzoraka</b>	<b>Ohlađeni/ne ohlađeni(+4°C), trajanje transporta do anal. laboratorija (dana)</b>	-Stabilnost uzorka naročito za pojedine volatine ugljikovodike koji zahtijevaju analizu unutar 2 do 3 dana (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)

**Tablica 3.9.** Upotreba zemljišta i vegetacija

	Što?	Kako?	Zašto?
41	<b>Sadašnja upotreba</b>	<p><b>Poljoprivreda:</b>  <b>livade, pašnjaci, obradiva zemljišta, vinogradi, voćnjaci, maslinici</b>  <b>Šumska tla:</b>  <b>četinjače, listopadna šuma, miješana, druge</b>  <b>Urbana tla :</b>  <b>vrtovi, okućnice, dječja igrališta, parkovi, rekreacijska područja</b>  <b>Industrijska tla: (obuhvaća i odlagališta otpada i područja eksploatacije mineralnih sirovina, prometnice: sadašnja i napuštena)</b></p>	<p>-Upotreba zemljišta važan je kriterij u ocjeni unosa onečišćivala i mogućih hazarda za ljude, životinje biljke i vode - intenzitet upotrebe zemljišta (nomenklatura prema motrenju poljoprivrednih tala)                      -Poljoprivredna i šumska tla: za detaljnije opise upotrijebiti dodatne obrasce iz programa trajnog motrenja poljoprivrednih tala te obrasce iz programa trajnog motrenja šumskih tala (ISO 11259:1998)                      -šume, mogućnost filtracije atmosferskih onečišćenja, kritična opterećenja)                      -Rezidencijalna područja: klasifikacija ovisi o interventnim i maksimalno dopuštenim vrijednostima onečišćivala u tlima. Druge upotrebe prostora</p>
	Trajanje upotrebe	Od (godine), trajanje (godine)	-Za procjenu intenziteta onečišćenja
42	Prijašnje upotrebe	Upotreba/e od ..... do (godine); trajanje (x) godina	- Utjecaj prijašnjih upotreba zemljišta na onečišćenje tla
42	<b>Vegetacija</b>	<b>Vegetacija i njezina površina(%), debljina humusa (cm)</b>	Procjena utjecaja onečišćenja na sadašnju upotrebu tla, utjecaj na prinose, oštećenost stabala itd. (ISO 11259:1998)
44	Dodatne informacije	Opis	detaljniji opis upotrebe zemljišta i vegetacije

**Tablica 3.10.** Klima i atmosfersko onečišćenje

	Što?	Kako?	Zašto?
51	<b>Tip lokacije</b>	<b>-ruralna, urbana, gradska, -blizina prometnica, blizina industrije, planinska,</b>	-Procjena atmosferskog onečišćenja (kvalitativna procjena pozadinskog/difuznog onečišćenja)
52	<b>Izvori</b>	<b>Popis lokalnih i potencijalnih regionalnih izvora atmosferskog onečišćenja koji su relevantni u odnosu na lokaciju uzorkovanja (smjer u odnosu na lokaciju udaljenost, visinska razlika, prepreke)</b>	-Procjena atmosferskog onečišćenja
53	<b>Klima i izloženost</b>	<b>Godišnje padaline (mm/god), ruža vjetrova, izloženo/ zaklonjeno</b>	-Procjena atmosferskog unosa-Hidrološke karakteristike lokacije, utjecaj na tla i pedogenezu
54	Dodatne informacije	Opis	- detaljniji opis klimatskih i atmosferskih uvjeta bitnih s stajališta atmosferskog onečišćenja (n.p. "blizina metereoloških postaja ili postaja za motrenje atmosferskog onečišćenja")

**Tablica 3.11.** Geomorfologija/reljef

	Što?	Kako?	Zašto?
61	<b>Morfologija terena</b>	<b>Ravnjak/terasa/ravnica, dolina, krško polje, padina, aluvijalna lepeza, itd. (popis geomorfoloških oblika nalazit će se u detaljnim uputama)</b>	-Procjena unosa/pronosa kao posljedice erozijskih procesa (ISO 11259:1998)
62	<b>Stanje i izloženost</b>	<b>Uvjeti gubitka erozije tla, akumulacija tla, ravnoteža, nagib (%) izloženost (smjer)</b>	Procjena unosa/pronosa kao posljedice erozijskih procesa Procjena utjecaja vjetra na unos atmosferskih onečišćivala
63	Dodatne informacije	Opis	-detaljniji opis geomorfoloških i reljefnih odlika

**Tablica 3.12.** Geologija, hidrologija i hidrogeologija

	Što?	Kako?	Zašto?
71	<b>Geologija</b>	<b>Stijena podloge (litologija): tip stijena klasifikacija (na temelju geoloških karata identifikacija od strane petrologa)</b>	-Zbog procjene geogenih/ litogenih koncentracija nomenklatura prema Code of Parent Material ICP-Forests Manual (2006) Part III Sampling and Analysis of Soil, Annex 3.; ISO 11259:1998)
72	<b>Hidrologija i hidrogeologija</b>	<b>razina podzemnih voda, naplavne ravnice, krško područje(podaci iz hidrogeoloških karata)</b>	-Procjena utjecaja na podzemne i površinske vode (onečišćenja vezana za organske spojeve) (ISO 11259:1998)
73	Dodatne informacije	Opis	- detaljniji opis geoloških/ litoloških, hidrogeoloških i hidroloških područje (npr. područje s visokim geogenim koncentracijama u podzemnoj vodi arsena –istočna slavonija)

**Tablica 3.13.** Opis uzoraka tla

	Što?	Kako?	Zašto?
81	<b>Oznaka uzorka</b>	<b>Naziv, oznaka ili broj uzorka</b>	-Identifikacija uzoraka i pohranjivanje (ISO 10381-2:2002)
82	<b>Opis horizonata tla</b>	<b>WRB klasifikacija tla (<a href="http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb">http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb</a>)</b>	-Identifikacija –znanstvena karakterizacija tla i odnosa horizonata i dubine uzorkovanja 2006:World reference base for soil resources. World soil resources reports, 103, FAO, Rome, 145 pp. ISO 11259:1998
83	<b>Opis profila tla (skica)</b>	<b>-Horizonti, dubina cm (horizontalne granice), simboli (prema legendi) –Skica profila tla sa simbolima –Opis profila: procjena stanja vlažnosti; boja tla (Munsell); prisustvo i boja mrlja i konkreција; procjena sadržaja organske tvari; procjena teksture tla; prisustvo, veličina i litološka priroda frakcije veličine =&gt; 2 mm; procjena karbonata i njihov smještaj (sitnica/šljunak); procjena osnovne kategorije strukture tla procjena prevlaka – prisustvo, kontrast, priroda, forma, položaj procjena zbijenosti; procjena ukupne poroznosti; prisustvo i promjer korijenja; gustoća kanalića kišnih glista; materijali antropogenog porijekla – prisustvo, vrsta, veličina, tvrdoća, istrošenost, boja</b>	-Klasifikacija tla i interpretacija podatka - FAO -priručnik za opis profila 2006: Guidelines for soil description. FAO, Rome. 109 pp., ISO 11259:1998.
84	<b>Dubina uzorkovanja</b>	<b>Dubina ... do ... (cm), sa/ bez humusa (cm)</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-2:2002)
85	<b>Tip uzoraka</b>	<b>Prostorni uzorci, linijski uzorci, uzorci iz pedološke jame, uzorci dobiveni bušenjem, volumni uzorci, kompozitni uzorci</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-1:2002)
86	<b>Broj pojedinačnih uzoraka</b>	<b>Broj</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-1:2002)

**Tablica 3.13.** Opis uzoraka tla (nastavak s prethodne stranice)

	Što?	Kako?	Zašto?
87	<b>Način uzorkovanja</b>	<b>Tip augera ( Edelmann, Riverside, Humax, strojne bušilice itd)</b>	-Osiguranje kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)
88	<b>Pohranjivanje uzoraka</b>	<b>Plastične vrećice ili posude, aluminijska folija, staklene posude, drugo</b>	-Procjena onečišćenja uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003) <i>Za analizu ugljikovodika i drugih organskih spojeva tlo se pohranjuje u staklene posude</i>
89	<b>Stanje uzorka</b>	<b>Vlaga, rastresitost</b>	Osiguranje kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)
810	Dodatne informacije	Opis	-Detaljniji opis uzoraka
811	Legenda		-Informacije o ispunjavanju

**Tablica 3.14.** Datum i potpis

	Što?	Kako?	Zašto?
91	<b>Datum i potpis</b>	<b>Odgovorna osoba</b>	-Osiguranje kvalitete

**Tablica 3.15.** Opći podaci

	Što?	Kako?	Zašto?
11	<b>Projekt</b>	<b>Naziv projekta, i lokacije, datum uzorkovanja, odgovorna osoba (institucija, adresa, telefonski broj)</b>	-Dokumentacija
12	<b>Lokacija postaje</b>	<b>Mjesto, općina, županija, ime lokacije, katastarska čestica(ce,) koordinate (X, Y, i točnost određivanja, GPS ), nadmorska visina, broj iz nacionalnog katastra onečišćivača</b>	-Nalaženje lokacije

**Tablica 3.16.** Promjene na lokalitetu/postaji

	Što?	Kako?	Zašto?
21	<b>Karta lokaliteta (postaje) sa unesenim promjenama</b>	<b>Dokumentiranje promjena u odnosu na inicijalno uzorkovanje u obrascu uzorkovanja točka 21</b>	-Identifikacija lokacije -Rizik od uništavanja fiksnih točaka -dodavanje novih točaka
22	<b>Legenda</b>	<b>Kartografska simbolika, trajne točke referentne točke</b>	
23	<b>Promjene u upotrebi zemljišta</b>	<b>Dokumentiranje promjena u upotrebi zemljišta u odnosu na inicijalno uzorkovanje u točki 41</b>	-Dokumentacija -Ocjena i interpretacija rezultata
24	<b>Promjene u tlu</b>	<b>Dokumentiranje promjena u odnosu na podatke iz obrazac za inicijalno uzorkovanje u točki 4.3</b>	-Utvrđivanje eventualnog utjecaja onečišćivala na rast biljaka, usporevanje razgradnje humusa
25	Dodatne informacije	Primjedbe, opisi	-Dokumentiranje drugih relevantnih promjena (poravnanje terena, zasipanje tlom iz drugih izvora)

**Tablica 3.17.** Uzorkovanje i transport uzoraka

	<b>Što?</b>	<b>Kako?</b>	<b>Zašto?</b>
31	<b>Mreža uzorkovanja</b>	<b>Karta</b>	-Ponovljivost uzorkovanja (ISO 10381-1:2002)
32	<b>Legenda</b>	<b>Kartografski simboli</b>	-Dobivanje prosječnih uzoraka(ISO 10381-1:2002)
33	Vremenski uvjeti tijekom uzorkovanja	Bez padalina, kiša, snijeg, trajanje (koliko dana)	-Ocjena kvalitete uzorkovanja (ISO 10381-2:2002)
34	Stanje tla	Suho, vlažno, mokro, smrznuto	-Ocjena kvalitete uzorkovanja (ISO 10381-2:2002)
35	Sigurnost na radu	Da, ne. Ako da: koje?	-Budući da onečišćene lokacije mogu ugroziti zdravlje istraživača potrebno je poduzeti mjere smanjenja rizika prema ISO 10381-3:2001
36	Dodatne informacije	Opis	-Detaljniji opis uzorkovanja (u slučaj npr. ne konzistentna primjene metode uzorkovanja, zbog morfologije, kamenitosti, vlasničkih odnosa)
37	<b>Transport uzoraka</b>	<b>Ohladjeni/ne ohlađeni (+4°C), trajanje transporta do anal. laboratorija (dana)</b>	-Stabilnost uzorka naročito za pojedine volatine ugljikovodike koji zahtijevaju analizu unutar 2 do 3 dana (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)



**Tablica 3.18.** Opis uzoraka tla

	Što?	Kako?	Zašto?
41	<b>Oznaka uzorka</b>	<b>Naziv, oznaka ili broj uzorka</b>	-Identifikacija uzoraka i pohranjivanje (ISO 10381-2:2002)
42	<b>Opis horizonata tla</b>	<b>WRB klasifikacija tla (<a href="http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb">http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb</a>)</b>	-Identifikacija –znanstvena karakterizacija tla i odnosa horizonata i dubine uzorkovanja 2006:World reference base for soil resources. World soil resources reports, 103, FAO, Rome, 145 pp.
43	<b>Dubina uzorkovanja</b>	<b>Dubina ... do ... (cm), sa/ bez humusa (cm)</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-2:2002)
44	<b>Tip uzoraka</b>	<b>Prostorni uzorci, linijski uzorci, uzorci iz pedološke jame, uzorci dobiveni bušenjem, volumni uzorci, kompozitni uzorci</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-1:2002)
45	<b>Broj pojedinačnih uzoraka</b>	<b>Broj</b>	- Prema planu uzorkovanja - Procjena i interpretacija rezultata (ISO 10381-1:2002)
46	<b>Način uzorkovanja</b>	<b>Tip augera ( Edelman, Riverside, Humax, strojne bušilice itd)</b>	-Osiguranje kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)
47	<b>Pohranjivanje uzoraka</b>	<b>Plastične vrećice ili posude, aluminijska folija, staklene posude, drugo</b>	-Procjena onečišćenja uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003) <i>Za analizu ugljikovodika i drugih organskih spojeva tlo se pohranjuje u staklene posude</i>
48	<b>Stanje uzorka</b>	<b>Vlaga, rastresitost</b>	Osiguranje kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka (ISO 10381-2:2002 i ISO 10381-4:2003)
49	Dodatne informacije	Opis	-Detaljniji opis uzoraka
410	Legenda		-Informacije o ispunjavanju

**Tablica 3.19.** Datum i potpis

	Što?	Kako?	Zašto?
51	Datum i potpis	Odgovorna osoba	-Osiguranje kvalitete

**Tablica 3.20.** Identifikacija uzorka

	Što?	Kako?	Zašto?
11	Projekt	Broj projekta, postaje za motrenje, plohe, datum uzorkovanja, ime odgovorne osobe za uzorkovanje	-Dokumentacija osiguranje kvalitete
12	Odgovorna osoba	Ime, datumi (dostave uzoraka i trajanje pripreme)	

**Tablica 3.21.** Opis pripreme uzoraka

	Što?	Kako?	Zašto?
21	Oznaka uzorka	Broj prema dostavnici i obrascu uzorkovanja	-Osiguranje kvalitete
22	ukupna težina (vlažno)	težina uzorka u prirodnom stanju	-Interpretacija rezultata
23	ukupna težina (suho)	težina osušenog uzorka (SA01) ICP-Forests Manual (2006)	- Interpretacija rezultata
24	posuda	težina posude za vaganje	- Interpretacija rezultata
25	Sadržaj vode (g)	Razlika između 22 i 23	- Interpretacija rezultata
26	Udio vode (%)	Težinski udio vode	- Interpretacija rezultata
27	Temperatura sušenja	Specificiranje temperature sušenja (40 °C)	-U skladu s standardima ISO 11464:1994 i ICP-Forests Manual (2006) (SA01)
28	Trajanje sušenja	trajanje sušenja	-Osiguranje kvalitete ISO 11464:1994 i ICP-Forests Manual (2006) (SA01)
29	trajanje privremenog skladištenja	Trajanje privremenog skladištenja prije pripreme uzoraka	- Osiguranje kvalitete
210	Usitnjavanje	Oprema za usitnjavanje (sijanje)	-Procjena rizika od onečišćenja uzorka
211	Promjer sita	promjer u mm (<2 mm)	U skladu s standardima ISO 11464:1994 i ICP-Forests Manual (2006) (SA01)
212	Materijal na situ	Tip materijala	- Procjena rizika od onečišćenja uzorka

213	Težina frakcije veće od 2 mm	težina i tip krupne frakcije (fragmenti stijena)	- Interpretacija rezultata
214	Težina fine frakcije	Težina fine frakcije (<2 mm)	- Interpretacija rezultata ISO 11464:1994 i ICP-Forests Manual (2006) (SA01)
215	Broj uzoraka za analizu	Broj uzoraka dobiven metodama redukcije i četvrtanja uzoraka	- Osiguranje kvalitete
216	metoda četvrtanja	Tip opreme za četvrtanje	-Procjena reprezentativnosti i homogenosti uzoraka
217	Posuda	Tip materijala posuda za četvrtanje	- Procjena rizika od onečišćenja uzorka
218	Primjedbe	detaljni opisi	Legenda

**Tablica 3.22.** Datum i potpis

Što?	Kako?	Zašto?
31 Datum i potpis	Odgovorna osoba	-Osiguranje kvalitete

### 3.2. Kriteriji za način uzorkovanja tla za potrebe motrenja onečišćenih tla iz difuznih izvora (poljoprivredna tla i šumska tla)

Kriteriji za motrenje onečišćenih tala iz difuznih izvora su podudarni sa protokolima iz Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske i Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske. Protokoli iz navedenih dokumenata koristiti će se za motrenje onečišćenih tala vezanih za poljoprivredna tla, atmosfersko taloženje (šumska tla, urbana tla i prometnice) s time da će se lista parametara (onečišćivači) proširiti sa raznim organskim spojevima (PAH-ovi, dioksini, HCH, di-benzofurani, pesticidi).

## 4. Izvori i parametri onečišćenja

### 4.1. Izvori onečišćenja

Razlikujemo onečišćenje tla koje je uzrokovano jasno ograničenim izvorima (lokalni ili točkasti izvori onečišćenja) i ono koje je uzrokovano difuznim izvorima. Onečišćenje tla koje je uzrokovano lokalnim (ili točkastim) izvorima uglavnom je povezano s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada i ostalim postrojenjima ili djelatnostima tijekom i nakon prestanka njihovog djelovanja. Ta postrojenja i/ili djelatnosti predstavljaju rizik i za tlo i za vodu. Difuzno onečišćenje uglavnom se povezuje s atmosferskim taloženjem, određenim poljodjeljskim radovima i urbanim područjima.

#### 4.1.1. Lokalni izvori

Prema Annex-u 1 u «European pollutant release and transfer registers» (EC/166/2006; EPRTR)) izdvojeni su sljedeći izvori onečišćenja, koji se pretežno mogu smatrati lokalnim (točkastim):

##### Energetski sektor

- (a) Rafinerije nafte i plina
- (b) Postrojenja za plinifikaciju i likvefakciju
- (c) Termoelektrane i druga postrojenja za izgaranje
- (d) Koksne peći
- (e) Mlinovi za ugljen
- (f) Postrojenja za proizvodnju ugljenih proizvoda i čvrstog bezdimnog goriva

##### Proizvodnja i prerada metala

- (a) Postrojenja za prženje metalne rude (uključujući sulfidnu rudu)
- (b) Postrojenja za proizvodnju sirovog željeza ili čelika (primarno ili sekundarno taljenje) uključujući kontinuirano lijevanje
- (c) Postrojenja za crnu metalurgiju
  - (i) mljevenje čelika u vrućim rotacijskim mlinovima
  - (ii) kovačnice
  - (iii) zaštita površina metala prevlačenjem
- (d) Ljevaonice željeza
- (e) Postrojenja:

- (i) za proizvodnju obojenih sirovih metala iz rude, koncentrata ili sekundarnih sirovina metalurškim, kemijskim ili elektrolitičkim postupcima
  - (ii) za topljenje, legiranje obojenih metala uključujući obnovljive proizvode (oplemenjivanje, lijevanje itd.)
- (f) Postrojenja za površinsku obradu metala i plastičnih materijala elektrolitičkim ili kemijskim postupcima

## **Industrija nemetala**

- (a) Podzemno rudarenje i uz njega vezane aktivnosti
- (b) Površinsko rudarenje i kamenolomi
- (c) Postrojenja za proizvodnju:
  - (i) cementnog klinkera u rotacijskim pećima
  - (ii) vapna u rotacijskim pećima (proizvodni kapacitet 50 tona na dan)
  - (iii) cementnog klinkera i vapna u drugim pećima
- (e) Postrojenja za proizvodnju stakla uključujući staklena vlakna
- (f) Postrojenja za taljenje mineralnih tvari uključujući proizvodnju mineralnih vlakana
- (g) Postrojenja za proizvodnju ciglarskih proizvoda pečenjem (osobito crijep, cigle, refraktorne cigle, keramičke pločice, keramika i porculan)

## **Kemijska industrija**

- (a) Proizvodnja osnovnih organskih kemikalija:
  - (i) jednostavni ugljikovodici (lančani ili ciklični; zasićeni ili nezasićeni, alifatski ili aromatični)
  - (ii) ugljikovodici sa kisikom (alkoholi, aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline, esteri, eteri, peroksidi, epoksi smole)
  - (iii) ugljikovodici sa sumporom
  - (iv) ugljikovodici sa dušikom
  - (v) ugljikovodici sa fosforom

- (vi) halogeni ugljikovodici
  - (vii) Organometalni spojevi
  - (viii) osnovni plastični materijali (polimeri, sintetička vlakna i vlakna na bazi celuloze)
  - (ix) sintetičke gume
  - (x) boje i pigmenti
  - (xi) površinski aktivne tvari
- (b) Proizvodnja osnovnih anorganskih kemikalija:
- (i) plinovi (amonijak, klor ili HCl, fluor ili HF, ugljikovi oksidi, sumporovi spojevi, dušikovi spojevi, vodik, sumporov dioksid, karbonil klorid)
  - (ii) kiseline (kromna, fluorna, fosforna, dušična, solna, sumporna, otopina sumpornoga trioksida u sumpornoj kiselini)
  - (iii) lužine (amonijev hidroksid, kalijev hidroksid, natrijev hidroksid)
  - (iv) soli (amonijev klorid, kalijev klorat, kalijev karbonat, natrijev karbonat, perborat, srebrov nitrat)
  - (v) nemetali (metalni oksidi ili drugi anorganski spojevi kao što su kalcijev karbid, silicij, silicijev karbid)
- (c) Proizvodnja umjetnih gnojiva na bazi fosfora, dušika ili kalija (jednostavna ili složena gnojiva)
- (d) Proizvodnja sredstava za zaštitu bilja i biocida
- (e) Proizvodnja farmaceutskih proizvoda
- (f) Proizvodnja eksploziva i pirotehničkih proizvoda

### **Upravljanje vodama i otpadnim vodama**

- (a) Postrojenja za preradu i odlaganje opasnog otpada
- (b) Postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada  
(kapacitet 3 tone na sat)
- (c) Postrojenja za odlaganje komunalnog otpada
- (e) Postrojenja za odlaganje ili recikliranje životinjskih trupala i životinjskog otpada

- (f) Postrojenje za obradu urbanih otpadnih voda
- (g) Neovisno postrojenje za obradu industrijskih otpadnih voda

### **Proizvodnja i prerada papira i drva**

- (a) Industrijska postrojenja za proizvodnju celuloze iz drveta ili sličnih vlaknastih materijala
- (b) Industrijska postrojenja za proizvodnju papira i dasaka, te ostalih primarnih drvenih proizvoda (npr. iverica, furnir i šperploča)
- (c) Postrojenja za očuvanje drva i drvnih produkata pomoću kemikalija

### **Intenzivno stočarstvo i akvakultura**

- (a) Postrojenja za intenzivni uzgoj peradi ili svinja
  - (i) s 40000 mjesta za perad
  - (ii) s 2000 mjesta za svinje (preko 30 kg)
  - (iii) sa 750 mjesta za krmače
- (b) Intenzivna akvakultura

### **Životinjski i biljni prehrambeni proizvodi i pića**

- (a) Klaonice
- (b) Obrada i prerada namjenjena proizvodnji prehrambenih proizvoda i pića iz:
  - (i) životinjske sirovine
  - (ii) biljne sirovine
- (c) Obrada i prerada mlijeka

### **Druge aktivnosti**

- (a) Postrojenja za predobradu (postupci kao što su pranje, izbjeljivanje, mercerizacija) ili bojanje vlakana i tekstila

- (b) Postrojenja za štavljenje kože i krzna
- (c) Postrojenja za površinsku obradu tvari, objekata ili proizvoda organskim otapalima, posebice obradu čelika, štampanje, premazivanje, odmašćivanje, hidroizolaciju, dimenzioniranje, bojanje, čišćenje ili impregniranje
- (d) Postrojenja za proizvodnju ugljika (hard-burnt coal) ili elektro-grafita incineracija ili grafitizacija
- (e) Postrojenja za gradnju, bojanje ili odstranjivanje boje s brodova

#### 4.1.2. Difuzni izvori

Postoje dvije glavne grupe onečićenih tala koje se klasificiraju kao difuzno raspršeno onečišćenje (Römkens et al., 2004):

1. Onečišćenje koje je posljedica poljoprivredne aktivnosti i šumarstva, krajobrazne arhitekture, vrtova i parkova, urbane sredine gdje se ekološki sustav tla mijenja unosom nutrienata, pesticida i egzogene organske materije (stajsko gnojivo, kompost, gradski mulj), kako bi se povećala produktivnost ili zaštitilo sadašnje stanje zemljišta.
2. Onečišćenje koje ulazi u tlo prirodnim putevima kao što je atmosfersko taloženje i taloženje iz površinskih voda (sedimenti).

#### 4.2. Parametri

Biološka, kemijska i fizikalna svojstva tala opisuju se parametrima. Parametri se mjere ili na neki drugi način ocjenjuju s ciljem kvantificiranja opasnosti (prijetnje) za tlo u prostoru i vremenu. Parametar može biti upotrijebljen direktno kao indikator vrste i magnitude opasnosti za tlo i njegove funkcije ili indirektno u interpretaciji indikatora tla i njegovih funkcija.

Onečišćenjem u tlo može ući nekoliko tisuća različitih tvari. Na popisu kemikalija (prema OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development) koje se proizvode u velikim količinama nalazi se čak 4000 tvari. Praćenje tolikog broja tvari nije izvedivo, te je potrebno odrediti prioritete i uzeti u obzir samo tvari koje mogu dostići kritičnu granicu s obzirom na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla, ekološke rizike koji utječu na bioraznolikost u tlu, podzemnoj i površinskim vodama. Dakle, važno je odabrati parametre koji najjasnije reflektiraju lokalne probleme i opasnosti. Poseban problem su lokalna onečišćenja (uključujući «vruće točke») gdje je gotovo nemoguće unaprijed odrediti parametre od potencijalnog značaja, i odgovorne obavezati na velike troškove, budući da se mnogi mogu pokazati nepotrebnima. Bitno je da se popis parametara (i indikatora) revidira u pravilnim vremenskim intervalima da bi se omogućilo dodavanje novih ili izbacivanje određenih parametara.

Točna mjerenja količine tvari koje ulaze i izlaze iz sustava tla neophodno moraju biti popraćena i definiranjem procesa koji utječu na ponašanje tvari budući da nam sam porast ili smanjenje određene tvari neće ukazati na razloge koji stoje iza tih promjena. Interpretacija trenodva koncentracija tvari u tlu zahtijeva dodatne informacije. Uz ukupne koncentracije pojedinih tvari, trebalo bi odrediti i biodostupne koncentracije, koncentracije u pornoj vodi, te niz parametara tla koji kontroliraju ponašanje i transport tvari u tlima i sedimentima. Među najvažnije dodatne parametre spadaju organska tvar u tlu (stabilna i otopljena), kiselost (pH), kapacitet kationske zamjene (CEC), tekstura tla i redoks potencijal.



Budući da praćenje (motrenje) tla podrazumijeva opetovana mjerenja, neophodno je odrediti učestalost mjerenja pojedinih parametara. Koncentracije metala i organskih onečišćivača mijenjaju se u tlu sporo, te su intervali od desetak godina prikladni za motrenje. S druge strane koncentracije tvari kao što su dušik i fosfor mijenjaju se brzo te je njihovo praćenje neophodno obavljati češće, približno svakih 5 godina. Ukoliko sve parametre treba odrediti istovremeno, dobar je kompromis interval između 5 i 10 godina. U slučaju da se za određene parametre postoje saznanja o njihovoj dinamici, učestalost uzorkovanja može se prilagoditi za svaku grupu tvari.

Metode mjerenja koncentracija onečišćivača u tlu i mnogih važnih karakteristika tla kao što su CEC, sadržaj organske tvari i pH su dostupne, pa čak i standardizirane ISO (International Organization for Standardization) normama. Trenutno je u tijeku postupak prihvaćanja ISO standarada za tla kao europskih standarada od strane CEN-a (The European Committee for Standardization). U mnogim slučajevima postoji poteškoća zbog postojanja više standardnih metoda za mjerenje određenog parametra. Interpretacija rezultata dobivenih različitim metodama u programu motrenja u tom slučaju nije potpuno ispravna. Popis normi (ISO/TC 190 – Soil Quality) vezanih uz parametre tla nalazi u poglavlju 5.

#### **4.2.1. Opći parametri za učinkovitu karakterizaciju tla na mjestu motrenja**

1. Opis profila tla (uskладiti sa šumskim i poljoprivrednim tlima)
2. Opis profila tla treba uključiti cijeli niz opažanja kao što su struktura tla, dokazi kompakcije, površinska stvojtva tla, dubina do nepropusnog sloja itd.
3. Klasifikaciju tla (uskладiti sa šumskim i poljoprivrednim tlima)
4. Identifikacija matičnog supstrata tla (uskладiti sa šumskim i poljoprivrednim tlima)
5. Metoda uzorkovanja koja omogućuje dugoročno motrenje (ISO 10381-1)
6. Karakteristike lokacije (nagib, položaj, trenutna upotreba i upravljanje zemljištem kao i ona u prošlosti),
7. Dubina uzorkovanja (po horizontima; po unaprijed određenim dubinama...)
8. Volumna gustoća tla
9. Zbijenost tla
10. Sadržaj šljunka, veličina njegovih čestica
11. Granulometrijski sastav (pijesak, prah glina) tj. mehanički sastav tla
12. Kiselost tla - pH (u vodi i u elektrolitu - 1N KCl ili CaCl<sub>2</sub>)
13. Kapacitet kationske zamjene tla CEC
14. CEC za tla i materijale tla bogate glinama
15. Zamjenjivi kationi (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>)

16. Kapacitet tla za vodu
17. Poljski vodni kapacitet
18. Točka venuća
19. Lakopristupačna voda
20. Ukupna poroznost
21. Propusnost tla za vodu
22. Kapacitet tla za vodu (suha tvar i sadržaj vode)
23. Kapacitet tla za zrak
24. Stabilnost strukturnih agregata
25. Organski ugljik (sulfokromna oksidacija)
26. Organski i ukupni ugljik (izgaranje)
27. Udio karbonata volumetrijskom metodom
28. Sadržaj organske tvari
29. Redoks potencijal (terenska metoda)
30. Specifična električna provodljivost
31. Hidrolitska kiselost,  $y_1$  (test barijevim kloridom)
32. Ukupni N (modificirana metoda po Kjeldahl-u)
33. Ukupni N (suho izgaranje)
34. Dušik iz nitrata, amonijaka i ukupni topivi dušik u suhim tlima (ekstraktant; otopina  $\text{CaCl}_2$ )
35. Nitrati, nitriti i amonijak u uzorcima tala prirodne vlažnosti (ekstrakcija otopinom KCl):  
1-ručno; 2-automatski
36. Pristupačna hraniva u tlu: P, K,
37. Ca, Mg,  $\text{NO}_3$ , Fe, Cu, Zn, S, Mn
38. Fosfor (spektrometrija, ekstrakt Na-hidrogenkarbonata)
39. Ukupni S (suho izgaranje)

40. Sulfat (topiv u vodi i topiv u kiselini)
41. Celulolitička aktivnost – celuloza test
42. Aktivnost dehidrogenaze
43. CO<sub>2</sub> produkcija

Opći parametri trebaju se uskladiti s parametrima za karakterizaciju poljoprivrednih i šumskih tala. Većina navedenih općih parametara određuje se jednom, pri opisu lokacije. Opći parametri koje treba motriti u određenim intervalima radi bolje interpretacije rezultata analize specifičnih parametara su kiselost tla i kapacitet kationske zamjene.

#### **4.2.2. Specifični parametri**

Pri izboru tvari koje se trebaju pratiti treba uzeti u obzir samo one tvari koje mogu dostići kritične granice u tlu s obzirom na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla, ekološke rizike (osobito bioraznolikost u tlu, podzemnoj i površinskoj vodi). Pri izboru parametara treba imati u vidu visinu troškova.

Glavne grupe specifičnih parametara su:

##### **ANORGANSKI:**

1. metali (kadmij, krom, bakar, živa, cink, nikal, olovo, vanadij, berilij, barij, antimon, kobalt, molibden);
2. metaloidi i nemetali (arsen, bor, selen, sumpor),
3. anorganske kemikalije (cijanidi – "slobodni" i ukupni, tiocijanati, nitrati, sulfati, sulfidi, bromidi, kloridi, fluoridi),
4. nutrijenti (dušik i fosfor).

##### **ORGANSKI:**

1. aromatski ugljikovodici
2. monociklični aromatski ugljikovodici (BTEX-benzen, toluen, ksilen);
3. policiklični aromatski ugljikovodici (PAH);
4. fenoli i klorofenoli;
5. etilbenzen.
6. klorirani alifatski ugljikovodici (kloroform; karbon tetraklorid; vinil klorid; 1,2-dikloroetan; 1,1,1-Trikloroetan; trikloroetene; tetrakloroeten; heksachlorobuta-1,3-dien; heksakloro-cikloheksani; dieldrin)

7. klorirani aromatski ugljikovodici
8. klorobenzeni;
9. klorotolueni;
10. pentaklorofenol;
11. poliklorinirani bifenili (PCB);
12. dioksini;
13. furani.
14. ukupni naftni ugljikovodici (TPH);
15. halogeni organski spojevi (AOX);
16. ekstraktibilni organski halidi (EOX);
17. klorinirani ugljikovodici (CHC);
18. pesticidi - organoklorni, organofosfatni i karbamati (DDT/DDE/DDD, drins, aldrin, dieldrin, endrin HCH-spojevi, a-HCH, b-HCH, g-HCH, atrazin, karbaril, karbofuran, endosulfan...)
19. mineralna ulja;
20. ukupna ulja;
21. ftalati;
22. amini
23. aceton

#### **ORGANOMETALNI SPOJEVI:**

1. organo-olovni spojevi
2. organo-kositreni spojevi

#### **OSTALO:**

1. azbest;

2. eksplozivi;
3. radionuklidi;
4. patogeni organizmi.

Pojedine kategorije parametara iz ovog popisa se dijelom preklapaju zbog korištenja različitih literaturnih izvora, različitih pristupa evaluaciji onečišćenih tala, kao i različitih metoda analize. Na primjer neki izvori navode ukupna ulja, neki ukupne naftne ugljikovodike. U klorirane ugljikovodike spadaju poliklorirani bifenili, a klorirani ugljikovodici su podgrupa halogenih organskih spojeva, itd.

Navedeni popis parametara nije iscrpan i ne može se uzeti u obzir za određenu lokaciju istraživanja. Neki onečišćivači neće biti od važnosti za određene lokacije, dok neke lokacije mogu biti onečišćene povišenim koncentracijama tvari koje nisu navedene u popisu budući da nisu česte. Pojedine države izradile su popise svojih prioriteta i ti se popisi razlikuju i po obimu i po prioritetnim tvarima.

Popis onečišćivača vrlo je obiman, a metode analize koncentracija mnogih parametara su skupe. Vrlo je važno koncentrirati se na tvari koje predstavljaju opasnost na području Republike Hrvatske. Bez baze utvrđenih izvora onečišćenja, te ocjena zagađenih lokaliteta nemoguće je izdvojiti koje je tvari neophodno motriti na pojedinim lokacijama.

Kriteriji za odabir parametara su:

- 1) prisutnost u koncentracijama dovoljno visokim da predstavlja opasnost ili zagađenje;
- 2) sumnja ili činjenica da predstavlja rizik za ljude (smrt, opasne povrede, rak ili druge bolesti, genetske mutacije, defekte novorođenčadi ili negativni učinci na reproduktivne funkcije);
- 3) sumnja ili činjenica da predstavlja značajan rizik za vodene okoliše;
- 4) sumnja ili činjenica da predstavlja značajan rizik za ekosustave;
- 5) sumnja ili činjenica da je postojan i mobilan u tlima ili ima tendenciju bioakumulacije.

Dakle nakon što je već utvrđena zagađena lokacija, te glavni onečišćivači, potrebno je ocijeniti u kojoj mjeri te tvari predstavljaju rizik. Rizik ovisi o prirodi opasnosti, vjerojatnosti izloženosti, načinu na koji dolazi do izloženosti (direktno ili preko bilja ili vode), te učincima na receptor.

### **4.3. Popis potencijalnih onečišćujućih tvari vezanih uz određene onečišćivačke aktivnosti, industrije i upotrebe zemljišta**

Popis nije iscrpan i služi kao informacija za preliminarnu identifikaciju potencijalnih onečišćivača vezanih uz specifične industrije, aktivnosti i/ili upotrebu zemljišta. Složen je na temelju: dokumenta odjela za okoliš vlade Zapadne Australije "Potentially contaminating activities, industries and landuses" (2004) i IPPC directive.

Mora se naglasiti da i opasne tvari koje nisu navedene uz pojedinu granu industrije ili aktivnosti mogu predstavljati rizik zbog svog prisustva. Svaka lokacija mora se promatrati zasebno.

Pri razmatranju određene lokacije trebaju se uzeti u obzir i aktivnosti koje nisu na popisu, a potencijalni su onečišćivači, načini korištenja zemljišta u okolici, kao i ranija korištenja zemljišta istraživane lokacije koja su mogla uzrokovati zagađenje/onečišćenje. Isto tako treba imati na umu da lokacija na kojoj se odvija neka od navedenih aktivnosti ne mora nužno biti zagađena, iako je povećani rizik zagađenja prisutan. Preliminarno istraživanje (poglavlje 2) lokacije neophodno je za određivanje prisutnih onečišćivača. Pod time se podrazumijevaju i fizikalne karakteristike lokacije, svojstva pojedine kemikalije (toksikološke karakteristike, postojanost u okolišu, mobilnost, reaktivnost i degradacija).

## **INDUSTRIJSKI / KOMERCIJALNI SEKTOR - PROIZVODNJA**

### **ENERGIJA –PROIZVODNJA**

#### **Električni generatori/elektrane**

- lebdeći pepeo (može sadržavati sulfate, metale, ukupnu otopljenu tvar, selen)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)
- azbest
- poliklorirani bifenili (PCB -Polychlorinated biphenyls)
- metali
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

#### **Električni transformatori**

- metali (npr. bakar, olovo, kositar, živa)
- poliklorirani bifenili (PCB -Polychlorinated biphenyls)
- otapala

#### **Postrojenja za proizvodnju plina (plinifikaciju)**

- cijanidi
- nitrati

- Sulfidi/sulfati
- metali (npr. aluminij, antimon, arsen, barij, bor, kadmij, krom, bakar, željezo, olovo, mangan, živa, nikal, selen, srebro, vanadij, cink)
- tiocijanati
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons), (npr. kreo-zot)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- fenoli

## **NAFTNA INDUSTRIJA**

### **Proizvodnja, rafiniranje i skladištenje nafte i plina**

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- kiseline (npr. sumporna kiselina)
- alkalije
- izolacijski materijali (npr. azbest)
- metali (npr. olovo, cink, bakar, nikal, krom, kadmij, barij, arsen, živa; odluka o tome koji će se metali mjeriti ovisi o tipu ležišta i prisutnim nečistoćama)
- cijanidi

### **Proizvodnja ili skladištenje asfalta ili bitumena**

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons), (npr. kreo-zot)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- metali (e.g. krom, olovo)

## KEMIJSKA INDUSTRIJA

### Baterije

- metali (npr. antimon, kadmij, kobalt, olovo, mangan, nikel, živa, srebro, cink)
- kiseline (npr. sumporna, solna)

### Boje

- metali (npr. arsen, barij, kadmij, krom, kobalt, olovo, mangan, živa, selen, cink, titan)
- otapala (npr. toluen)
- smole

### Eksplozivi

- kiseline (npr. aceton, dušična kiselina, amonijev nitrat, sumporna kiselina)
- amonijak
- otapala (npr. metanol, PCP)
- klorirani ugljikovodici
- metali (npr. aluminij, bakar, olovo, živa, srebro)
- eksplozivi (npr. TNT, 2,4 DNT, 2,6 DNT, RDX)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons), (gorivo)

### Flokulanti

- metali (npr. aluminij)

### Fotografija

- kalijev bromid
- metali (npr. krom, srebro)



- tiocijanat
- amonijak
- sumporni spojevi
- fosfati
- etanol
- formaldehid (HCHO)

### **Gnojiva**

- metali (npr. bor, kadmij, bakar, magnezij, molibden)
- kalcijev fosfat, kalcijev sulfat, nitrati, amonijev sulfat, karbonati, kalij

### **Guma**

- metali (npr. olovo, cink)
- sumporni spojevi
- reaktivni monomeri (npr. izopren, izobuten)
- kiseline (npr. sumporna, solna)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. toluen, ksilen)
- otapala

### **Ljekovi**

- otapala (npr. aceton, etil acetat, butil acetat, metanol, etanol, izopropanol, butanol)
- karbamati

### **Ljepila/smole**

- polivinil acetat - PVA

- fenol
- formaldehid (HCHO)
- ftalatni esteri

### Otapala

- amonijak
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- klorirani organski spojevi (npr. ugljikov tetraklorid)

### Pjene

- formaldehid (HCHO)
- uretan
- stiren (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O)

### Pesticidi (široki spektar insekticida, herbicida i fungicida)

- metali (npr. arsen, olovo, živa, kositar, krom, baker, cink)
- sumpor
- organoklorni pesticidi
- organofosfatni pesticide
- herbicidi (e.g. triazin, atrazin)
- karbamati
- otapala (npr. ksilen, petrolej)
- klorirani ugljikovodici
- sintetički piretroidi
- kiseli herbicidi

- amonijev tiocijanat

## **Plastika**

- metali (npr. kadmij)
- otapala
- stiren (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O)
- sulfati
- ftalatni esteri

## **Polivinil-klorid**

- metali (npr. živa)
- kiseline (npr. sumporna, solna, dušična)
- natrijev i kalcijev hidroksid

## **Sapuni/deterđenti**

- kalijevi spojevi
- fosfati
- esteri
- natrijev hidroksid
- površinski aktivne tvari
- silikatni spojevi
- kiseline (npr. sumporna, stearinska)
- ulja

## METALNA INDUSTRIJA

### Ljevaonice (lijevanje i oplemenjivanje metala)

- metali, osobito željezo, aluminij, olovo, cink, bakar, kositar, nikal, krom, te oksidi, kloridi, fluoridi i sulfati tih metala
- kiseline
- koks (policiklični aromatski ugljikovodici - PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)
- loživo ulje
- kloridi

### Željezare i čeličane

- metali (npr. nikal, bakar, krom, olovo, magnezij, mangan, selen, cink)
- kiseline (npr. sumporna kiselina, solna kiselina)
- mineralna ulja
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

### Obrada metala (bojanje, elektroforeza...)

- otapala
- metali (npr. aluminij, barij, kadmij, bakar, krom, olovo, nikal, kositar, cink)
- ostaci boja
- kiseline (npr. sumporna, solna, dušična i fosforna)
- alkalije
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen)
- klorirani ugljikovodici (npr. 1,1,1 – trikloroetan, tetrakloroetilen)
- cijanidi

## **Reciklaža metalnog otpada**

- metali (npr. olovo, kadmij, magnezij)
- otapala
- poliklorirani bifenili (PCB -Polychlorinated biphenyls)
- ulja i masti
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)

## **Brodogradnja i održavanje brodova**

- metali (npr. bakar, krom, olovo, živa, cink)
- boje protiv obraštanja broskog dna (npr. organski spojevi s kositrom, tributiltin)

## **Proizvodnja disk-kočnica**

- asbest, bakar

## **ELEKTRONIČKA INDUSTRIJA**

- metali (olovo, kadmij, cink, krom, živa, bakar)
- halogeni spojevi (retardanti plamena)

## **INDUSTRIJA NEMETALNIH SIROVINA**

### **Proizvodnja armiranog stakla i staklenih vlakana**

- otapala
- smole
- stiren

## **Cementare, vapnare, betonare**

- vapno, kalcijev hidroksid, alkalije
- ugljikovodici
- azbest

## **TEKSTILNA I KOŽNA INDUSTRIJA**

### **Tekstilna industrija**

- metali (npr. kadmij, krom, titan, ugljik, cink, aluminij, kositar)
- kiseline (npr. sumporna kiselina)
- alkalije (npr. kaustična soda-natrijev hidroksid)
- soli
- klorirani ugljikovodici (npr. pentakloroetilen)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- organoklorni pesticidi (npr. dieldrin, aldrin)
- ostaci bojila
- natrijev hipoklorit
- fenoli

### **Štavionice kože**

- kiseline (npr. klorna kiselina)
- metali (npr. krom, mangan, aluminij, bakar)
- formaldehid (HCHO)
- fenoli
- soli
- otapala (npr. specijalni benzin SB130/215-white spirit)

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- ulja i masti
- cijanidi
- amonijak

## **DRVNA I PAPIRNA INDUSTRIJA**

### **Pilane / skladišta drvene građe / konzerviranje drva**

- klorirani ugljikovodici (npr. pentaklorofenol)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons), (npr. kreo- zot, naftalen)
- organoklorni pesticidi
- metali (e.g. arsen, bakar, krom)
- amonijak

## **PREHRAMBENA INDUSTRIJA**

### **Intenzivna poljoprivreda**

- karbamati
- organoklorni pesticidi
- organofosfatni pesticidi
- herbicidi (npr. triazin, atrazin)
- nitrati
- salinitet
- metali (npr. aluminij, arsen, kadmij, bakar, željezo, olovo, magnezij, kalij)
- nutrijenti (npr. dušik, fosfor)

### **Voćnjaci, rasadnici, staklenici**

- metali (npr. kadmij, arsen bakar, olovo, živa, magnezij, aluminij, željezo)
- organoklorni pesticidi (npr. DDT, dieldrin)
- organofosfatni pesticidi (npr. azinfos-etil, diazinon, fention)
- karbamati
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons), (gorivo)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

### **Stočarstvo – pranje stoke**

- metali (npr. arsen)
- karbamati
- organoklorni pesticidi
- organofosfatni pesticidi
- herbicidi
- sintetički piretroidi

### **Kompostiranje**

- nutrijenti (npr. fosfor, dušik)
- metali (npr. aluminij, željezo, kalij, cink)

### **Proizvodnja i skladištenje gnojiva**

- kalcijev fosfat, kalcijev sulfat, bakrov klorid
- sumpor, sumporna kiselina
- molibden, selen, bor, kadmij,
- nitrati, amonijak



## **Pivovare/distilerije**

- alkohol (npr. etanol, metanol)
- nutrijenti (npr. dušik, fosfor)
- biološka potrošnja kisika - BPK (BOD - Biological Oxygen Demand)

## **Klaonice**

- nutrijenti (npr. dušik, fosfor)
- biološka potrošnja kisika - BPK (BOD - Biological Oxygen Demand)
- ukupna suspendirana tvar - UST (TSS - Total Suspended Solids)
- ulja i masti

## **KOMERCIJALNE AKTIVNOSTI – USLUŽNE DJELATNOSTI**

### **Benzinske crpke i objekti za skladištenje goriva**

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)
- metali (npr. barij, kadmij, bakar, olovo, nikal, cink)
- fenoli
- klorirani ugljikovodici (npr. trikloroetilen)
- ulja i masti

### **Radionice za popravak motornih vozila**

- otapala
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)
- fenol
- kloroflorougljici – CFC
- metali (npr. bakar, krom, olovo, cink)
- alkalije
- kiseline (npr. sumporna, fosforna)
- otapala
- smole
- teški metali

### **Kemijske čistionice**

- klorirani ugljikovodici (npr. trikloretilen, etan, 1,1,1 - trikloroetan, ugljikov tetraklorid, perkloretilen)
- volatilni organski spojevi (VOCs - Volatile Organic Compounds)

### **Tiskare, kopiraone, fotografske radnje**

- kiseline
- alkalije
- otapala
- metali (npr. krom)

### **PROMET**

#### **Zračne luke**

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monoklinski aromatski ugljikovodici (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- metali (npr. aluminij, krom, olovo, magnezij)

- otapala

### **Luke**

- metali
- ostaci boja (kositar, olovo)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)

### **Željeznica (osobito ranžirni kolodvori)**

- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- fenoli
- metali (npr. arsen, olovo, cink, kadmij, krom, željezo)
- kreozot
- nutrijenti (npr. nitrati, amonijak)
- karbamati
- organoklorni pesticidi
- organofosfatni pesticidi
- herbicidi

### **Ceste**

- metali (olovo)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons)

## **VOJNE AKTIVNOSTI**

(vojarne, vojni poligoni, vojna skladišta, minska polja, područja ratnih aktivnosti)

- metali (npr. aluminij, bakar, olovo, živa, srebro)
- Eksplozivi (npr. TNT, 2,4 DNT, 2,6 DNT, RDX)
- ugljikovodici
- otapala

## **RUDARSKE AKTIVNOSTI**

- kiseline
- alkalije
- ukupna otopljena tvar (TDS - Total Dissolved Solids)
- organski flokulanti (npr. sulfati, cijanidi)
- metali (npr. arsen, bakar, željezo, živa)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)
- azbest

## **AKTIVNOSTI VEZANE UZ UPRAVLJANJE OTPADOM**

### **Odlagališta otpada (ovisno o tipu odlagališta i otpada)**

- poliklorirani bifenili (PCB -Polychlorinated biphenyls)
- alkani
- sulfidi
- metali

- organske kiseline
- nutrijenti (npr. dušik, fosfor)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- policiklični aromatski ugljikovodici (PAH - Polycyclic aromatic hydrocarbons), (npr. kreo-  
zot)
- amonijak
- plin s deponija (npr. metan)
- ukupna otopljena tvar (TDS - Total Dissolved Solids)
- monociklični aromatski ugljikovodici - BTEX (npr. benzen, toluen, etilbenzen i ksilen)

### **Postrojenja za obradu otpadnih voda (kanalizacije)**

- nutrijenti (npr. fosfor, kalij, dušik)
- metali (npr. aluminij, arsen, kadmij, krom, kobalt, olovo, nikal, cink)
- fenoli
- patogeni

## **DRUGO**

### **Groblja**

- nitrati
- teški metali (npr. olovo)
- formaldehid (HCHO)
- biološke opasnosti

### **Analitički laboratoriji**

- otapala, kiseline, metali,

## **Skladišta sredstava za dezinfekciju i deratizaciju**

- karbamati
- organoklorini pesticidi
- organofosfatni pesticidi (npr. diazinon)
- herbicidi (npr. atrazin, fenamifos)
- fungicidi

## **Održavanje cisterni i ostalih rezervoara za transport i skladištenje opasnih tvari**

### **(ovisi o sadržaju cisterni i rezervoara)**

- otapala (npr. metilen klorid, ortodiklorobenzen)
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)
- metali (npr. kadmij, krom, olovo, cink)

## **Pjeskarenje**

Ovisi o materijalu koji se odstranjuje:

- teški metali (npr. željezo)
- olovo iz boja na bazi olova
- tributiltin za održavanje brodova

## **Sportske aktivnosti (streljane, golf tereni, moto staze)**

- eksplozivi (npr. TNT, 2,4 DNT, 2,6 DNT, RDX)
- metali (npr. olovo)
- pesticide
- gnojiva
- ukupni naftni ugljikovodici (TPH - Total petroleum hydrocarbons)

#### 4.4. Glavna svojstva odabranih specifičnih parametara

Za praćenje onečišćenja okoliša od najveće su važnosti postojani, bioakumulativni i toksični onečišćivači (PBT - persistent, bioaccumulative, toxic), (Hill, 2004). Mnoge kemijske tvari, bilo prirodne bilo sintetizirane (npr. DDT, dioksini, teški metali, PCB, PAH, itd.), koje imaju navedena tri svojstva imaju vrlo široku primjenu (insekticidi, pesticidi, otapala, itd.). Zbog toga tijekom njihove proizvodnje ili ciklusa života proizvoda (tj. od pridobivanja sirovine do konačne obrade otpada i odlaganja proizvoda koji ih sadrži) mogu biti ispušteni u okoliš zajedno sa produktima njihove razgradnje. Emisije u okoliš, koncentracije i izloženost ekosustavima i ljudima variraju između pojedinih kemikalija.

#### Postojanost

Postojanost je svojstvo tvari da dugo zaostane u okolišu, tj. da ima dugo vrijeme poluraspada. Poseban problem su postojane volatilne tvari (npr. poliklorne organske kemikalije – dioksini, poliklorni bifenili, DDT) koje se vjetrovima prenose na velike udaljenosti i u krajeve gdje se nikada nisu niti proizvodile niti upotrijebile. Najbolji primjer za to su polarni krajevi u kojima se zbog hladnoće akumuliraju u ledu. Metali, koji izuzev žive nisu volatilni, također se prenose na velike udaljenosti vjetrom u obliku sitnih čestica nastalih najčešće izgaranjem. Osim vjetrom u sjeverne krajeve PBT tvari dolaze i morskim životinjama u kojima su se bioakumulirali.

#### Bioakumulacija i biomagnifikacija

Bioakumulacija je svojstvo nakupljanja tvari u živim organizmima u koncentracijama većim nego u okolišu. Tvari koje se bioakumuliraju teško se raspadaju i nalaze mjesta u organizmu gdje se čvrsto vežu. Na primjer poliklorni bifenili akumuliraju se u masnom tkivu budući da se otapaju u mastima, a olovo se u tijelu veže na mjesto kalcija u zubima i kostima.

Biomagnifikacija je svojstvo tvari da se akumulira u organizmima koji se nalaze na vrhu hranidbenog lanca i jedu organizme u kojima su te tvari bioakumulirane. Na primjer olovo u kostima i zubima, kadmij u bubrezima i živa u jetri. U masnom tkivu akrtičkih tuljana i drugih morskih sisavaca na sjeveru zabilježene su ogromne koncentracije PBT tvari. Budući da je to osnovna hrana ljudi u tim krajevima, koncentracije polikloriranih spojeva u njihovoj krvi i 70 puta je viša od prosjeka.

#### Toksičnost

Prava definicija toksičnosti ne postoji. Ovisno o kemikaliji varira i tip i stupanj toksičnosti.

Od oko oko 87 000 kemijskih supstanci u komercijalnoj upotrebi, prema Agenciji za zaštitu okoliša (EPA-Environmental Protection Agency) Sjedinjenih Američkih Država, 53 se smatraju postojanima, bioakumulativnima i toksičnima. Budući da je upotreba i proizvodnja mnogih PBT tvari već zabranjena, broj onih koje se već nalaze u prirodi je veći (npr. poliklorni bifenili – PCB). Od 53 PBT tvari 42 su organske, a 11 metali. Većina organskih PBT tvari je polihalogenirana (sadrži halogene elemente fluor, brom i osobito klor), a značajno im je svojstvo da se otapaju u mastima. Za razliku od organskih tvari, metali ne mogu biti zabranjeni budući da se prirodno nalaze u okolišu, no može biti zabranjena njihova upotreba. Postojani organski onečišćivači (POPs-persistent organic pollutants) podgrupa su PBT-a. POP tvari se otpuštaju u okoliš iz pesticida kao što su lindan ili DDT, iz drugih proizvoda onečišćenih takvim tvarima ili tijekom industrijskog procesa kao sporedni produkti (npr. dioksini, poliaromatski ugljikovodici-PAH-ovi, heksaklorbenzen - HCB).

Dijele se u tri grupe: (1) poliklorne kemikalije, (2) polibromne kemikalije i (3) polifluorne kemikalije.

Poliklorne kemikalije (poliklorni bifenili - PCB) su skupina od 209 spojeva koji se razlikuju po broju i lokacijama atoma klora. Što je više atoma klora, to su spojevi postojaniji. Upotrebljavali su se uglavnom za izolaciju električnih uređaja budući da nisu gorivi niti na jako visokim temperaturama, ali i kao dodatak bojama, adhezivima i slično. Vrlo su toksični (neki čak kao i dioksini). Oštećuju imunološki sustav, jetru i štitnjaču, uzrokuju klorakne te su vjerojatno kancerogeni. U organizam se unose preko masnog mesa, mliječnih proizvoda i ribe.

Polibromne kemikalije (polibromni difenil eteri – PBDE) služe za zaštitu od požara električnih uređaja, elektronike, automobila, namještaja, plastike i tekstila. Koncentracije u okolišu, osobito Arktiku, im rastu budući da nisu zabranjene. Najčešće sadrže pet atoma broma. Nalaze se u poliuretanskoj pjeni. Opasni su za živčani sustav i štitnjaču. U organizam se unose preko masti, jaja, ribe i mlijeka.

Polifluorne kemikalije (polifluorni sulfonati – PFOS) čine grupu od oko 300 spojeva. Veza između atoma fluora i ugljika vrlo je snažna, zbog čega su jako postojane i teže razgradive od ostalih POP tvari. Bioakumuliraju se i toksične su. Prelaze velike udaljenosti, no mehanizam transporta nije poznat.

Postojani organski onečišćivači regulirani su međunarodnim sporazumima za smanjivanje ili eliminiranje njihove upotrebe i ispuštanja u okoliš. CLTRAP (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution) protokol (UNECE – United Nations Economic Commission for Europe, 1998) navodi 16 različitih tvari smatrajući ih POP tvarima, a Štokholmska konvencija o postojećim organskim onečišćivačima ("Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants", 2001) identificira podgrupu od 12 («dirty dozen») takvih tvari. Štokholmsku konvenciju su potpisale 122 zemlje. Svih 12 zabranjenih ili strogo ograničenih kemikalija su poliklorirane organske tvari, a od njih su 8 pesticidi (aldrin, klordan, DDT, dieldrin, endrin, heptaklor, mireks i toksafen), 2 su industrijske kemikalije (PBC i heksaklorbenzen) i 2 su nusprodukti izgaranja i industrijskih procesa (dioksini i furani). Iako su navedene tvari zabranjene, njihova se upotreba još uvijek dozvoljava u specifičnim slučajevima. DDT se koristi u nerazvijenim zemljama protiv komaraca nosioca malarije, PCB tvari se koriste u ranije proizvedenim električnim uređajima, dok dioksini i dalje nastaju izgaranjem. Koncentracije nekoliko najvažnijih POP-a smanjile su se zadnjih desetljeća zbog smanjenja njihove proizvodnje i upotrebe zahvaljujući zabranama i drugim restrikcijama.

#### **4.5. Ocjena stupnja onečišćenja – granične vrijednosti**

Ocjena stupnja onečišćenja područja temelji se primarno na utjecaju onečišćenja na ljudsko zdravlje ili okoliš, ali isto tako i na razlici u sadržaju onečišćivača u onečišćenom području u odnosu na pozadinske vrijednosti okolnog područja (background, baseline) ili definiranim graničnim vrijednostima. Pri određivanju graničnih vrijednosti od velike su koristi ekotoksikološke studije za pojedine parametre. Krajnje vrednovanje nivoa zagađenja uključuje kombiniranu ocjenu trenutnih uvjeta, usporedbe s referentnim vrijednostima, količine onečišćivača i volumena onečišćenog materijala.

U Hrvatskoj regulativi granične vrijednosti za tla se navode samo u Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima. (NN, 1992). U navedenom pravilniku nalaze se granične vrijednosti samo za tla koja se koriste za poljoprivrednu proizvodnju, a od navedenih parametara u njima se nalaze samo odabrani teški metali (Pb, Zn, Cd, Co, Cr, Ni,



Mo, As, Hg, Cu) i policiklični aromatski ugljikovodici.

U mnogim zemljama tlu sa stanovišta graničnih vrijednosti pristupilo mnogo detaljnije, te su za različite upotrebe zemljišta dane i različite granične vrijednosti (npr. Njemačka, Kanada, SAD). Na primjer u Njemačkoj razlikuju sljedeće upotrebe zemljišta za koje daju različite granične vrijednosti (BBodSchV, 1999):

### **Dječja igrališta**

Mjesta za djecu koja se upotrebljavaju za igru, izuzev pijeska u pješčanicima.

### **Rezidencijalna područja**

Područja naselja, okućnice i drugi vrtovi slične namjene, osim parkova, rekreacijskih prostora, dječjih igrališta i popločenih prometnih površina.

### **Parkovi i rekreacijski prostori**

Prostori koji služe u društvene, zdravstvene i sportske svrhe, osobito javne i privatne zelene površine, kao i nepopločane površine koje su redovito dostupne i upotrebljavane.

### **Površine koje se upotrebljavaju u industrijske i komercijalne svrhe**

Nepopločana područja unutar radnih mjesta ili proizvodnih postrojenja koja se upotrebljavaju samo za vrijeme radnog vremena.

### **Poljoprivredno zemljište**

Područja za kultivaciju različitih usjeva, uključujući povrće i stočnu hranu, kao i područja za komercijalni uzgoj ukrasnog bilja.

### **Povrtnjaci**

Dvorišta, mali vrtovi i drugi vrtovi koji se upotrebljavaju za uzgoj bilja za prehranu.

### **Travnjaci**

Trajne zelene površine.

Dok su se granične vrijednosti za dječja igrališta, rezidencijalna područja, parkove i industrijske zone odredile na temelju odnosa tlo-ljudsko zdravlje, granične vrijednosti za poljoprivredna zemljišta, povrtnjake i travnjake su se odredile na temelju odnosa tlo-biljka. U tablici 4.1. su kao primjer prikazane granične (*trigger*) vrijednosti za pojedine parametre, a odnose se na direktan kontakt tlo-ljudsko zdravlje.

**Tablica 4.1.** Granične vrijednosti za različite vrste upotrebe zemljišta (BBodSchV, 1999).

granične vrijednosti [mg/kg TM]				
TVAR	Dječja igrališta	Rezidencijalna područja	Parkovi i rekreacijska područja	Područja za industrijske i komercijalne svrhe
Arsen	25	50	125	140
Olovo	200	400	1000	2000
Kadmij	101)	201)	50	60
Cijanidi	50	50	50	100
Krom	200	400	1,000	1,000
Nikal	70	140	350	900
Živa	10	20	50	80
Aldrin	2	4	10	--
Benzo(a)piren	2	4	10	12
DDT	40	80	200	--
Heksaklorobenzen	4	8	20	200
Heksaklorocikloheksan (HCH-smjesa ili β-HCH)	5	10	25	400
Pentaklorofenol	50	100	250	250
Poliklorirani bifenili (PCP <sub>n</sub> ) <sup>2)</sup>	0,4	0,8	2	40

U Švedskoj se ocjena izmjerenih vrijednosti onečišćivača temelji na usporedbi s graničnom vrijednosti («guideline value»), tj. koncentracijom koja se ne može preći bez rizika za ljudsko zdravlje i/ili okoliš. Što je mjerena vrijednost viša u odnosu na graničnu vrijednost, rizik je veći (Tablica 4.2.). U tablici 4.3. prikazane su granične vrijednosti koje se upotrebljavaju u Švedskoj (izvor Swedish EPA: [www.internat.naturvardsverket.se/](http://www.internat.naturvardsverket.se/))

**Tablica 4.2.** Procjena trenutnog stanja onečišćenja

Trenutno stanje	Koncentracije u odnosu na graničnu vrijednost
Nije previše opasno	< granične vrijednosti
Umjereno opasno	1-3 x granične vrijednosti
Opasno	3-10 x granične vrijednosti
Jako opasno	> 10 x granične vrijednosti

U Slovačkoj razlikuju tri različite granične vrijednosti (izvor SAZP- Slovak Environmental Agency [www.sazp.sk](http://www.sazp.sk)):

- A – «reference value»; tlo nije onečišćeno ukoliko su koncentracije niže od referentne vrijednosti;
- A1 – «referentna vrijednost» za procjenu opasnih tvari ekstrahiranih s 2M HNO<sub>3</sub>;  
B – «indicative value»; onečišćenje tla je analitički dokazano ukoliko koncentracije premašuju ovu vrijednost, te je daljnje istraživanje lokacije i kontrola potrebna ukoliko uzrok, područje i onečišćenje imaju negativan utjecaj na ljudsko zdravlje ili druge komponente okoliša;
- C – «sanitary indicative value»; ukoliko koncentracije neke opasne tvari dostignu ovu vrijednost, odmah se mora kartirati zagađenje na lokaciji i dati prijedlog dekontaminacije.

U tablici 4.4. prikazane su maksimalne dozvoljene koncentracije za pojedine vrste graničnih vrijednosti i odabrane specifične parametre.

**Tablica 4.3.** Švedske granične ("guideline") vrijednosti za zagađena tla (mg/kg suhe tvari)

<b>Metali mg/kg</b>	
Arsen	15
Olovo	80
Kadmij	0,4
Kobalt	30
Bakar	100
Krom (samo u slučaju da nije prisutan Cr VI)	120
Krom VI	5
Živa	1
Nikal	35
Vanadij	120
Cink	350
<b>Druge anorganske tvari</b>	
Ukupni cijanidi (vrijedi ukoliko nisu prisutni dostupni cijanidi)	30
Dostupni cijanidi	1
<b>Organske tvari</b>	
Fenol + kresol	4
Zbroj klorofenola (bez pentaklorofenola)	2
Pentaklorofenol	0,1

Zbroj mono- i diklorobenzena	15
Zbroj tri-, tetra- i pentaklorobenzena	1
Heksaklorobenzen	0,05
Ukupni PCB	0,02
Dioksini, furani, co-planarni PCBi (izraženi u TCDD ekvivalentima)	10 ng/kg d.w.
Dibromoklorometan	2
Bromodiklorometan	0,5
Ugljikov tetraklorid	0,1
Triklorometan	2
Trikloroetilen	5
Tetrakloroetilen	3
1,1,1-trikloroetan	40
<b>Organske tvari (nastavak)</b>	
Diklorometan	0,1
2,4-dinitrotoluen	0,5
Benzen	0,06
Toluen	10
Etilbenzen	12
Ksilen	15
kancerogeni PAH-ovi (zbroj 7 spojeva)	0,3
Drugi PAH-ovi (zbroj 9 spojeva)	20
<b>Alifatski ugljikovodici</b>	
C6-C16	100
C17-C35	100
<b>Aromatski ugljikovodici</b>	
Zbroj toluena, etilbenzena i ksilena	10
C9-C10	40
C11-C35	20
<b>Drugo</b>	
MTBE	6
1,2-dikloroetan	0,05

**Tablica 4.4.** Maksimalne dozvoljene koncentracije različitih opasnih tvari u tlu u mg/kg suhe tvari (Regulation of MP SR No. 531/1994-540 on the Highest Admissible Concentration of Pollutants in Soil)

OPASNE TVARI	A	A1	B	C
Metali				
As	29	5,0	30	50
Ba	500	x	1 000	2 000
Be	3	x	20	30
Cd	0,8	0,3	5	20
Co	20	x	50	300
Cr	130	10,0	250	800
Cu	36	20	100	500
Hg	0,3	x	2	10
Mo	1	x	40	200
Ni	35	10,0	100	500
Pb	85	30,0	150	600
Se	0,8	x	5	20
Sn	20	x	50	300
V	120	x	200	500
Zn	140	40,0	500	3 000
Anorganske tvari		x		
F (ukupni)	500	x	1 000	2 000
S (iz sulfida)	2	x	20	200
Br (ukupni)	20	x	50	300

Ukoliko se na lokaciji analiziralo malo uzoraka (do 5), za usporedbu se uzima najviša vrijednost, a u slučaju većeg broja uzoraka prikladnije je uspoređivati vrijednosti na temelju 90-tog percentila ili druge najviše vrijednosti.

U Nizozemskoj su razvijene granične vrijednosti za 57 onečišćivača (uključujući 11 PAH-ova) poznate kao «ABC vrijednosti»:

1. «TARGET VALUE» je granična vrijednost ispod koje je poznato da spojevi i/ili elementi ne utječu na prirodne karakteristike tla;
2. «INTERVENTION VALUE» je koncentracija iznad koje se kreće u remedijaciju ukoliko jedna ili više komponenti na više od 25 m<sup>3</sup> tla ili 1000 m<sup>3</sup> podzemne vode imaju navedenu ili višu koncentraciju.

3. «MIDDLE VALUE» -  $(\text{target value} + \text{intervention value}) \times 0.5$ . Ova koncentracije se smatra graničnom vrijednošću za daljnja istraživanja.

Iz navedenog se vidi da je važno imati regulativu na nacionalnoj razini za granične vrijednosti u tlima različitih upotreba zemljišta, kao i različite granične vrijednosti za određeni parametar sa stanovišta djelovanja. Bez usporedbe rezultata analiza s graničnim vrijednostima, ne može se napraviti kvalitetna interpretacija podataka.

Kao što je već spomenuto u Hrvatskoj regulativi granične vrijednosti za tla se navode samo u Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima. (NN, 1992). U navedenom pravilniku nalaze se granične vrijednosti samo za tla koja se koriste za poljoprivrednu proizvodnju, a od navedenih parametara u njima se nalaze samo odabrani teški metali (Pb, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Mo, As, Hg, Cu) i policiklični aromatski ugljikovodici. Na vedeni pravilnik obrađuje dvije kategorije tala na temelju teksturnih obilježja (teksturno laka i teksturno teška tla). Definiranje graničnih vrijednosti se prema iskustvima drugih europskih zemalja temelji na nekoliko kriterija (upotreba zemljišta, odnos tlo-ljudsko zdravlje, odnos tlo-voda, odnos tlo-biljka, i fizikalno kemijskim karakteristikama tla-pH, udio organske tvari i udio glinovite frakcije). Za određivanje graničnih vrijednosti za lokalna onečišćenja bitan je odnos tlo-ljudsko zdravlje. Nužno je izraditi pravilnik koji će se temeljiti na upotrebi zemljišta (dječja igrališta, rezedencijalna područja, parkovi i rekreacijski prostori, područja za industrijske i komercijalne svrhe). Naša preporuka je da kao temelj za novi pravilnik posluži njemački standard BBodSchV, (1999) koji je prikazan u tablici 4.1.

## 5. Popis metoda za određivanje općih i specifičnih parametara onečišćenih tala

### 5.1. Predobrada uzoraka

Predobrada uzoraka, uključujući sušenje, omogućava određivanje fizičko-kemijskih svojstva (HRN ISO 11464:2004), kao i određivanje anorganskih (HRN ISO 11464:2004) i organskih onečišćivača (ISO 14507:2003). U slučaju kada tlo sadrži i krupnije granulometrijske frakcije ili druge materijale (osobito građevinski otpad), uzorci tla se siju s ciljem dobijanja frakcije čestica manje od 2 mm za analize. Ukoliko postoje dokazi o povišenom sadržaju onečišćivača u krupnijoj frakciji, tada se i ona treba istražiti. Sav strani materijal koji sadrži uzorak mora se odvojeno istražiti i uključiti u interpretaciju i ocjenu. Reprezentativni dio uzorka mora se pohraniti. U slučaju kada se u uzorku određuju i lakovolatilne tvari uzorci se moraju liofilizirati prema ISO/DIS 16720:2005.

HRN ISO 11464:2004 Kakvoća tla – Priprema uzoraka za fizikalne i kemijske analize; Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses

Područje primjene: Norma ISO 11464:2006 specificira predobrade potrebne za uzorke tla koji se trebaju podvrći fizikalno-kemijskim analizama stabilnih i nevolatilnih parametara. Opisuje sljedeće tipove predobrade uzoraka: sušenje, drobljenje, sijanje, četvrtanje i mljevenje. Opisani postupci predpripreme nisu primjenjivi ukoliko utječu na rezultate određivanja koje se treba izvršiti. Također nisu primjenjivi u slučajevima kada u uzorcima treba odrediti volatilne spojeve. Internacionalni Standardi za analitičke metode navode kada je neophodno upotrijebiti druge postupke.

ISO 14507:2003 Soil quality - Pretreatment of samples for the determination of organic contaminants (Kakvoća tla: Priprema uzorka za određivanje organskih onečišćivača)

Područje primjene: ISO 14507:2003 specificira tri metode pripreme uzoraka tla u laboratoriju prije određivanja:

volatilnih organskih spojeva;

umjereno volatilnih i nevolatilnih organskih spojeva, ukoliko rezultati daljnje analize moraju biti točni i ponovljivi, i ako uzorci sadrže čestice veće od 2 mm i/ili je onečišćivač heterogeno raspodijeljen,

nevolatilni organski spojevi, a postupak ekstrakcije propisuje uzorke s prirodnom vlažnošću, ili ukoliko su najveće čestice uzorka manje od 2 mm i onečišćivač je homogeno raspodijeljen. Ovaj postupak je primjenjiv ukoliko je prihvatljiva smanjena točnosti i ponovljivost.

Predobrada opisana u standardu ISO 14507:2003 se upotrebljava u kombinaciji s postupkom ekstrakcije koji prevodi onečišćivač u otopinu.

ISO/DIS 16720:2005 Soil quality – Pre-treatment of samples by freeze-drying for subsequent analysis (Kakvoća tla – Priprema uzoraka liofilizacijom)

Područje primjene: Norma ISO 16720:2005 specificira metodu predobrade uzoraka tala liofilizacijom. Primjenjiva je na uzorke tla na kojima će se vršiti određivanja elemenata ili organskih spojeva koji nisu volatilni u uvjetima liofilizacije. Norma se može primijeniti na uzorke mulja

i sedimenta. Metoda je primjenjiva i kao prvi korak u određivanju sadržaja suhe tvari (ili vode), na primjer u slučaju uzoraka s visokim sadržajem vode.

## 5.2. Digestija, ekstrakcija, elucija

Metali u tragovima (npr. teški metali, mikronutrijenti) se od anorganskih spojeva najčešće analiziraju. S obzirom na analitičku metodu, mora se razgraničiti i metoda ekstrakcije/digestije. Osim ukupnog sadržaja elemenata u uzorku, (eko)toksikološki značajnija mobilna frakcija je od sve većeg interesa.

Stoga se sadržaj elemenata u tragovima može se odrediti u ekstraktu zlatotopke koji se priređuje prema HRN ISO 11466:2004, u ekstraktu puferne otopine DTPA prema HRN ISO 14870:2001, u ekstraktu amonijevog nitrata prema DIN 19730:1997, rasščlanjivanjem s fluorovodičnom i perklornom kiselinom prema HRN ISO 14869-1:2004 ili rasščlanjivanje alkalnom fuzijom za određivanje ukupnog kemijskog sastava ISO 14869-2:2004. Internacionalni standard za postupke izluživanja za kemijske i ekotoksikološke analize tla i materijala tla s dodatkom kiseline/lužine za prilagodbu kiselosti je u pripremi (ISO CD 19492 – committee draft). Postoje i mnoge druge primjenjive ekstrakcije, npr. EDTA,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$  i KCl.

Sekvencijska ekstrakcijska analiza upotrebljava se za određivanje udjela metala u različitim frakcijama zbog povećanje geokemijskog značaja podataka i razlikovanje utjecaja litologije od utjecaja onečišćenja. Identifikacija glavnih mjesta vezanja metala u tragovima ne pomaže samo razumijevanju geokemijskih procesa, već predskazuje mogućnost remobilizacije, određuje dostupnost elemenata biljkama i razlikuje izvore elemenata (atmosferski ili hidromorfni transport, te klastična disperzija). Ukoliko bude postojala potreba za navedenom analizom, može se koristiti u Europskoj Uniji prihvaćena i standardizirana (European Community Bureau of Reference) metoda sekvencijske ekstrakcije tzv. «Three-step BCR procedura (EUR 19775 EN Report of European Commission, 2001).

Ukoliko bude postojala potreba za analizu vodenih eluata, osobito u slučaju integriranog monitoringa tla i vode, trebati će proučiti postupak pripreme opisan u njemačkom pravilniku «Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV, 1999)» od 12.07.1999. U njemu se navode i različite metode analiza za vodene eluate, kao i granične vrijednosti za pojedine anorganske i organske tvari ili njihove skupine.

**HRN ISO 11466:2004 Kakvoća tla** – Ekstrakcija elemenata topivih u zlatotopci; Soil quality - Extraction of trace metals soluble in aqua regia

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za ekstrakciju zlatotopkom tragova elemenata iz tala i sličnih materijala, pripremljenih prema normi ISO 11464, koji sadrže manje od 20 % organskog ugljika sukladno ISO 10694. Materijali koji sadrže više od 20% organskog ugljika potrebno je dodatno obraditi nitratom kiselinom. Dobivena otopina pogodna je za određivanje tragova elemenata odgovarajućom tehnikom atomske spektrometrije.

**HRN ISO 14870: 2001 Kakvoća tla** – Ekstrakcija elemenata u tragovima pufernom otopinom DTPA; Soil quality - Extraction of trace elements by buffered DTPA solution

Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu za ekstrakciju elemenata u tragovima u uzorcima tla korištenjem pufer otopine dietilentriaminopentaoktene kiseline (DTPA). Ova metoda se najčešće primjenjuje za procjenu dostupnosti bakra, željeza, mangana i cinka biljkama koje rastu u tlu. Posebno je pogodna za tla čiji je pH veći od 6. Iz ekstrakta se također



moгу odrediti i potencijalno toksični elementi kao što su kadmij, klor, nikal i olovo. Ako tla sadrže velike količine jednog ili više ovih elemenata, učinkovitost ekstrakcije bilo kojeg od navedenih elemenata može se smanjiti zbog prekoračenja kompleksacijskog kapaciteta DTPA. Ova međunarodna norma ne navodi metode za mjerenje elemenata u tragovima u ekstraktu.

### 5.3. Metode analize

Tlo, materijal tla i drugi materijali moraju se analizirati standardiziranim metodama specificiranim u niže navedenim tablicama. Ukoliko se upotrebljavaju druge metode, one moraju biti ekvivalentne ili usporedive s rezultatima dobivenim metodama naznačenim u tablicama. Koncentracije onečišćivača moraju se izraziti u istim jedinicama u kojima su izražene i granične vrijednosti. Kod onečišćenja naftom ili naftnim derivatima, kao i ostalim volatilnim spojevima postoji mogućnost analize zraka tla koja se provodi na terenu. Metode analize i standardi za njihovo provođenje u ovoj fazi izrade projekta nisu navedeni. Kao što je već navedeno i kod pripreme uzoraka, analizirati se mogu i eluati tla, čije metode analize i standardi za sada također nisu navedeni.

#### 5.3.1. Analize općih parametara i učestalost mjerenja

Analize općih parametara (fizikalnih, kemijskih i bioloških) tla s pripadajućim normama prikazane su u tablici 5.1. Određivanje općih parametara tla treba uskladiti sa popisom parametara za poljoprivredna i šumska tla. Većina parametara će se odrediti samo pri prvoj karakterizaciji lokacije. Izuzetak su analize onih parametara koji su promjenjivi i koji utječu na koncentracije i ponašanje specifičnih parametara. Njihova učestalost motrenja prilagoditi će se učestalosti motrenja specifičnih parametara.

**Tablica 5.1.** Analize općih parametara (fizikalni, kemijski i biološki) tla s pripadajućim normama

PARAMETAR	METODA
Mehanički sastav tla (granulometrija)	HRN ISO 11277:2004
Volumna gustoća tla	HRN ISO 11272:2004
Maksimalni kapacitet tla za vodu, pF 0	HRN ISO 11274:2004
Poljski vodni kapacitet, pF 2,5	HRN ISO 11274:2004
Točka venuća, pF 4,2	HRN ISO 11274:2004
Lakopristupačna voda, pF 2,5 – pF 4,2	HRN ISO 11274:2004
Ukupna poroznost	HRN ISO 11508:2004
Kapacitet tla za vodu (suha tvar i sadržaj vode) -gravimetrijska metoda	HRN ISO 11465:2004
Kapacitet tla za zrak	HRN ISO 11465:2004
Propusnost tla za vodu	HRN ISO 11465:2004
Stabilnost strukturnih agregata	
Zbijenost tla	
PARAMETAR (nastavak)	METODA

Kiselost tla u H <sub>2</sub> O i 1N KCl (CaCl <sub>2</sub> )	HRN ISO 10390:2005
Organski ugljik (sulfokromna oksidacija) Organski i ukupni ugljik (izgaranje)	ISO 14235:2004 ISO 10694:1995
udio karbonata volumetrijskom metodom	HRN ISO 10693:2004
sadržaj organske tvari	HRN ISO 10694:2004
CEC – kapacitet kationske zamjene Zamjenjivi kationi (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> ) CEC za tla i materijale tla bogate glinama	HRN ISO 13536:2005 HRN ISO 11260:2005 ISO NP 20923
Redoks potencijal (terenska metoda)	ISO 11271: 2002
Specifična električna provodljivost	HRN ISO 11265:2004
Hidrolitska kiselost, y1 (test barijevim kloridom)	ISO 14254:2001
ukupni N (modificirana metoda po Kjeldahl-u)	HRN ISO 11261:2004
Ukupni N (suho izgaranje)	ISO 13878:1998
dušik iz nitrata, amonijaka i ukupni topivi dušik u suhim tlima (ekstraktant; otopina CaCl <sub>2</sub> )	HRN ISO 14255:2004
Nitrati, nitriti i amonijak u uzorcima tala prirodne vlažnosti (ekstrakcija otopinom KCl): 1-ručno; 2-automatski	ISO 14256-1:2003 ISO 14256-2:2005
Pristupačna hraniva u tlu: P, K, Ca, Mg, NO <sub>3</sub> , Fe, Cu, Zn, S, Mn	HRN ISO 14870:2001 ISO 11263:1994
Fosfor (spektrometrija, ekstrakt Na-hidrogenkarbonata)	ISO 11263:1994
Ukupni S (suho izgaranje)	ISO 15178:2000
Sulfat (topiv u vodi i topiv u kiselini)	ISO 11048:1995
Celulolitička aktivnost – celuloza test	
Aktivnost dehidrogenaze	ISO 23753-1-2:2005
CO <sub>2</sub> produkcija	ISO 14240-1:1997

**NAPOMENA:** Sažeci nekih od predloženih standardiziranih metoda u prethodnoj tablici nalaze se u nacrtu materijala „Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske»

### 5.3.2. Analize specifičnih parametara i učestalost mjerenja

Analize koncentracija anorganskih onečišćivača s pripadajućim metodama prikazane su u tablici 5.2., a koncentracije organskih onečišćivača s pripadajućim metodama u tablici 5.3.

**Tablica 5.2.** Analize anorganskih onečišćivača tla s pripadajućim normama

PARAMETAR	ANALITIČKA TEHNIKA	METODA
Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn Al, As, B, Hg, Mo, Se, Sn, Sr	-u ekstraktu zlatotopke ili ekstraktu EDTA -analiza: AAS i ET-AAS	HRN ISO 11047:2004
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn	ICP-AES (ICP-MS) U slučaju visokih koncentracija matriksa moraju se odrediti spektralne smetnje	ISO 11885:1996
As, Sb i Se	-ekstrakcija zlatotopkom -analiza: AAS	ISO DIS 20280 (draft)
Tl	ET-AAS	ISO 20279:2005
As	AAS – hidridna tehnika	ISO 11969:1996
Hg	-AAS-CV (ekstrakcija: zlatotopka) -redukcija s kositrenim (II) kloridom ili NaBH <sub>4</sub>	ISO 16772:2004 DIN EN 1483:1997
Cr(VI)	1) extraction with phosphate- buffered aluminum sulphate solution 2) elution with water, separation of Cr(III), determination of soluble Cr(VI) in soils spektrofotometrija	DIN 18734
cijanidi	-ukupni cijanidi -ukupni i slobodni cijanidi (analiza kontinuiranog toka)	ISO 11262:2003 ISO 17380:2004

Treba naglasiti da postoji i niz drugih analitičkih metoda pokrivenih međunarodnim standardima za kvalitetu vode koje mogu biti primjenjene na eluatima ili nekim od ekstrakata tla.

**HRN ISO 11047:2004 Kakvoća tla** – Određivanje kadmija, kroma, kobalta, bakra, olova, mangana, nikla i cinka nakon ekstrakcije zlatotopkom – Metoda plamene i besplamene atomske apsorpcijske spektrometrije; Soil quality - Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc - Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje elemenata: bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova, atomskom apsorpcijskom spektrometrijom nakon ekstrakcije zlatotopkom provedene prema postupku definiranom metodom ISO 11466. Izbor metode za pojedini element ovisi o sadržaju tog elementa u uzorku, tako da je moguće da se za određivanje svih elemenata primjene obje metode.

Metoda A - Određivanje bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova plamenom atomskom apsorpcijskom spektrometrijom.

Metoda B - Određivanje bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova

besplamenom atomskom apsorpcijskom spektrometrijom.

### ISO 11262:2003 Soil quality - Determination of cyanides (Kakvoća tla - Određivanje cijanida)

Područje primjene: Norma ISO 11262: 2003 je primjenjiva na uzorke tla bez prethodne pripreme i specificira dvije kvantifikacijske metode za određivanje lako otpuštajućih i kompleksnih cijanida. Nije uvijek neophodno odrediti lako otpuštajuće cijanide prije mjerenja kompleksnih cijanida. U tim slučajevima prvi dio destilacijskog procesa se preskače i određuju se samo ukupni cijanidi. Metoda je primjenjiva na tla koja sadrže između 0,5 mg/kg i 10 000 mg/kg ukupnih cijanida. Ukoliko se sadržaj cijanida u uzorku tla prirodne vlažnosti kreće između 0,5 i 50 mg/kg, koristi se fotometrijska metoda, a u slučaju sadržaja višeg od 50 mg/kg koristi se titrimetrijska metoda.

**ISO 17380:2004 Soil quality - Determination of total cyanide and easily released cyanide content - Continuous flow analysis method (Kakvoća tla: Određivanje sadržaja ukupnih cijanida i lako otpuštajućih cijanida metodom kontinuiranog toka)**

Područje primjene: Norma ISO 17380:2004 specificira metodu fotometrijskog određivanja količine ukupnih i lako otpuštajućih cijanida u tlu analizom automatizirane destilacije kontinuiranog toka. Primjenjiva je na sve tipove tala koji sadrže iznad 1 mg/kg cijanida na bazi suhe tvari, izraženo kao cijanid ion. Koncentracije sulfida više od 40 mg/kg suhe tvari uzrokuju interferencije koje se mogu izbjeći razrjeđivanjem ekstrakta uzorka.

**Tablica 5.3.** Analize organskih onečišćivača tla s pripadajućim normama

PARAMETAR	ANALITIČKA TEHNIKA	METODA
PAH	HPLC-UV/DAD/F GC-MS	HRN ISO 13877:2005 ISO 18287:2006
Volatilni aromatski ugljikovodici	GC-Purge-and-trap method with thermal desorption	ISO 15009:2002
naftalen	GC-Purge-and-trap method with thermal desorption	ISO 15009:2002
Volatilni halogeni ugljikovodici	GC-Purge-and-trap method with thermal desorption	ISO 15009:2002
heksaklorobenzen	GC-ECD ili GC-MS	ISO 10382:2002
fenoli i klorofenoli	GC-ECD ili GC-MS	ISO 14154:2005
smjesa: aldrina, DDT-a, HCH-a	GC-ECD ili GC-MS	ISO 10382:2002
herbicidi	HPLC-UV	ISO 11264:2005
ostaci pesticida organo-klorni pesticidi	GC- ECD ( GC-MS)	ISO 11264:2005 ISO 10382:2002
poliklorirani bifenili (PCB): 6 PCB-kongenera (No. 28, 52, 101, 138, 153)	GC- ECD ( GC-MS)	ISO 10382:2002
poliklorirani dibenzodioksini (PCDD) i poliklorirani dibenzofurani (PCDF)	GC-MS	DIN 38414-24:2000

Mineralna ulja	Infra-crvena spektrometrija Plinska kromatografija	HRN ISO/TR 11046:2005 ISO 16703:2004
Organo-kositreni spojevi		ISO/AWI 23161 CD:06/2003 (committee draft)

Istraživanje organskih tvari uobičajeno se svodi na postojeće spojeve. Postoje mnoge metode analize organskih tvari čiji je cilj ekstrahirati što veću količinu organske tvari iz tla. Važno je prepoznati da se organska tvar može ekstrahirati iz prirodnih organskih materijala (npr. organske tvari, raspadnute vegetacije, treset), i zbog toga nespecifične analize mogu dati krive rezultate. Kao i za anorganske tvari, tako i za organske tvari postoji niz drugih analitičkih metoda pokrivenih međunarodnim standardima za kvalitetu vode koje mogu u određenim slučajevima biti primijenjene i na tla.

**ISO 10382: 2002 Soil quality** - Determination of organo-chlorine pesticides and polychlorinated biphenyls - Gas-chromatographic method with electron capture detection (Kakvoća tla: Određivanje organo-klornih pesticida i poliklornih bifenila – metoda plinske kromatografije)

Područje primjene: Norma ISO 10382: 2002 specificira metodu za kvantitativno određivanje sedam polikloriranih bifenila i sedamnaest organoklornih pesticida u tlima. Primjenjiva je na sve tipove tla. Pod uvjetima specificiranim u normi mogu se postići granice detekcije od 0,1 mikrograma na kilogram do 4 mikrograma na kilogram (izraženo kao suha tvar)

**ISO 11264: 2005 Soil quality** - Determination of herbicides using HPLC with UV-detection (Kakvoća tla: Određivanje herbicida tekućinskom kromatografijom visokog učinka s UV-detekcijom)

Područje primjene: Norma ISO 11264: 2005 specificira metodu tekućinske kromatografije visokog učinka (HPLC) za kvalitativno i kvantitativno određivanje herbicida u tlima. Metoda je pogodna za određivanje trijazina, uključujući njihove metabolite, spojeve fenil uree i druge herbicide. Spojevi se identificiraju i kvantificiraju UV-detekcijom.

**HRN ISO/TR 11046:2005 Kakvoća tla** – Određivanje sadržaja mineralnih ulja infra-crvenom spektrometrijom i plinskom kromatografijom; Soil quality - Determination of mineral oil content - Method by infra-red spectrometry and gaschromatographic method

Područje primjene: Norma specificira dvije metode za kvantitativno određivanje sadržaja mineralnih ulja u tlima infra-crvenom spektrometrijom (metoda A) i plinskom kromatografijom (metoda B). Metoda A je primjenjiva u slučaju koncentracija mineralnih ulja iznad 20 mg/kg suhe tvari, a metoda B u slučaju koncentracija iznad 100 mg/kg. Nafta se ne može kvantitativno odrediti ovim metodama zbog gubitka volatilnih spojeva za vrijeme pripreme uzorka. Slabi polarni spojevi biogenog porijekla mogu se odrediti kao mineralna ulja. Relativno visoki sadržaj polarnih spojeva i halogeni ugljikovodici interferiraju pri određivanju.

**ISO 16703: 2004 Soil quality** - Determination of mineral oil content by gas chromatography

(Kakvoća tla - Određivanje mineralnih ulja plinskom kromatografijom)

Područje primjene: Norma ISO 16703: 2004 specificira metodu kvantitativnog određivanja sadržaja mineralnih ulja (ugljikovodika) plinskom kromatografijom na nesušanim uzorcima. Metoda je primjenjiva za sadržaj mineralnih ulja između 100 mg/kg i 10 000 mg/kg tla, iskazano

kao suha tvar, i može se prilagoditi nižim granicama detekcije. Primjenjiva je za određivanje svih ugljikovodika s točkama vrelišta u rasponu od 175°C do 525°C, n-alkana od C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> do C<sub>40</sub>H<sub>82</sub>, izoalkana, cikloalkana, alkilbenzena, alkilnaftalena i policikličnih aromatskih spojeva, ukoliko nisu adsorbirani na specifičnu kolonu za vrijeme postupka čišćenja. Nije primjenjiva za kvantitativno određivanje ugljikovodika < C<sub>10</sub> porijeklom iz benzina. Na temelju pikova na kromatogramu i točaka vrelišta pojedinih alkana, mogu se postići približni rasponi vrelišta mineralnih ulja i neke kvalitativne informacije o sastavu onečišćenja.

**ISO 14154:2005 Soil quality** - Determination of some selected chlorophenols - Gas-chromatographic method with electron-capture detection (Kakvoća tla – određivanje fenola i klorofenola plinskom kromatografijom s EC detektorom)

Područje primjene: Norma ISO 14154:2005 opisuje određivanje 15 klorofenola (2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4- i 3,5-diklorofenol; 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- i 3,4,5-triklorofenol, 2,3-, 4,5- i 2,3,4,6-tetraklorofenol i pentaklorofenol) u uzorcima tala plinskom kromatografijom s EC detektorom. Metoda se može primijeniti i na druge čvrste uzorke kao što su sedimenti i kruti otpad. Najniža koncentracija koja se može detektirati je oko 0,01 mg/kg do 0,05 mg/kg ovisno o osjetljivosti spoja i količini uzorka. U nekim slučajevima kompletna separacija izomera se ne može postići, te se tada rezultat izražava kao suma (npr. 2,4- i 2,5-diklorofenoli). Norma opisuje kiselo-baznu ekstrakciju nakon koje sljedi acetilacija, a potom ekstrakcija tekuće/tekuće.

**ISO 15009 2002 Soil quality** - Gas chromatographic determination of the content of volatile aromatic hydrocarbons, naphthalene and volatile halogenated hydrocarbons - Purge and trap method with thermal desorption (Kakvoća tla – Određivanje volatilnih aromatskih ugljikovodika, naftalena i volatilnih halogeniranih ugljikovodika – Plinska kromatografija (purge & trap method))

Područje primjene: Norma ISO 15009:2002 specificira metodu određivanja volatilnih ugljikovodika, naftalena i volatilnih halogeniranih ugljikovodika u tlima kvantitativnom plinskom kromatografijom. Primjenjiva je na uzorke svih tipova tala. Pri uvjetima koje specificira norma, granice detekcije (na temelju suhe tvari) su:

- volatilni ugljikovodici i naftalen: 0,1 mg/kg;
- volatilni halogenirani ugljikovodici: 0,01 mg/kg.

Donja granica detekcije je ovisna o uređaju i metanolu upotrijebljenom za ekstrakciju uzoraka tla.

**ISO 18287:2006 Soil quality** - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) - Gas chromatographic method with mass spectrometric detection (GC-MS), (Kakvoća tla - Određivanje policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) – metoda plinske kromatografije s maseno spektroskopskom detekcijom (GC-MS))

Područje primjene: Norma ISO 18287:2005 specificira kvantitativno određivanje 16 policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) prema popisu prioriteta (EPA, 1982) Američke agencije za zaštitu okoliša (Environmental Protection Agency-USA). Norma je primjenjiva na sve tipove tla (prirodno vlažne uzorke ili sušene) i širok raspon koncentracija PAH-ova. Pri uvjetima specificiranim u normi, donja granica detekcije za svaki pojedini policiklični aromatski ugljikovodik iznosi 0,01 mg/kg (izraženo na suhu tvar).

**ISO 22155:2005 Soil quality** - Gas chromatographic quantitative determination of volatile aromatic and halogenated hydrocarbons and selected ethers - Static headspace method (Kakvoća tla – Kvantitativno određivanje volatilnih aromatskih i halogeniranih ugljikovodika i odabranih etera – GC-Static headspace method)

Područje primjene: Norma ISO 22155:2005 specificira metodu za kvantitativno određivanje volatilnih aromatskih i halogeniranih ugljikovodika i odabranih alifatskih etera u tlima plinskom kromatografijom. Primjenjiva je na sve tipove tala. Granica detekcije ovisi o detektoru i metanolu upotrijebljenom za ekstrakciju uzoraka tla. Pri uvjetima specificiranim u normi, granice detekcije su sljedeće (izraženo na temelju suhe tvari):

pri upotrebi plinske kromatografije s FID detektorom (GC-FID), tipična granica detekcije je 0,2 mg/kg za volatilne aromatske ugljikovodike i 0,5 mg/kg za alifatske etere kao što je metil *tert*-butil eter (MTBE) i *tert*-amil metil eter (TAME);

pri upotrebi plinske kromatografije s EC detektorom, tipična granica detekcije je od 0,01 mg/kg do 0,2 mg/kg za volatilne halogene ugljikovodike. Niža granica detekcije može se postići upotriejbom masene spektrometrije (MS).

**ISO 22892:2006 Soil quality** - Guidelines for the identification of target compounds by gas chromatography and mass spectrometry (Smjernice za identifikaciju ciljanih spojeva plinskom kromatografijom i masenom spektrometrijom)

Područje primjene: Norma ISO 22892:2006 daje kriterije za identifikaciju ciljanih «target» spojeva plinskom kromatografijom i masenom spektrometrijom (GC-MS) u uzorcima tala. Upotrebljava se sa standardima razvijenim za određivanje specifičnih spojeva.

#### **NAPOMENA:**

S obzirom na obim standardiziranih metoda ukratko su opisane samo metode koje spadaju u grupu ISO/TC 190 – Soil Quality, i to one čiji su sažeci bili dostupni na Internetu. U tekstu su navedeni i neki standardi koji nisu prošli cjelokupni postupak prihvaćanja (npr. ISO CD – committee draft).

Učestalost mjerenja ovisiti će o postojanosti u okolišu, obliku u kojem se nalazi i koncentracijama. Budući da će odabir specifičnih parametara ovisiti o izvoru onečišćenja i procjeni zagađene lokacije, nije određena učestalost motrenja za pojedini parametar.



## 6. Osiguranje kakvoće podataka i ustroj baze podataka u tlu – podaci iz motrenja

### 6.1. Kakvoća dobivenih podataka

#### 6.1.1. Prikladno educiranje cjelokupnog osoblja uključenog u provedbu motrenja – navesti potrebne kvalifikacije i iskustvo

Kroz postupak akreditacije, kojim se laboratoriji vrednuju i potvrđuju da su stručno i tehnički osposobljeni za rad u skladu s međunarodno prihvaćenim normama i standardima, vrši se i edukacija osoblja u laboratorijima, čime se jamči podizanje razine organizacijske i tehničke osposobljenosti laboratorija. Stručna osposobljenost osoblja u laboratoriju biti će osigurana kroz postupak usklađivanja rada laboratorija prema zahtjevima koje donosi norma HRN EN ISO/IEC 17025:2000 "Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija". Laboratoriji, koji će biti uključeni u provedbu motrenja kakvoće tla moraju imati u radnom odnosu, za vrijeme trajanja motrenja, stručno osposobljene zaposlenike. Za ispitivanje fizikalnih, kemijskih i bioloških metoda analiza tla laboratoriji moraju imati najmanje dva zaposlenika sa stručnom spremom VII/1 stupnja (kemičar, kemijski tehnolog, biolog ili druga odgovarajuća struka) te najmanje dva zaposlenika sa stručnom spremom IV., odnosno V. stupnja, osposobljena za rad na odgovarajućim poslovima. Nalaze laboratorija će potpisivati voditelj laboratorija, koji mora imati stručnu praksu od barem pet godina, od toga najmanje jednu godinu u laboratoriju.

Uzimanje uzoraka na terenu može izvoditi samo izučeno osoblje, koje mora poznavati svrhu i cilj motrenja kakvoće tla te plan uzorkovanja. Odgovorna osoba za provedbu uzorkovanja mora imati odgovarajuće znanje iz pedologije i geologije. Kvaliteta uzorkovanja mora biti u skladu s principima iz ISO standarda 9000, a potrebno je osigurati primjenu metoda za osiguranje kvalitete uzorkovanja, koja uključuje reduciranje pogreške u uzorkovanju i predtretmanu uzoraka, kroz razvijanje procedura koje će biti razumljive i primjenjive u iteracijskom postupku uzorkovanja. U procesu uzorkovanja nužno je obratiti posebnu pažnju na sigurnosne aspekte uzorkovanja, naročito kada se uzorkuju onečišćena tla. U tom cilju, detaljan opis daje ISO/DIS standard 10381-3:2001: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 3: Vodič o sigurnosti (Soil quality – Sampling – Part 3: Guidance on safety).

#### 6.1.2. Protokoli za osiguranje kvalitete podataka (npr. točnost, obnovljivost)

Osiguranje kvalitete podataka i kontrola kvalitete podataka (Quality assurance, Quality Control, QA/QC) je odgovornost laboratorija koji provode analitičke postupke, kao i osoblja koje provodi uzorkovanje na terenu. Laboratoriji moraju koristiti odgovarajuću opremu i referentne metode za analize tla, kojima će garantirati osiguranje kvalitete podataka. Osim toga, laboratoriji moraju koristiti lokalne, nacionalne i međunarodne referentne tvari, kako bi osigurali kvalitetu i komparabilnost svojih podataka na međunarodnoj razini.

Opetovane analize referentnih tvari trebaju biti osnova za dobar QA/QC program. Ponavljanje analiza na istom uzorku tijekom vremena daje uvid u slučajna i sistematska odstupanja od srednje vrijednosti. Kada srednja vrijednost ostaje konstantna tijekom vremena, tada nema trendova i moguće je točno odrediti standardnu devijaciju oko srednje vrijednosti. Vrijednosti nekog parametra, koje se dobivaju opetovanim mjerenjima na analiziranim uzorcima, pokazivat će određene trendove u vremenu. U pravilu se koristi određivanje dvije standardne devijacije oko srednje vrijednosti uzorka za utvrđivanje onih analitičkih vrijednosti koje nisu vjerojatne ili su malo vjerojatne. Dakle, vrijednosti izvan tog niza podataka služe kao upozoravajući signal, koji pokazuje da nešto nije bilo kako treba u analitičkom postupku. Postoje brojni razlozi za takve situacije, a laboratoriji moraju razviti procedure koje će otkriti njihov uzrok.



Osiguranje kvalitete kod uzorkovanja povezano je s odgovarajućim prikazivanjem heterogenosti područja u kojem se provodi uzorkovanje. Pogreške koje nastaju prilikom uzimanja uzoraka mogu se kvantificirati samo približno, budući da postoje brojni izvori mogućih pogrešaka. Potrebno je također napomenuti da nije moguće dobiti apsolutno reprezentativan uzorak, zbog pogrešaka koje nastaju prilikom uzorkovanja, a javljaju se kada uzorak nije reprezentativan za područje na kojem se provodi motrenje. U laboratorijskim analitičkim procedurama moguće je uspostaviti prilično sofisticiranu kontrolu kvalitete podataka. U postupku uzorkovanja to je moguće učiniti samo djelomično, budući da heterogenost nekog područja uzorkovanja ne može biti kalibrirana prema nekom kvazi-homogenom području, kao što je to moguće u laboratorijskoj proceduri, korištenjem referentnih tvari. Kod uzorkovanja se vjerojatnost pogreške može reducirati isključivo pomnim planiranjem uzorkovanja, predtretmanom uzorka i profesionalnim odnosom prema uzorkovanju.

U cilju osiguranja kvalitete kod uzorkovanja, potrebno je odrediti kriterije kvalitete:

- kompatibilnost plana uzorkovanja s aktualnim stanjem na terenu;
- prostorna rezolucija i broj uzoraka;
- relevantnost praćenih karakteristika s obzirom na postavljene ciljeve istraživanja, odnosno motrenja;
- pouzdanost kroz karakterizaciju i kvantifikaciju pogrešaka;
- valjanost plana uzorkovanja u ispunjavanju cilja motrenja;
- procjena troškova i koristi (cost/benefit) radi ispunjenja ciljeva motrenja na najefikasniji i najisplativiji način.

Glavna metoda koja se mora provesti u osiguranju kvalitete je dokumentiranje procedure izvođenja uzorkovanja od faze planiranja do faze evaluacije. Ostali neophodni zahtjevi za osiguranje kvalitete su: kvalificirano osoblje, dokumentacija radnog plana i procedura, korištenja odgovarajućih tvari, opreme i infrastrukture, akreditacija laboratorija i sudjelovanje u renomiranim interkalibracijama.

### **6.1.3.Procedure za uzorkovanje temeljene na međunarodnim standardima**

Uzimanje uzoraka u pojedinim fazama istraživanja potrebno je provesti prema naputcima iz ISO/DIS standarda 10381-5:2005: Kakvoća tla – uzorkovanje dio 5: Vodič o proceduri za istraživanje urbanih i industrijskih lokacija, s obzirom na onečišćenje tla (Soil quality-sampling part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination). Na potencijalno onečišćenoj lokaciji ili lokaciji na kojoj će se provoditi trajni monitoring, potrebno je provesti istraživanja koja će utvrditi tip onečišćujuće tvari i njezinu geometriju raspršenja u tlu. Za svaku lokaciju nužno je izraditi poseban plan uzorkovanja s obzirom na geometriju onečišćenja (prostiranje i dubinu migracije onečišćivala). Pri istraživanju onečišćenih lokacija postoji nekoliko glavnih pristupa uzorkovanju (pravilna mreža, statistički pristup, hipotetski orijentiran pristup, tipološki pristup idr.), a detaljan opis pristupa daje ISO standard 10381-1:2002: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 1: Vodič o dizajnu programa uzorkovanja (Soil quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes).

Pri uzorkovanju će se koristiti protokoli prema standardima ISO 10381-1:2002 i ISO

10381-2:2002: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 2: Vodič o tehnikama uzorkovanja (Soil quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques), gdje su opisane i metode uzimanja uzoraka uključujući plitko bušenje, pedološke jame, uzorkovanje pomoću augera, te su dana uputstva za pohranjivanje uzoraka i njihovo obilježavanje. Vrste podataka o tijeku inicijalnog i uzastopnog uzorkovanja, koji se upisuju u obrasce za opis lokacije na kojoj se provodi uzorkovanje, određuju se prema sljedećim ISO standardima:

1. Ocjena kvalitete uzorkovanja, npr. ocjena vremenskih uvjeta i stanja tla, provodi se prema ISO standardu 10381-2:2002,
2. Ocjena sigurnosti osoblja koje izvodi uzorkovanje provodi se prema ISO/DIS standardu 10381-3:2001: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 3: Vodič o sigurnosti (Soil quality – Sampling – Part 3: Guidance on safety),
3. Ponovljivost uzorkovanja (mreža uzorkovanja) osigurava se prema ISO standardu 10381-1:2002,
4. Dobivanje prosječnih uzoraka (legenda) osigurava se prema ISO standardu 10381-1:2-002,
5. Dubina uzorkovanja, u cilju procjene i interpretacije rezultata, provodi se prema ISO standardu 10381-2:2002,
6. Tip uzorkovanja, u cilju procjene i interpretacije rezultata, određuje se prema ISO standardu 10381-1:2002,
7. Broj pojedinalnih uzoraka, u cilju procjene i interpretacije rezultata, određuje se prema ISO standardu 10381-1:2002,
8. Način uzorkovanja, u cilju osiguranja kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka, provodi se primjenom standarda ISO 10381-2:2002 i ISO/ISO 10381-4:2003: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 4: Vodič o proceduri za istraživanje prirodnih, gotovo prirodnih i obradivih lokacija (Soil quality – Sampling – Part 4: Guidance on the procedure for investigation of natural, near-natural and cultivated sites).
9. Označavanje uzoraka, u cilju identifikacije uzoraka i pohranjivanja, provodi se prema ISO standardu 10381-2:2002,
10. Ocjena stabilnosti uzorka prilikom transporta i vrijeme čuvanja uzoraka prije analiza tla provodi se prema standardima ISO 10381-2:2002 i ISO/ISO 10381-4:2003,
11. Pohranjivanje uzoraka, u cilju procjene onečišćenja uzorka, potrebno je raditi prema standardima ISO 10381-2:2002 i ISO/ISO 10381-4:2003,
12. Utvrđivanje stanja uzoraka, u cilju osiguranja kvalitete uzorkovanja i primjenu adekvatnih tehnika za osiguravanje reprezentativnog uzorka, provodi se prema standardima ISO 10381-2:2002 i ISO/ISO 10381-4:2003.

Pripremu uzoraka za analize tla u laboratoriju potrebno je raditi u skladu sa standardima

ISO 11464: Kakvoća tla – predtretman uzoraka za fizikalno-kemijske analize (Soil quality – pre-treatment of samples for physico-chemical analysis) i ISO 140507: Kakvoća tla – Određivanje suhe tvari i sadržaja voda na osnovi mase – gravimetrijska metoda (Soil quality – Determination of dry matter and water content on a mass basis – Gravimetric method).

Vrste podataka vezanih uz pripremu i skladištenje uzoraka prije kemijskih analiza, koji se upisuju u obrasce za opis lokacije na kojoj se provodi uzorkovanje, određuju se prema ISO standardu 11464, a naročito:

1. temperatura sušenja,
2. trajanje sušenja, u cilju osiguranja kvalitete uzoraka,
3. promjer sita,
4. težina sitne frakcije.

U nastavku teksta daje se popis ostalih ISO standarda koji se koriste prilikom uzorkovanja tla:

- ISO 10381-6:1993: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 6: Vodič o prikupljanju, baratanju i pohranjivanju tla za procjenu mikrobioloških procesa u laboratoriju (Soil quality – Sampling – Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of microbial processes in the laboratory);
- ISO/DIS 10381-7:2005: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 7: Vodič o uzorkovanju plinovite komponente u tlu (Soil quality – Sampling – Part 7: Guidance on sampling of soil gas),
- ISO/CD 10381-8:2006: Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 8: Vodič o uzorkovanju rezervi (Soil quality – Sampling – Part 8: Guidance on sampling of stockpiles),
- ISO 15903: 2002: Kakvoća tla – Format za upisivanje informacija o tlu i lokaciji (Soil quality - Format for recording soil and site information),
- ISO/DIS 18512: Kakvoća tla – Vodič o dugotrajnom i kratkotrajnom pohranjivanju uzoraka tla (Soil quality – Guidance on long and short term storage of soil samples),
- ISO 11259:1998: Kakvoća tla – Pojednostavljeni opis tla (Soil quality - Simplified soil description),
- ISO/FDIS 15709:2002: Kakvoća tla – Voda u tlu i nezasićena zona – Definicije, simboli i teorija (Soil quality – Soil water and the unsaturated zone – Definitions, symbols and theory).

#### **6.1.4. Korištenje standardiziranih analitičkih metoda, kao npr. onih navedenih u literaturi, ili u slučajevima kada ISO metode nisu dostupne korištenje metoda izdanih od službenih tijela ili nacionalnih organizacija za standarde.**

Za najveći broj metoda za fizikalne, kemijske i biološke analize postoje odgovarajuće ISO,

ASTM, EN, odnosno HR norme, koje se mogu koristiti u programu motrenja kakvoće tla. Detaljan popis normi, zajedno s kratkim sažetkom svake od njih nalazi u poglavlju 5. U određenim slučajevima, ukoliko postoji više standardnih metoda za mjerenje određenog parametra, izdanih od različitih organizacija koje izdaju standarde, tada prvenstvo treba dati ISO normama. Razlog za prihvaćanje prvenstveno ISO normi je i taj što je trenutno u tijeku postupak prihvaćanja ISO normi za tla kao europskih normi od strane Europskog odbora za standardizaciju (European Committee for Standardization, CEN).

Za ostale analize, za koje ne postoje odgovarajuće međunarodne norme, europske norme ili hrvatske norme, mogu se koristiti i norme izdane od drugih država ili se mogu koristiti metode izdane od službenih tijela na nacionalnoj razini.

### **6.1.5. Korištenje laboratorija koji primjenjuju metode akreditirane po ISO 17025**

Uspostavom "Nacionalne službe za ovlašćivanje" u Državnom zavodu za mjeriteljstvo (DZM-NSO) u Republici Hrvatskoj i prihvaćanjem norme HRN EN 45001:1996 stvoreni su preduvjeti da se ispitni i umjerni laboratoriji pripreme za postupak ovlašćivanja (akreditacije). U međuvremenu je norma HRN EN 45001:1996 zamijenjena normom HRN EN ISO/IEC 17025:2000 "Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija".

Hrvatska norma HRN EN ISO/IEC 17025:2006 utvrđuje opće zahtjeve za osposobljenost za provođenje ispitivanja i/ili umjeravanja, uključujući uzorkovanje. Ona obuhvaća ispitivanja i umjeravanja koja se provode uporabom normiranih metoda, nenormiranih metoda i metoda koje je razvio laboratorij. Ova norma služi laboratorijima pri razvoju njihovih sustava upravljanja kvalitetom, administrativnim i tehničkim poslovima. Ako laboratoriji zadovoljavaju zahtjeve te norme, oni će provoditi sustav upravljanja kvalitetom za svoja ispitivanja i umjeravanja koji također zadovoljava načela norme ISO 9001. Prema bazi podataka o laboratorijima za agrokemijske, agrofizikalne i agromikrobiološke analize tla i biljnog materijala, koju vodi Agencija za zaštitu okoliša, većina laboratorija u Hrvatskoj nije akreditirana prema ovoj normi. Dugoročni cilj u primjeni ove norme je postići maksimalnu kvalitetu i usporedivost podataka pojedinih laboratorija o stanju kakvoće tla i njegove onečišćenosti. U sadašnjem trenutku, cilj je započeti motrenje stanja kakvoće tla u što kraćem roku, prema metodama za fizikalne, kemijske i biološke analize tla, koje su obuhvaćene ovim priručnikom. To znači da laboratoriji koji su dobili ovlaštenja nadležnih institucija (ministarstava) za rad trebaju biti uključeni u program praćenja stanja kakvoće tla, ali istovremeno moraju započeti postupak akreditacije kod nadležne domaće ili međunarodne akreditacijske institucije.

### **6.1.6. Korištenje laboratorija koji sudjeluju u renomiranim interkalibracijama**

Laboratoriji, koji su ili će biti akreditirani po međunarodnim (ISO), američkim (ASTM) normama i europskim (EN) normama, odnosno hrvatskim normama (HRN), za ispitivanje kakvoće tla i njegove onečišćenosti, moraju sudjelovati u domaćim i međunarodnim međulaboratorijskim usporednim ispitivanjima osposobljenosti (interkalibracijama) mjerodavnih analitičkih metoda i grupa pokazatelja, te provjere osposobljenosti stručnih zaposlenika za ispitivanja koja obavljaju.

Međunarodni program za ocjenu mjerenja (International Measurement Evaluation Programme IMEP), kojeg provodi Institut za referentne materijale i mjerenja (Institute for Reference Materials and Measurements, IRMM) Generalnog Direktorata Europske Komisije osigurava podršku kemijskom mjernom sustavu na razini EU, kroz pomaganje u razvoju nacionalnih mjernih sustava. Osnovni cilj ovog programa je osigurati pouzdanost rezultata mjerenja. Svi laboratoriji mogu sudjelovati u ovom programu. Uzorci su ponuđeni za međulaboratorijsku usporedbu kako bi

se odredile mjerne sposobnosti laboratorija na razini Europe, uzimajući u obzir činjenicu da se koriste identični uzorci.

Suprotno od većine drugih shema procjene kvalitete, laboratoriji koji sudjeluju u IMEP-u dobivaju IMEP certificirani testni uzorak s nepoznatom certificiranom referentnom vrijednosti, koja je mjerena od strane referentnog laboratorija. Sudionici IMEP-a provode kemijska mjerenja korištenjem svojih uobičajenih analitičkih metoda i procedura. Uspoređivanjem pojedinačnih rezultata mjerenja laboratorija s certificiranim referentnim vrijednostima, laboratoriji mogu demonstrirati ponovljivost njihovih rezultata mjerenja. Još jedna jedinstvena karakteristika IMEP-a je da sudionici u IMEP-u moraju iskazati procjene nesigurnosti njihovih rezultata. Veliki broj laboratorija koji sudjeluju u IMEP-u moraju udovoljavati zahtjevima proizašlim iz standarda ISO 17025 te osigurati pouzdane mjerne rezultate s izraženim nesigurnostima u mjerenju.

Vijeće Europske Unije odredilo je referentne laboratorije Europske Unije (Community Reference Laboratories, CRLs) 1991. godine. Ovi referentni laboratoriji kroz međulaboratorijske usporedbe konstantno motre efikasnost nacionalnih referentnih laboratorija za kemijske analize.

### **6.1.7. Korištenje referentnih tvari koje osiguravaju vlastite procedure osiguranja kvalitete**

Referentne tvari mogu biti različitih vrsta i mogu imati različite cijene. "Međunarodne referentne tvari" (International Reference Materials, IRM) su skupe i trebaju se koristiti kada su zaista neophodne. "Nacionalne referentne tvari" (National Reference Materials, NRM) su u mnogim slučajevima dostupnije korisnicima i nisu toliko skupe kao IRM. One su u mnogim slučajevima izdane od nacionalnih laboratorija i kao takve su vrlo korisne u cilju osiguranja kvalitete laboratorija na nacionalnoj razini. "Lokalne referentne tvari" (Local Reference Materials, LRM) pripremaju laboratoriji u kojima se vrši ispitivanje i mogu se pripremiti vrlo jeftino u velikim količinama te u ispravnim koncentracijskim nizovima za važnije parametre. LRM imaju vrlo veliku važnost kod osiguranja kvalitete podataka i kontrole kvalitete podataka.

Zbog prirode uzoraka tla i analize koja se provodi u dvije faze, potrebni su LRM uzorci i krute faze (zbog kontrole kvalitete digestije) i tekuće faze (zbog kontrole kvalitete kemijske analize).

LRM krute faze: Potrebno je uzeti nekoliko većih uzoraka s lokacije (npr. L/H horizonti, mineralno tlo: 0-10 cm i 20-40 cm), osušiti ih i homogenizirati, kako bi se dobio jednoličan mješani uzorak. Nakon toga, uzorak se dijeli u nekoliko dijelova i pohranjuje na hladno i suho mjesto. Korisno je pripremiti nekoliko LRM setova uzoraka za različite tipove tla i koncentracijske nizove (npr. LRM za uzorke glinovitih tala u obalnim područjima s visokom koncentracijom morske soli u odnosu na LRM za uzorke pješćanih tala u kopnenim područjima).

LRM tekuće faze: Nakon digestije većeg dijela LRM krute faze, potrebno je pohraniti tekući LRM na hladno i tamno mjesto.

Količina "Lokalnih referentnih tvari" mora biti dovoljno velika, kako bi se mogle koristiti kroz duže razdoblje (do jedne godine). Potrebne godišnje količine će ovisiti o tipu analitičke opreme i metodi koju laboratorij koristi. Uzorak mora biti pohranjen tako da se ne dogode promjene na uzorku kroz duže vrijeme.

Kao indikator točnosti i preciznosti u pripremanju referentnih tvari može poslužiti određivanje standardne devijacije oko srednje vrijednosti; mala standardna devijacija pokazuje da je postupak pripreme dobro izveden (ICP forests 2006).

Nakon što je LRM uzorak pripremljen, potrebno ga je testirati. Za tu svrhu oprema mora biti kalibrirana. Potrebno je analizirati nekoliko uzoraka LRM (na primjer 5 uzoraka krute faze i 30 uzoraka tekuće faze) te najmanje jedan uzorak NRM ili čak IRM. Analiziraju se svi relevantni parametri.

Iz rezultata NRM i IRM određuje se točnost u apsolutnom smislu za svaki parametar. Odstupanje rezultata LRM daje indikaciju o standardnoj devijaciji (SD). Što je manja SD, to je bolji rezultat testiranja. Rezultati ovog prvog testiranja moraju bi prikazani u skladu s ISO standardom 8258 iz 1991. godine. Srednja vrijednost parametra u LRM je od manje važnosti, ali bi trebala biti istog reda veličine kao vrijednosti dobivene iz realnih uzoraka.

Od ovog trenutka, svaki parametar ima svoju SD, što može poslužiti u procjeni uključenih parametara u analizu i relevantnost koju pojedina analiza ima s obzirom na primjenjenu metodu. Kada je SD značajno veća od očekivane vrijednosti, relevantnost analize za taj parametar je mala. Druge metode/opreme mogu se koristiti kako bi se analizirao parametar s prihvatljivim rasponima vrijednosti. Ova procedura se mora ponoviti kad god se mijenja oprema ili se zamjenjuju vitalni dijelovi ili kad se pojavljuju trendovi u vremenu. U ovom zadnjem slučaju, apsolutne vrijednosti koje su dobivene od NRM i IRM su od izuzetnog značaja.

Nakon uspješnog testiranja LRM, potrebno je kontinuirano ponoviti analize LRM za svaki novi niz realnih uzoraka. Ovisno o broju uzoraka koji će se analizirati te metodi i opremi koja će se koristiti, uobičajeno je ponoviti analizu za LRM za svakih 10 do 20 realnih uzoraka (kod tekuće faze). Kod krute faze (digestija i analiza) analiza se može reducirati na svakih 100 realnih uzoraka. Rezultati ponovljenih analiza LRM dozvoljavaju procjenu stabilnosti metode i opreme tijekom vremena. Stoga je važno da nikakve promjene ne budu zabilježene na LRM uzorku tijekom vremena.

### **6.1.8. Pridržavanje dogovorenih protokola**

Svi protokoli, norme i procedure, koji su predloženi ovim priručnikom, postaju obaveza za sve one institucije koje će biti uključene u program motrenja kakvoće tala Hrvatske. Visoku kvalitetu rezultata motrenja tala moguće je osigurati isključivo kroz korištenje jedinstvenih metoda analize tala, koje usvajanjem ovog priručnika postaju referentne metode, te će garantirati osiguranje kvalitete podataka.

Laboratoriji koji su prošli postupak akreditacije po međunarodnim (ISO) normama, američkim (ASTM) normama, europskim (EN) normama, odnosno hrvatskim (HRN) normama, osiguravaju maksimalnu kvalitetu i usporedivost podataka. Postojeća nacionalna legislativa još uvijek nije u potpunosti usklađena s legislativom EU, pa prema tome niti ne postoji obaveza motrenja stanja kakvoće tla isključivo od akreditiranih laboratorija. Međutim, usvajanjem zakonskih odredbi iz europskih direktiva i smjernica u hrvatsku praksu, motrenje pojedinih sastavnica okoliša, pa tako i tla, postat će obaveza akreditiranih laboratorija. Rezultati analiza tla, dobiveni iz akreditiranih laboratorija, mogu se koristiti za pouzdano zaključivanje o stanju kakvoće tla i njegove onečišćenosti, čime se značajno povećava pouzdanost procjene o potrebi poduzimanja preventivnih zaštitnih mjera ili mjera za sanaciju onečišćenog tla.

### **6.1.9. Čuvanje vlastitih podataka u svim fazama programa motrenja**

Sve institucije, koje će sudjelovati u programu motrenja kakvoće tala Hrvatske, bi trebale osigurati redovito dostavljanje podataka o motrenju Agenciji za zaštitu okoliša (AZO).

Institucije koje će provoditi uzorkovanje i analitičke procedure, morale bi dostavljati podatke Agenciji u analognom i digitalnom obliku. Osim toga, imale bi obavezu čuvanja uzoraka i origi-



nalnih rezultata analitičkih ispitivanja u svojim arhivima, za razdoblje od minimalno pet godina.

Sustav prikupljanja, pohrane i arhiviranja podataka iz programa motrenja tala tek je u početnom razmatranju te je stoga nužno da originalni podaci (ako je to moguće zbog prirode samih podataka) budu strukturirani u relacijski povezane baze podataka.

Tehnološko rješenje prijenosa podataka uobičajeno je diktirano prirodom podataka, odnosno učestalošću kojom se podaci prikupljaju, odnosno mijenjaju. Za podatke koji odražavaju mjerene dnevne ili tjedne vrijednosti potrebno je uspostaviti on-line veze između Agencije i institucija koje vrše mjerenja, dok za podatke koji se prikupljaju u velikim vremenskim razmacima (godišnja izvješća i sl.) postoji mogućnost prijenosa podataka DVD-om. Sigurnost i zaštićenost prijenosa podataka kod on-line prijenosa podataka, potrebno je osigurati korištenjem HTTPS protokola (Hypertext Transmission Protocol Secure).

Sve institucije koje sudjeluju u programu motrenja trebale bi osigurati odgovarajuću kontrolu kvalitete podataka kroz razvijanje vlastitih procedura za osiguranje i kontrolu kvalitete podataka. Donošenjem odgovarajuće zakonske regulative na nacionalnoj razini ili na razini EU, standarde prikupljanja, analiziranja, pohranjivanja i razmjene podataka propisivat će odgovarajuća procedura koja slijedi iz zakonske regulative.

Agencija, u skladu sa svojom dosadašnjom praksom, rješava arhiviranje zaprimljenih analognih podataka, odnosno čuvanje i zaštitu digitalnih podataka, u okviru standardnih informatičkih procedura AZO-a.

## **6.2. Baza podataka iz programa motrenja**

Prikupljene podatke iz programa motrenja onečišćenih tala Hrvatske potrebno je sistematizirati i unijeti u bazu podataka. Ručno zapisivanje i obrada podataka ne može zadovoljiti potrebe za sveobuhvatno i brzo korištenje velikog broja podataka. Iako u ovom trenutku nije moguće procijeniti ukupnu količinu podataka koja će se prikupiti u programu motrenja, za očekivati je da će se pratiti minimalno nekoliko desetaka specifičnih parametara na barem isto toliko lokacija. Budući da motrenje tla podrazumijeva opetovana mjerenja, može se očekivati vrlo veliki broj podataka u budućoj bazi podataka. Osim toga, baza podataka sadržavat će i neke opće parametre o lokacijama motrenja (npr. karte, geomorfološke opise lokacije, upotrebu zemljišta, litološki opis podloge, postojanje izdanaka, tipove tla prema FAO klasifikaciji, teksturu, okamenjenost, razinu vodnog lica podzemnih voda, hidropedološke parametre), podatke o inicijalnom i uzastopnom uzorkovanju na lokacijama mjernih postaja, podatke vezane uz transport, pripremu i skladištenje uzoraka prije fizikalnih, kemijskih i bioloških analiza tla, popise međunarodnih, europskih i nacionalnih standarda, popise institucija s njihovim kompetencijama i dr. Stoga je nužno pristupiti izradi pilot baze podataka onečišćenih tala Hrvatske, koja će omogućiti da se sustav prikupljanja, analiziranja i pohrane podataka u cijelosti testira na jednom ograničenom području. Osnovni ciljevi ove pilot baze podataka moraju biti: izrada konceptualnoga modela buduće baze podataka i osnovnih aplikacija u kojima će se provesti obrada podataka i ispisi podataka za korisnike te testiranje baze podataka na podacima iz programa motrenja za odabrano pilot područje. Specifična namjena buduće baze podataka i potreba da se omogući njen dinamički rast u skladu s potrebama korisnika, zahtijeva da baza podataka mora biti relacijskoga tipa, koji omogućuje povezivanje raznih entiteta u bazi s primarnim ključem, ali i postavljanje složenih upita za ispunjavanje zahtjeva korisnika.

Organizaciju pilot baze podataka potrebno je provesti na način da je za sve tipove podataka omogućen pregled, upis, izmjena i brisanje podataka, zatim statistička obrada podataka i ispisi

standardnih izvješća s parametrima, koja će uključivati i grafički prikaz podataka. Pilot baza podataka mora omogućavati:

- pregled i ispis općih parametara za karakterizaciju lokacija za motrenje onečišćenih tala;
- pregled i ispis općih parametara za karakterizaciju inicijalnih i uzastopnih uzorkovanja na lokacijama za motrenje onečišćenih tala;
- pregled i ispis podataka vezanih uz transport, pripremu i skladištenje uzoraka prije fizikalnih, kemijskih i bioloških analiza tla;
- pregled i ispis specifičnih parametara koji se ispituju na lokacijama za motrenje onečišćenih tala;
- pregled i ispis rezultata ispitivanja po datumima na odabranoj lokaciji;
- grafički pregled i ispis promjene koncentracija odabranog specifičnog parametra u odabranoj godini ili cijelom razdoblju ispitivanja na odabranoj lokaciji;
- upis nove lokacije sa značajkama općih parametara, koje uključuju opise inicijalnih i uzastopnih uzorkovanja na novoj lokaciji;
- upis novih podataka vezanih uz transport, pripremu i skladištenje uzoraka prije fizikalnih, kemijskih i bioloških analiza tla;
- upis novog specifičnog parametra s opisom analitičke metode i odgovarajućih međunarodnih, europskih ili nacionalnih normi;
- upis rezultata ispitivanja specifičnih parametara na pojedinim lokacijama;
- izmjene i brisanje različitih tipova podataka.

Baza podataka mora biti organizirana na način koji omogućuje proširenje baze s aplikacijama za specifične obrade podataka. Pri kreiranju pilot baze podataka preporučuje se korištenje standardne programske podrške za kreiranje baze podataka, npr. Microsoft Access programske podrške, u cilju lakše komunikacije i razmjene podataka između pojedinih korisnika.



## **7. Vremenski okvir i dinamika za prikupljanje uzoraka i širenje podataka**

U pravilu se smatra da su intervali uzorkovanja od 5-10 godina dovoljni za utvrđivanje promjena u koncentracijama teških metala i organskih spojeva (Van-Camp et al., 2004) dok su promjene u koncentracijama dušika i fosfora puno brže. Ako je poznata dinamika pojedinih tvari učestalost uzorkovanja treba prilagoditi individualno za svaku tvar. Vremenski okvir i dinamika za prikupljanje uzoraka i širenje podataka ovise o tipu onečišćenja (definirani parametri za motrenje) i odabranim lokacijama na kojima će se motrenje vršiti.

## 8. Zaključak

Trenutno ne postoji zajednički europski sustav za motrenje tla. Posljedica toga su neujednačeni postojeći nacionalni i regionalni sustavi motrenja, a rezultat neujednačene organizacijske sheme za motrenje, cijeli niz parametara, različita učestalost skupljanja uzoraka i razne metode analize.

Uzevši u obzir i ekonomski trošak razvoja kvalitete i osjetljivosti, i rastuće zahtjeve za što većim brojem procjena, nužno je primijeniti relativno jeftine tehnike za procjenu lokacije u okolišu i otkrivanje onečišćenja.

Kako bi se utvrdile lokacije za motrenje onečišćenih tala u Hrvatskoj najprije je potrebno uspostaviti katastar potencijalnih lokalnih onečišćivača tala. Prema privremenom izvješću Agencije za zaštitu okoliša (AZO; 2005) u Hrvatskoj je do sada identificirano 38 onečišćenih lokaliteta i 1151 potencijalno onečišćenih lokaliteta (Tablica 2.1.).

Izbor lokacija za motrenje trebao bi uključiti prostore vezane za djelatnost naftnog rudarstva (isplačne jame, centralne otpadne jame, područja akcidenata vezanih uz puknuće naftovoda i plinovoda), prostore vezane za djelatnost rudarstva (aktivna eksploatacijska polja mineralnih sirovina), prostore vezane za rafinerije (Urinj), termoelektrane i odlagališta pepela (Plomin), odlagališta komunalnog otpada, odlagališta medicinskog otpada, transportnu infrastrukturu (ceste i željeznice), kemijska industrijska postrojenja (Petrokemija Kutina), urbane sredine (parkovi u velikim gradovima; dječja igrališta; sportski tereni), prerade metala (Obrovac, Šibenik), prostore intenzivne poljoprivredne aktivnosti, poljoprivredne površine tretirane gradskim muljem ili kompostom iz gradskog mulja, te prostore zahvaćene atmosferskim taloženjem i kiselim kišama.

Razlikujemo onečišćenje tla koje je uzrokovano jasno ograničenim izvorima (**lokalni ili točkasti izvori onečišćenja**) i ono koje je uzrokovano difuznim izvorima (**difuzni ili raspršeni izvori onečišćenja**). Onečišćenje tla koje je uzrokovano lokalnim izvorima uglavnom je povezano s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada i ostalim postrojenjima ili djelatnostima tijekom i nakon prestanka njihovog djelovanja. Ta postrojenja i/ili djelatnosti predstavljaju rizik i za tlo i za vodu. Difuzno onečišćenje uglavnom se povezuje s atmosferskim taloženjem, određenim poljodjelskim radovima i urbanim područjima. Prema rezultatima *Soil Thematic Strategy* (EEA, EUR21319 EN/5; 2004) zaključeno je da je pristup motrenju onečišćenih tala iz lokalnih izvora različit od pristupa motrenju onečišćenja tla iz difuznih izvora.

Lokacije za motrenje lokalnih izvora u RH trebaju se odabrati na temelju preporuka radne skupine za onečišćena tla (Task group 1: Strategic overview and status of contamination, Contamination and Land Management, Van-Camp et al., 2004; EUR 21319 EN/4). Pri izboru lokacija za motrenje onečišćenih tala iz lokalnih izvora onečišćenja važno je provesti postupke istraživanja prema naputcima iz ISO standarda 10381-5:2005 (E) (Soil quality-sampling part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination,). Da bi se potvrdilo i dokumentiralo da je tlo onečišćeno iz lokalnog izvora onečišćenja nužno je provesti tri faze istraživanja. Na temelju rezultata istraživanja vrši se odabir lokacije trajnog motrenja.

Pregledna i detaljna istraživanja odabranih onečišćenih lokaliteta prema ISO 10381-5:2005 trebaju biti osnovne smjernice za provođenje motrenja onečišćenih tla. Lokacije koje će se odabrati za motrenje u velikoj mjeri moraju zadovoljavati nekoliko uvjeta (ISO 10381-5:2005):

- utvrđeno prisustvo onečišćenih tvari;

- utvrđeno prostiranje onečišćenja (trodimenzionalno);
- indikacije za distribuciju onečišćenja (homogeno ili heterogeno);
- detaljne informacije o pedologiji, geologiji/litologiji, hidrologiji i hidrogeologiji onečišćenog prostora.

U poglavlju 4.1.1 ovog radnog zadatka, a prema Annex-u 1 u «European pollutant release and transfer registers» (EC/166/2006; EPRTR) izdvojeni su lokalni izvori onečišćenja, a u poglavlju 4.3. naveden je popis potencijalno onečišćujućih tvari vezanih uz određene onečišćivačke aktivnosti, industrije i upotrebe zemljišta. Navedeni popis smatramo relevantnim i za Republiku Hrvatsku i preporučamo ga kao kriterij za odabir potencijalnih lokacija i pripadajućih parametara za motrenje.

Uzorkovanje onečišćenih tala iz lokalnih izvora je kompleksno budući da se radi o izrazito velikom broju različitih postrojenja i onečišćujućih tvari. Pri uzorkovanju tala treba se pridržavati protokola iz ISO standarda 10381-5:2005, te na potencijalno onečišćenoj lokaciji provesti istraživanja koja će utvrditi tip onečišćujuće tvari i njezinu geometriju raspršenja u tlu. Za svaku je lokaciju potrebno izraditi poseban plan uzorkovanja s obzirom na geometriju onečišćenja (prostiranje i dubinu migracije onečišćivala).

Uvjeti motrenja mogu se utvrditi nakon što su izvedena pregledna i/ili detaljna istraživanja onečišćenog tla (ISO 10381-5:2005) te su rezultati istraživanja ukazali da onečišćenje može dosegnuti kritične granice koncentracija koje utječu na ljudsko zdravlje, sigurnost hrane, plodnost tla te povećanje ekološkog rizika u smislu biološke raznolikosti u tlu, te podzemnim i površinskim vodama..

Nakon odabira lokacije za zasnivanje postaje za motrenje onečišćenih tala nužno je prikupiti informacije i podatke o postaji i tijeku uzorkovanja koji se upisuje u obrazac za opis postaje. Obrazac bi trebao sadržavati sljedeće:

1. Podatke vezani za uzorkovanje postaje za motrenje onečišćenih tala (prijedlog prema OIS Soil sampling manual (2003) i ISO 10381-2:2002 do ISO 10381-5:2005, ISO 1925-8:2005 Soil quality-Guidance to determination of background values i ISO 11259:1998 Simplified soil description);
2. Podatke vezane uz uzastopna uzorkovanja postaje u sklopu programa motrenja onečišćenih tala (prijedlog prema OIS Soil sampling manual (2003) i ISO 10381-2 do ISO 10381-5) ;
3. Podatke vezani uz pripremu i skladištenje uzoraka prije kemijskih analiza.

Navedeno je potrebno uskladiti s obrascima za motrenje poljoprivrednih i šumskih tala.

Neophodno je utvrditi regulativu na nacionalnoj razini za granične vrijednosti u tlima različitih upotreba zemljišta, kao i različite granične vrijednosti za određeni parametar sa stanovišta djelovanja. Bez usporedbe rezultata analiza s graničnim vrijednostima, ne može se napraviti kvalitetna interpretacija podataka motrenja. U Hrvatskoj regulativi granične vrijednosti za tla se navode samo u Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima. (NN, 1992). U navedenom pravilniku nalaze se granične vrijednosti samo za tla koja se koriste za

poljoprivrednu proizvodnju, a od navedenih parametara u njima se nalaze samo odabrani teški metali (Pb, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Mo, As, Hg, Cu) i policiklični aromatski ugljikovodici. Navedeni pravilnik obrađuje dvije kategorije tala na temelju teksturnih obilježja (teksturno laka i teksturno teška tla).

Definiranje graničnih vrijednosti se prema iskustvima drugih europskih zemalja temelji na nekoliko kriterija (upotreba zemljišta, odnos tlo-ljudsko zdravlje, odnos tlo-voda, odnos tlo-biljka, i fizikalno kemijskim karakteristikama tla-pH, udio organske tvari i udio glinovite frakcije). Za određivanje graničnih vrijednosti za lokalna onečišćenja bitan je odnos tlo-ljudsko zdravlje. Nužno je izraditi pravilnik koji će se temeljiti na upotrebi zemljišta (dječja igrališta, rezedencijalna područja, parkovi i rekreacijski prostori, područja za industrisjke i komercijalne svrhe). Naša preporuka je da kao temelj za novi pravilnik posluži njemački standard BBodSchV, (1999) koji je prikazan u tablici 4.1.

Motrenje tala vezanih za onečišćenja iz difuznih izvora treba vezati za četiri vrste lokacija:

- Poljoprivredna tla
- Šumska tla
- Urbane sredine (parkovi itd.)
- Cestovni promet

Odabir lokacija motrenja difuznog onečišćenja trebalo bi uskladiti sa lokacijama odabranim za motrenje šumskih i poljoprivrednih tala. Kriteriji za motrenje onečišćenih tala iz difuznih izvora trebaju biti podudarni sa protokolima iz Kategorije i parametri za motrenje poljoprivrednih tala Hrvatske i Kategorije i parametri za motrenje šumskih tala Hrvatske. Protokoli iz navedenih dokumenata koristiti će se za motrenje onečišćenih tala vezanih za poljoprivredna tla, atmosfersko taloženje (šumska tla, urbana tla i prometnice) s time da listu parametara (onečišćivala) treba proširiti sa raznim organskim spojevima (PAH-ovi, dioksin, HCH, di-benzofurani, pesticidi).

Laboratoriji koji su dobili ovlaštenja nadležnih institucija (ministarstava) za rad trebaju biti uključeni u program praćenja stanja kakvoće tla, ali istovremeno moraju započeti postupak akreditacije kod nadležne domaće ili međunarodne akreditacijske institucije. Postojeća nacionalna legislativa još uvijek nije u potpunosti usklađena s legislativom EU, pa prema tome niti ne postoji obaveza motrenja stanja kakvoće tla isključivo od akreditiranih laboratorija. Međutim, usvajanjem zakonskih odredbi iz europskih direktiva i smjernica u hrvatsku praksu, motrenje pojedinih sastavnica okoliša, pa tako i tla, postat će obaveza akreditiranih laboratorija. Rezultati analiza tla, dobiveni iz akreditiranih laboratorija, mogu se koristiti za pouzdano zaključivanje o stanju kakvoće tla i njegove onečišćenosti, čime se značajno povećava pouzdanost procjene o potrebi poduzimanja preventivnih zaštitnih mjera ili mjera za sanaciju onečišćenog tla.

Institucije koje će provoditi uzorkovanje i analitičke procedure, morale bi dostavljati podatke Agenciji u analognom i digitalnom obliku. Osim toga, imale bi obavezu čuvanja uzoraka i originalnih rezultata analitičkih ispitivanja u svojim arhivima, za razdoblje od minimalno pet godina.

Prikupljene podatke iz programa motrenja onečišćenih tala Hrvatske potrebno je sistematizirati i unijeti u bazu podataka. Nužno je pristupiti izradi pilot baze podataka onečišćenih tala

Hrvatske, koja će omogućiti da se sustav prikupljanja, analiziranja i pohrane podataka u cijelosti testira na jednom ograničenom području.

Lokacije za motrenje onečišćenih tala potrebno je integrirati s drugim programima motrenja komponenata okoliša. Razradu kriterija za izbor lokacija za integralno motrenje onečišćenja pojedinih komponenata okoliša potrebno je provesti u skladu sa usvojenim direktivama Europske Unije i smjernicama za provedbu direktiva, koje utvrđuju potrebu motrenja izvora onečišćenja i pojedinih komponenata okoliša. Cilj integralnog motrenja onečišćenja komponenata okoliša u lokalnom mjerilu je izrada detaljnog konceptualnog modela, kojim se utvrđuju fizikalne i kemijske značajke onečišćujućih tvari i komponenata okoliša, međuzavisnost pojedinih komponenata okoliša te procesi koji utječu na ponašanje tvari u okolišu. Na osnovi detaljno razrađenog konceptualnog modela, određuju se mjere za prevenciju i kontrolu, odnosno sanaciju onečišćenja.

Na kraju zaključka smatramo izuzetno važnim istaknuti da je u kontekstu uspostavljanja **Sustava trajnog motrenja** poljoprivrednih, šumskih i onečišćenih tala u svim fazama njegove izrade uloga geologa i hidrogeologa izuzetno važna. Od Agencije za zaštitu okoliša koja je nadležna za uspostavu i održavanje **Informacijskog sustava zaštite okoliša** i ubuduće očekujemo afirmativni pristup i uvažavanje geološke struke.

Prof. dr. sc. Goran Durn

## 9. Literatura

### 9.1. Stručne studije

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP C ON GROUNDWATER(October 2006): Direct and indirect guidance – internal draft.

HAMEL, D., HRLEC, G. I HRLEC, G. (2003): Inventarizacija postojećih organskih onečišćivala-pesticidi – podprojekat projekta “Omogućene aktivnosti za olakšavanje rane akcije pri uvođenju Stockholmske konvencije o postojećim organskim onečišćivcima (POO) u Republici Hrvatskoj”.

RÖMKENS P., ET AL., (2004): Soil Thematic Strategy Working Group on Contamination, VOLUME III, Task Group on Diffuse Inputs, Towards a soil protection strategy for diffuse inputs to soil; Final report, Commission Européenne, BU9 3/173, B-1049 Bruxelles. 41p.

TASK GROUP ON CONTAMINATED LAND MANAGEMENT (21 May 2004): Report of the Working Group on Contamination, VOLUME IV, Working together towards a Risk Based Land Management, Final Report.

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.

### 9.2. Znanstvene i stručne publikacije

BBodSchV, (1999): Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance, German Federal Soil Protection Act of 17 March 1998 (Federal Law Gazette I p. 502)

BS 10175: BSI, (2001): Britanski standard za istraživanje potencijalno onečišćenih površina.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRALIA (2004): "Potentially contaminating activities, industries and landuses", Contaminated Sites Management Series.

EMEP (2002): Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in

Europe, EMEP Status report, EMEP Report 1&2/2002, Norwegian

Meteorological Institut, Oslo, Norway.

FAO (2000): FAO PESTICIDE DISPOSAL SERIES 8 Assessing soil contamination A reference manual: FAO, Rome: [www.fao.org/DOCREP/003/X2570E/X2570E00.htm#TOC](http://www.fao.org/DOCREP/003/X2570E/X2570E00.htm#TOC)

GENTILE, R.A. I QUERICIA, F. (2005): Towards an EEA Europe-wide assessment of areas under risk for soil contamination, European Environmental Agency, 44

GERMAN FEDERAL LAND WORKING GROUP SOIL PROTECTION (2001): Soil monitoring in Germany - Installation and Operation of Soil Monitoring Sites.

GRIFFIN, R.A., AU, A.K. I FROST, R.R. (1977): J. Environ. Sci. Health A 12(8), 431-449. (cit. u Adriano 1986)

HALAMIĆ, J., GALOVIĆ, L. i ŠPARICA, M. (2003): Heavy Metal (As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn) Distribution in Topsoil Developed on Alluvial Sediments of the Drava and Sava Rivers in NW Croatia.- Geologia Croatica, 56/2, 215-232.

HGI (2006): Osnovna geokemijska karta RH, Hrvatski geološki institut, projekt MZOŠ-a broj 0181006.

HICKEY, M.G. I KITTRICK, J.A. (1984): Chemical Partitioning of Cadmium, Copper, Nickel and Zinc in Soils and Sediments Containing High Levels of Heavy Metals. *J. Environ. Qual.*, Vol. 13, 3, 372-376.

HILL, M.K. (2004): *Understanding Environmental Pollution* - Cambridge University Press, 468.

IUPAC, (1990): Analytical Chemistry Division, Commission on Analytical Nomenclature. "Nomenclature for sampling in analytical chemistry (Recommendations 1990)", *Pure Appl. Chem.* 62, 1193-1208 .

IUPAC, (2005): DE ZORZI et al., TERMINOLOGY IN SOIL SAMPLING, INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY *Pure Appl. Chem.*, Vol. 77, No. 5, pp. 827-841.

LUND, L.J., PAGE, A.L., NELSON, C.O. (1976): *J. Environ. Qual.*, 5, 330-334. (cit. u Adriano 1986)

McNEAL, J.M. (1990): The mode of occurrence of extractable elements in soils from the northern Great Plains. *Proceedings of a U.S. Geological Survey Workshop on Environmental Geochemistry*. Dol, BR., ed; US.

MIKO, S., HALAMIĆ, J., PEH, Z. i GALOVIĆ, L. (2001): Geochemical Baseline Mapping of Soils Developed from Two Regions in Croatia.- *Geologia Croatica*, 54/1, 53-118.

MIKO, S., DURN, G., PALINKAŠ, A. L., MASHYANOV, N., NAMJESNIK, K. i ILYIN, Y. (1992): Distribution of mercury, and aerosols of lead and cadmium in the atmosphere of Zagreb.- *Rud. Met. Zbornik*, 39/3-4, 369-387, Ljubljana.

MLAKAR, I. (1993): On the problems of the Litija.- *Geologija*, 36, 249-338, Ljubljana.

NAMJESNIK, K., PALINKAŠ, A. L., MIKO, S., DURN, G., POLIĆ, D. i KVRGNJAŠ, L. (1992): Lead, zinc, nickel and mercury in soil along road sides and of some rural and urban parts of Zagreb, Croatia.- *Rud. Met. Zbornik*, 39, 1-2, 93-112, Ljubljana.

NAMJESNIK, K. (1994): Distribucija teških metala u tlima grada Zagreba i njegove okolice. Magistarski rad, RGN-fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

OIS Soil sampling manual (2003): MARKUS HÄMMANN: Sampling and sample pretreatment for soil pollutant monitoring Soil sampling manual OIS Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL Berne, 89pp.

PALINKAŠ, A. L., NAMJESNIK, K., MIKO, S., DURN, G. i PIRC, S. (1996): Distribution of mercury, lead and cadmium in Zagreb City Soils.- In: RICHARDSON, M. (ed.): *Environmental Xenobiotics*. Taylor & Francis, London, 355-374.

RUSIN, V. JA. (1988): Svinec i ego soedinenija. *Vrednye himicheskie veshstva* (Filova, V.A., ed., 1988), Himija, Leningrad.

SEVERSON; R.C. I SHACKLETTE, H.T. (1988): Essential elements and soil amendments for plants: Sources and use for agriculture. *U.S. Geol. Survey Circular* 1017, 48.

UNEP (2002): *The Global Mercury Assessment report*.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (2006): *MANUAL on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part IIIa: Sampling and Analysis of Soil*.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (1979): *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution – CLTRAP*

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (1998a): The Aarhus Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on persistent organic pollutants

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (1998b): The Aarhus Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on heavy metals

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (2001): Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants

### **9.3. Direktive, smjernice i vodiči EU**

AIR QUALITY FRAMEWORK DIRECTIVE, 96/62/EC.

COM (2002) 179 (COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL, THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGION): Towards a Thematic Strategy for Soil Protection.

COM (2006) 232: 2006/0086 (COD) Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC.

EC/166/2006: EUROPEAN POLLUTANT RELEASE AND TRANSFER REGISTER (EPRT)

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP C ON GROUNDWATER (October 2006): Monitoring Guidance for Groundwater.

EUR 19775 EN REPORT OF EUROPEAN COMMISSION (2001) The certification of the extractable contents (mass fractions) of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in freshwater sediment following a sequential extraction procedure BCR-701, Competitive and sustainable growth, pp 76.

EUR 21319 EN/4, 872 pp. OFFICE FOR OFFICIAL PUBLICATIONS OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Luxembourg.

HABITATS DIRECTIVE, 92/43/EEC.

INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL DIRECTIVE, IPPC 96/61/EC.

LANDFILL DIRECTIVE, 1999/31/EC.

URBAN WASTE WATER TREATMENT DIRECTIVE, 91/271/EEC.

VEGTER, J., HUBER, S., & GENTILE A-R., (2004): Working Group on Contamination VOLUME I Executive summary, strategic overview and status of contamination, Final Report, Commission Européenne, BU9 3/173, B-1049 Bruxelles 52p.

WATER FRAMEWORK DIRECTIVE, WFD, 2000/60/EC.

WORKING GROUP ON MONITORING (16 May 2004): Executive Summary and Final Report.

### **9.4. Hrvatski zakoni, podzakonski akti i propisi**

HRVATSKE VODE, MINISTARSTVA POLJOPRIVREDE, ŠUMARSTVA I VODNOGA GOSPODARSTVA (2005): Strategija upravljanja vodom, SUV.

NARODNE NOVINE (1992): Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima. Narodne novine br.15.



## POJMOVNIK:

**Akreditacija** je postupak kojim akreditacijsko tijelo vrednuje određenu instituciju i potvrđuje da je stručno i tehnički osposobljena za rad u skladu s međunarodno prihvaćenim pravilima

**Certifikacija** je postupak kojim mjerodavne institucije daju jamstvo u pisanom obliku (certifikat, potvrdu) da je proizvod ili proces u skladu s traženim normama, pravilima i/ili zakonima

**Corine land cover** – baza podataka o zemljišnom pokrovu; eng. Corine land cover

**EGNOS** – europski satelitski sustav navigacije; eng. EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

**GIS** – geografski informacijski sustav, sustav za stvaranje, spremanje, analiziranje, upravljanje i prikaz prostornih podataka; eng. GIS (Geographic Information System)

**GPS** – mreža američkih satelita kojima se precizno određuje pozicija na Zemlji (geografske koordinate); eng. GPS (Global Positioning System)

**Hipotetsko uzorkovanje** (Judgmental sampling) (ISO 11074-2, 1998) je uzorkovanje kod kojeg su točke uzorkovanja odabrane na temelju procjene/hipoteze stručne osobe.

**HTTPS protokol** - sigurnosni internetski protokol, koji je razvila tvrtka Netscape Communication Corporation, kako bi osigurao autentičnu i zaštićenu (kodiranu) komunikaciju između korisnika na Internetu

**ICP - Razina I** – procjena stanja osnovnih kemijskih značajki tla i njihovih promjena u vremenu, kao i procjena svojstava tla značajnih za utvrđivanje osjetljivosti šumskih tala prema atmosferskom onečišćenju, postaje motrenja su na sjecištima kvadratične mreže 16 x 16 km, engl. ICP - Level I

**ICP - Razina II** – intenzivan monitoring šumskog tla usklađen s monitoringom stanja šumskog ekosustava čiji zadatak je provjera hipoteza i utvrđivanje temeljnih mehanizama reagiranja šumskog ekosustava na

onečišćenje, kao i izvođenje fundamentalnih spoznaja značajnih za predviđanje promjena u budućnosti, engl. ICP - Level II

**ICP Forests** – Međunarodni kooperativni program procjene i motrenja utjecaja zračne polucije na šumske ekosustave, engl. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests;

**Ekološka dubina tla** – dubina zakorjenjavanja

**Jednostavan slučajni uzorak** (Simple random sample) (ISO 11074-2, 1998) je uzorak od n dijelova uzet iz populacije sastavljene od N dijelova, na takav način da sve kombinacije n dijelova imaju istu vjerojatnost uzorkovanja

**Kompozitni uzorak** (Composite sample, average sample, aggregate sample) (ISO 11074-2, 1998): "Dva ili više pojedinačna uzoraka (increments ili sub-samples) mješaju se u odgovarajućem omjeru različitim metodama u svrhu dobivanja prosječne vrijednosti analiziranog parametra

**Kontrola kvalitete (Quality Control, QC)** je procedura ili niz procedura koje se provode kako bi se osiguralo da rezultat ispitivanja zadovoljava unaprijed određene kriterije kvalitete

**Laboratorijski uzorak** (Laboratory sample) (IUPAC, 1990) je uzorak namijenjen laboratorijskim analizama

**Lokalna referentna tvar (Local Reference Materials, LRM)** je referentna tvar koju je razvio laboratorij u kojem se vrši ispitivanje tvari

**Međulaboratorijsko testiranje** – testiranje točnosti laboratorijskih metoda analiziranjem istog uzorka tla u više različitih referentnih laboratorija, engl. „Ring testing“

**Međunarodna referentna tvar (International Reference Material, IRM)** je referentna tvar izdana od Instituta za referentne materijale i mjerenja (Institute for Reference Materials and Measurements, IRMM)

**Motrenje šuma** – Praćenje stanja i promjena u šumskom ekosustavu tijekom određenog vremenskog razdoblja – po ICP forests projektu usmjeren je na utjecaj atmosferskog onečišćenja na šume – engl. Forests monitoring

**Motrenje tla** – trajno periodično praćenje fizikalnih, kemijskih i bioloških procesa u tlu s ciljem uočavanja negativnih posljedica i njihove prevencije, ublažavanja, sprečavanja i popravljanja; eng. soil monitoring

**Nacionalna referentna tvar (National Reference Material, NRM)** je referentna tvar izdana od mjerodavne nacionalne institucije

**Nacrtno uzorkovanje (Sampling design)** (ISO 11074-2, 1998) je nacrt po kojem se provodi uzorkovanje

**Ponovljeni uzorci (Replicate samples)** (ISO 11074-2, 1998) - jedan ili više uzoraka uzetih zasebno na istom mjestu i u isto vrijeme, istim postupkom uzorkovanja

**Sigurnost kvalitete (Quality Assurance, QA)** je procedura ili niz procedura koje se provode kako bi se osigurala kvaliteta podataka tijekom analitičkog ispitivanja ili uzorkovanja

**Struktura uzorkovanja/Plan uzorkovanja (Sampling pattern/sampling strategy)** – vrsta uzoraka, točaka uzorkovanja unutar lokacije uzorkovanja, izbor načina tretiranja uzoraka

**Tehnike uzorkovanja (Sampling techniques)** (ISO 11074-2, 1998) – svi odgovarajući postupci i oprema koji služe za uzimanje i opisivanje uzoraka tla, bilo u poljskim uvjetima ili u laboratoriju

**Točka uzorkovanja (Sampling point)** – točna pozicija unutar svakog pedološkog horizonta na kojem se vrši uzorkovanje

**Uzorkovanje (Sampling)** (ISO 11074-2, 1998) je proces uzimanja uzorka.

**Veličina uzorka (Sample size)** (ISO 11074-2, 1998) je broj ili količina materijala koji čine uzorak

## KRATICE:

<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials	<b>IRM</b>	International Reference Material
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances Disease Registry (USA)	<b>IRMM</b>	Institute for Reference Materials and Measurements
<b>AZO</b>	Agencija za zaštitu okoliša	<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>CEC</b>	Cation exchange capacity	<b>IUPAC</b>	International Union of Pure and Applied Chemistry
<b>CEN</b>	The European Committee for Standardization	<b>LRM</b>	Local Reference Material
<b>CIS</b>	Common Implementation Strategy	<b>NRM</b>	National Reference Material
<b>CLTRAP</b>	Convention on Long Range Transboundary Air Pollution	<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development
<b>CRL</b>	Community Reference Laboratory	<b>PBT</b>	Postojani, bioakumulativni i toksični (persistent, bioaccumulative, toxic)
<b>DISPR</b>	Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Responses	<b>POP</b>	Postojani organski onečišćivači (persisting organic pollutants)
<b>EEA</b>	European Environmental Agency	<b>PRA.MS I</b>	Preliminary Risk Assessment Model for the Identification and Assessment of Problem Areas for Soil Contamination in Europe
<b>EMEP</b>	Cooperative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe	<b>PRTR</b>	Pollutant release and transfer registers
<b>EN</b>	European Norm (Standard)	<b>QA/QC</b>	Quality assurance/Quality Control
<b>EU</b>	European Union	<b>SD</b>	Standard Deviation
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (USA)	<b>TDS</b>	Total Dissolved Solids
<b>EPSAS</b>	European Point Source Assessment System	<b>TPH</b>	Total petroleum hydrocarbons
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization (UN)	<b>UNECE</b>	United Nations Economic Commission for Europe
<b>HGI</b>	Hrvatski geološki sustav	<b>UNEP</b>	UN Environmental Program
<b>HTTPS</b>	Hypertext Transmission Protocol Secure	<b>WHO</b>	World Health Organization (UN)
<b>IMEP</b>	International Measurement Evaluation Programme		
<b>IPPC</b>	Integrated Pollution Prevention Control		

## KRATICE INSTRUMENTALNIH ANALIZA:

**AAS** Atomic absorption spectrometry  
Atomska apsorpcijska spektrometrija

**GC** Gas chromatography  
Plinska kromatografija

**ET AAS** Atomic absorption spectrometry using  
electrothermal excitation  
Atomska apsorpcijska spektrometrija s  
elektrotermalnom ekscitacijom

**HPLC** High-power Tekućinska kromatografija  
visokog učinka

**ICP-AES** Atomic emission spectrometry using  
inductively coupled plasma  
Atomska emisijska spektrometrija

## NORME:

**ISO 3534-1:1993** Statistics – Vocabulary. Part 1: Probability and general statistical terms. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

**ISO 10381-1:2002** Soil quality - Sampling - Part 1: Guidance on the design of sampling programmes

**ISO 10381-2:2002** Soil quality - Sampling - part 2: Guidance on sampling techniques for investigation of natural, near-natural and cultivated sites

**ISO 10381-5:2005** Soil quality - Sampling - Part 5: Guidance on investigation of soil contamination of urban and industrial sites

**ISO 10382: 2002** Soil quality - Determination of organo-chlorine pesticides and polychlorinated biphenyls - Gas-chromatographic method with electron capture detection (Kakvoća tla: Određivanje organo-klornih pesticida i poliklornih bifenila – metoda plinske kromatografije). Područje primjene: Norma ISO 10382: 2002 specificira metodu za kvantitativno određivanje sedam polikloriranih bifenila i sedamnaest organoklornih pesticida u tlima. Primjenjiva je na sve tipove tla. Pod uvjetima specificiranim u normi mogu se postići granice detekcije od 0,1 mikrograma na kilogram do 4 mikrograma na kilogram (izraženo kao suha tvar).

**ISO 10573:1995** - Soil quality - Determination of water content in the unsaturated zone - Neutron depth probe method

**ISO 11074-1:1996** Soil quality - Vocabulary - Part 1: Terms and definitions relating to the protection and pollution of the soil.

**ISO 11074-2:1998** Soil quality - Vocabulary - Part 2: Terms and definitions relating to sampling. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

**ISO 11074-4:1999** Soil quality - Vocabulary - Part 4: Terms and definitions related to the rehabilitation of soils and sites.

**ISO 11258:2005** Soil quality-Guidance on the determination of background values. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

**ISO 11259:1998** Kakvoća tla – Pojednostavljeni opis tla (Soil quality - Simplified soil description),

**ISO 11262:2003** Soil quality - Determination of cyanides (Kakvoća tla - Određivanje cijanida). Područje primjene: Norma ISO 11262: 2003 je primjenjiva na uzorke tla bez prethodne pripreme i specificira dvije kvantifikacijske metode za određivanje lako otpuštajućih i kompleksnih cijanida. Nije uvijek neophodno odrediti lako otpuštajuće cijanide prije mjerenja kompleksnih cijanida. U tim slučajevima prvi dio destilacijskog procesa se preskače i određuju se samo ukupni cijanidi. Metoda je primjenjiva na tla koja sadrže između 0,5 mg/kg i 10 000 mg/kg ukupnih cijanida. Ukoliko se sadržaj cijanida u uzorku tla prirodne vlažnosti kreće između 0,5 i 50 mg/kg, koristi se fotometrijska metoda, a u slučaju sadržaja višeg od 50 mg/kg koristi se titrimetrijska metoda.

**ISO 11264:2005** Soil quality - Determination of herbicides - Method using HPLC with UV-detection. Kakvoća tla: Određivanje herbicida tekućinskom kromatografijom visokog učinka s UV-detekcijom. Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu tekućinske kromatografije visokog učinka (HPLC) za kvalitativno i kvantitativno određivanje herbicida u tlima. Metoda je pogodna za određivanje trijazina, uključujući njihove metabolite, spojeve fenil uree i druge herbicide. Spojevi se identificiraju i kvantificiraju UV-detekcijom.

**ISO 11266:1994** Soil quality - Guidance on laboratory tests for biodegradation of organic chemicals in soil under Aerobic conditions

**ISO 11267:1999** Soil quality - Inhibition of reproduction of *Collembola (Folsomia candida)* by soil pollutants

**ISO 11268-1:1993** Syst. Review Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) - Part 1: Method for the determination of acute toxicity using artificial soil substrate

**ISO 11268-2:1998** Syst. Review Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) - Part 2: Determination of effects on reproduction

**ISO 11268-3:1999** Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) - Part 3: Guidance on determination of effects in field situations

**ISO 11269-1:1993** Syst. Review Soil quality - Determination of effects of pollutants on soil flora - Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth

**ISO 11464:2006** specificira predobrade potrebne za uzorke tla koji se trebaju podvrći fizikalno-kemijskim analizama stabilnih i nevolatilnih parametara. Opisuje sljedeće tipove predobrade uzoraka: sušenje, drobljenje, sijanje, četvrtanje i mljevenje. Opisani postupci predpripreme nisu primjenjivi ukoliko utječu na rezultate određivanja koje se treba izvršiti. Također nisu primjenjivi u slučajevima kada u uzorcima treba odrediti volatilne spojeve. Internacionalni Standardi za analitičke metode navode kada je neophodno upotrijebiti druge postupke.

**ISO 14154:2005** Soil quality - Determination of some selected chlorophenols - Gas-chromatographic method with electron-capture detection (Kakvoća tla – određivanje fenola i klorofenola plinskom kromatografijom s EC detektorom). Područje primjene: Norma ISO 14154:2005 opisuje određivanje 15 klorofenola (2,3-, 2,4- 2,5-, 2,6-, 3,4- i 3,5-diklorofenol; 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- i 3,4,5-triklorofenol, 2,3,4,5- i 2,3,4,6-tetraklorofenol i pentaklorofenol) u uzorcima tala plinskom kromatografijom s EC detektorom. Metoda se može primijeniti i na druge čvrste uzorke kao što su sedimenti i kruti otpad. Najniža koncentracija koja se može detektirati je oko 0,01 mg/kg do 0,05 mg/kg ovisno o osjetljivosti spoja i količini uzorka. U nekim slučajevima kompletna separacija izomera se ne može postići, te se tada rezultat izražava kao suma (npr. 2,4- i 2,5-diklorofenoli). Norma opisuje kiselo-baznu ekstrakciju nakon koje sljedi acetilacija, a potom ekstrakcija tekuće/tekuće.

**ISO 14238:1997** Soil quality - Biological methods - Determination of nitrogen mineralization and nitrification in soils and the influence of chemicals on these processes

**ISO 14239:1997** Soil quality - Methods for measuring the mineralization of organic chemicals in soil under aerobic conditions using laboratory incubation systems

**ISO 14256-1:2003** Soil quality- Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field moist soils using potassium chloride solution as extractant- Part 1: Manual method

**ISO 14256-2:2005** Soil quality - Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field moist soils by extraction with potassium chloride solution - Part 2: automated method

**ISO 14507:2003** Soil quality - Pretreatment of samples for the determination of organic contaminants (Kakvoća tla: Priprema uzorka za određivanje organskih onečišćivača). Specificira tri metode pripreme uzoraka tla u laboratoriju prije određivanja: volatilnih organskih spojeva; umjerenom volatilnih i nevolatilnih organskih spojeva, ukoliko rezultati daljnje analize moraju biti točni i ponovljivi, i ako uzorci sadrže čestice veće od 2 mm i/ili je onečišćivač heterogeno raspodijeljen, nevolatilni organski spojevi, a postupak ekstrakcije propisuje uzorke s prirodnom vlažnošću, ili ukoliko su najveće čestice uzorka manje od 2 mm i onečišćivač je homogeno raspodijeljen. Ovaj postupak je primjenjiv ukoliko je prihvatljiva smanjena točnosti i ponovljivost. Norma se upotrebljava u kombinaciji s postupkom ekstrakcije koji prevodi onečišćivač u otopinu

**ISO 15009: 2002** Soil quality - Gas chromatographic determination of the content of volatile aromatic hydrocarbons, naphthalene and volatile halogenated hydrocarbons - Purge and trap method with thermal desorption (Kakvoća tla – Određivanje volatilnih aromatskih ugljikovodika, naftalena i volatilnih halogeniranih ugljikovodika – Plinska kromatografija (purge & trap method). Područje primjene: Norma ISO 15009:2002 specificira metodu određivanja volatilnih ugljikovodika, naftalena i volatilnih halogeniranih ugljikovodika u tlima kvantitativnom plinskom kromatografijom. Primjenjiva je na uzorke svih tipova tala. Pri uvjetima koje specificira norma, granice detekcije (na temelju suhe tvari) su:

- volatilni ugljikovodici i naftalen: 0,1 mg/kg;

- volatilni halogenirani ugljikovodici: 0,01 mg/kg.

Donja granica detekcije je ovisna o uređaju i metanolu upotrijebljenom za ekstrakciju uzoraka tla.

**ISO 15178:2000** Soil quality - Determination of total sulfur after dry combustion

**ISO 15473: 2002** Soil quality - Guidance on laboratory testing for biodegradation of organic chemicals in soil under anaerobic conditions

**ISO 15903: 2002** Kakvoća tla – Format za upisivanje informacija o tlu i lokaciji (Soil quality - Format for recording soil and site information),

**ISO 16072: 2002-12-15** Soil quality - Laboratory methods for determination of microbial soil respiration

**ISO 16586 8-4-2003** Soil quality - Determination of soil water content as a volume fraction on the basis of known dry bulk density - Gravimetric method

**ISO 16703: 2004** Soil quality - Determination of mineral oil content by gas chromatography

(Kakvoća tla - Određivanje mineralnih ulja plinskom kromatografijom)

Područje primjene: Norma ISO 16703: 2004 specificira metodu kvantitativnog određivanja sadržaja mineralnih ulja (ugljikovodika) plinskom kromatografijom na nesušanim uzorcima. Metoda je primjenjiva za sadržaj mineralnih ulja između 100 mg/kg i 10 000 mg/kg tla, iskazano kao suha tvar, i može se prilagoditi nižim granicama detekcije. Primjenjiva je za određivanje svih ugljikovodika s točkama vrelišta u rasponu od 175°C do 525°C, n-alkana od C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> do C<sub>40</sub>H<sub>82</sub>, izoalkana, cikloalkana, alkilbenzena, alkilnaftalena i policikličnih aromatskih spojeva, ukoliko nisu adsorbirani na specifičnu kolonu za vrijeme postupka čišćenja. Nije primjenjiva za kvantitativno određivanje ugljikovodika < C<sub>10</sub> porijeklom iz benzina. Na temelju pikova na kromatogramu i točaka vrelišta pojedinih alkana, mogu se postići približni rasponi vrelišta mineralnih ulja i neke kvalitativne informacije o sastavu onečišćenja.

**ISO 16772:2004** Soil quality - Determination of mercury in aqua regia soil extracts

**ISO 17313:2004** Soil quality - Determination of hydraulic conductivity of saturated porous materials using a flexible wall permeameter. Kakvoća tla – Determinacija hidrauličke konduktivnosti poroznog materijala koristeći permeametar sa savitljivom stijenkom

Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi test metodu za laboratorijsko mjerenje hidrauličke konduktivnosti poroznog materijala saturiranog vodom koristeći permeametar sa savitljivom stijenkom. Ova međunarodna norma je primjenjiva za neporušene ili zbijene uzorke koji imaju hidrauličku konduktivnost između 1 x 10<sup>-5</sup> m/s (1 x 10<sup>-3</sup> cm/s) i 1 x 10<sup>-11</sup> m/s (1 x 10<sup>-9</sup> cm/s). Tipična tla koja pripadaju ovoj kategoriji su glinasta, glinasta bez pijeska, praškasta, tresetna, muljevita, itd.

**ISO 17380:2004** Soil quality - Determination of total cyanide and easily released cyanide content - Continuous flow analysis method (Kakvoća tla: Određivanje sadržaja ukupnih cijanida i lako otpušajućih cijanida metodom kontinuiranog toka). Područje primjene: Norma

**ISO 17380:2004** specificira metodu fotometrijskog određivanja količine ukupnih i lako otpušajućih cijanida u tlu analizom automatizirane destilacije kontinuiranog toka. Primjenjiva je na sve tipove tala koji sadrže iznad 1 mg/kg cijanida na bazi suhe tvari, izraženo kao cijanid ion. Koncentracije sulfida više od 40 mg/kg suhe tvari uzrokuju interferencije koje se mogu izbjeći razrjeđivanjem ekstrakta uzorka.

**ISO 18287:2006** Soil quality - Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) - Gas chromatographic method with mass spectrometric detection (GC-MS), (Kakvoća tla - Određivanje policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) – metoda plinske kromatografije s maseno spektroskopskom detekcijom (GC-MS). Područje primjene: Norma ISO 18287:2005 specificira kvantitativno određivanje 16 policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH) prema popisu prioriteta (EPA, 1982) Američke agencije za zaštitu okoliša (Environmental Protection Agency-USA). Norma je primjenjiva na sve tipove tla (prirodno vlažne uzorke ili sušene) i širok raspon koncentracija PAH-ova. Pri uvjetima specificiranim u normi, donja granica detekcije za svaki pojedini policiklični aromatski ugljikovodik iznosi 0,01 mg/kg (izraženo na suhu tvar).

**ISO 20279:2005** Soil quality - Extraction of thallium and determination by electrothermal atomic absorption spectrometry

**ISO 22155:2005** Soil quality - Gas chromatographic quantitative determination of volatile aromatic and halogenated hydrocarbons and selected ethers - Static headspace method (Kakvoća tla – Kvantitativno određivanje volatilnih aromatskih i halogeniranih ugljikovodika i odabranih



etera – GC-Static headspace method). Područje primjene: Norma ISO 22155:2005 specificira metodu za kvantitativno određivanje volatilnih aromatskih i halogeniranih ugljikovodika i odabranih alifatskih etera u tlima plinskom kromatografijom. Primjenjiva je na sve tipove tala. Granica detekcije ovisi o detektoru i metanolu upotrijebljenom za ekstrakciju uzoraka tla. Pri uvjetima specificiranim u normi, granice detekcije su sljedeće (izraženo na temelju suhe tvari) pri upotrebi plinske kromatografije s FID detektorom (GC-FID), tipična granica detekcije je 0,2 mg/kg za volatilne aromatske ugljikovodike i 0,5 mg/kg za alifatske etere kao što je metil *tert*-butil eter (MTBE) i *tert*-amil metil eter (TAME); pri upotrebi plinske kromatografije s EC detektorom, tipična granica detekcije je od 0,01 mg/kg do 0,2 mg/kg za volatilne halogene ugljikovodike. Niža granica detekcije može se postići upotrebom masene spektrometrije (MS).

**ISO 22892:2006** Soil quality - Guidelines for the identification of target compounds by gas chromatography and mass spectrometry (Smjernice za identifikaciju ciljanih spojeva plinskom kromatografijom i masenom spektrometrijom). Područje primjene: Norma ISO 22892:2006 daje kriterije za identifikaciju ciljanih «target» spojeva plinskom kromatografijom i masenom spektrometrijom (GC-MS) u uzorcima tala. Upotrebljava se sa standardima razvijenim za određivanje specifičnih spojeva

**ISO 23753-1:2005** Soil Quality – Determination of dehydrogenase activity in soils – Part 1: Method using triphenyltetrazolium chloride (TTC)

Kakvoća tla – Određivanje dehidrogenazne aktivnosti tala – 1. dio: Metoda pomoću trifeniltetrazolium klorida (TTC). Područje primjene: Ovaj dio međunarodne norme ISO 23753 odnosi se na metodu za određivanje dehidrogenazne aktivnosti u tlu koristeći 2,3,5- trifeniltetrazolium klorida (TTC). Ova metoda nije primjenjiva za određivanje dehidrogenazne aktivnosti gornjih slojeva (L, F, H horizonti) šumskih oblika humusa male mikrobiološke aktivnosti (npr. mor), ili u tlima s redukcijskim uvjetima (npr. tla saturirana vodom).

**ISO 23753-2:2005** Soil Quality – Determination of dehydrogenase activity in soils – Part 2: Method using iodotetrazolium chloride (INT) . Kakvoća tla – Određivanje dehidrogenazne aktivnosti tala – 2. dio: Metoda pomoću jodotetrazolium klorida (INT). Područje primjene: Ovaj dio međunarodne norme ISO 23753 precizira metodu za određivanje dehidrogenazne aktivnosti tla pomoću 2-(4-jodofenil)-3-(4-nitrofenil)-5-feniltetrazolium klorida (INT). Kako je INT redukcija manje osjetljiva na kisik, metoda je ponovljivija od TTC metode opisane u ISO 23753-1. Ova metoda nije primjenjiva za određivanje dehidrogenazne aktivnosti gornjih slojeva (L, F, H horizonti) šumskih oblika humusa male mikrobiološke aktivnosti (npr. mor), ili u tlima s redukcijskim uvjetima (npr. tla saturirana vodom)

**ISO/AWI 23161 CD: 06/2003; DIS** Soil quality - Method for the quantification of organotin compounds (N415)

**ISO/AWI 23470** Soil quality - Determination of effective cation exchange capacity (CEC) and exchangeable cations using a cobalthexamine trichloride solution

**ISO/CD 11269-2** Soil quality - Determination of effects of pollutants on soil flora - Part 2: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants

**ISO/CD 10381-8:2006** Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 8: Vodič o uzorkovanju rezervi (Soil quality – Sampling – Part 8: Guidance on sampling of stockpiles),

**ISO/CD 17126** Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Seeding emergence, screening test with lettuce (*Lactuca sativa* L.)

**ISO/CD 20280** Soil quality – Determination of arsenic, antimony and selenium in aqua regia soil extracts by atomic absorption spectrometry

**ISO/CD 20963** Soil quality – Effects of pollutants on insect larvae (*Oxythyrea funesta*) – Determination of acute toxicity

**ISO/CD 22030** Soil quality – Chronic toxicity test in higher plants

**ISO/CD/23611-2** Soil quality – Sampling of soil invertebrates Part 2: Sampling and extraction of mesofauna (Collembola and Acarida) (N196)

**ISO/DIS 10381-7:2005** Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 7: Vodič o uzorkovanju plinovite komponente u tlu (Soil quality – Sampling – Part 7: Guidance on sampling of soil gas)

**ISO/DIS 11264 12-2001** Soil quality - Determination of herbicides using HPLC with UVdetection.

**ISO/DIS 11275.2** Soil quality - Determination of the unsaturated hydraulic conductivity and water retention characteristic - Wind's evaporation method

**ISO/ DIS 14154: 1-2002** Soil quality - Determination of phenols and chlorophenols – Gas chromatographic method

**ISO/DIS 15685** Soil quality - Rapid method to test the chemical influence on nitrification in soil - Ammonium oxidation

**ISO/DIS 16387** Soil quality - Effects of pollutants on Enchytraeidae (*Enchytraeus* sp.)- Determination of effects on reproduction and survival

**ISO/DIS 16720:2005** Soil quality – Pre-treatment of samples by freeze-drying for subsequent analysis (Kakvoća tla – Priprema uzoraka liofilizacijom). Norma ISO 16720:2005 specificira metodu predobrade uzoraka tala liofilizacijom. Primjenjiva je na uzorke tla na kojima će se vršiti određivanja elemenata ili organskih spojeva koji nisu volatilni u uvjetima liofilizacije. Norma se može primijeniti na uzorke mulja i sedimenata. Metoda je primjenjiva i kao prvi korak u određivanju sadržaja suhe tvari (ili vode), na primjer u slučaju uzoraka s visokim sadržajem vode.

**ISO/DIS 18512** Kakvoća tla – Vodič o dugotrajnom i kratkotrajnom pohranjivanju uzoraka tla (Soil quality – Guidance on long and short term storage of soil samples),

**ISO/DIS 17312** Soil quality - Determination of saturated hydraulic conductivity of sand and gravel

**ISO/FDIS 15709:2002:** Kakvoća tla – Voda u tlu i nezasićena zona – Definicije, simboli i teorija (Soil quality – Sol water and the unsaturated zone – Definitions, symbols and theory).

**ISO Guide 30:1992** Terms and definitions used in connection with reference materials. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

**ISO/NWIp N0196 30-06-2003** Soil quality - Guidance on long and short term storage of soil samples

**ISO/WD 15185** Soil quality - Sampling - Specification of soil augering/drilling apparatus

**HRN ISO 7888:2001** Kakvoća vode - Određivanje električne vodljivosti; Water quality - Determination of electrical conductivity

Područje primjene: Ova međunarodna norma odnosi se na metodu mjerenja električne vodljivosti za sve vrste vode.

Električna vodljivost se upotrebljava za praćenje kvalitete

- a) površinskih voda
- b) industrijskih voda u vodoopskrbi i tretiranju biljaka
- c) otpadnih voda

Potpunost analiza za ionske konstituente može biti provjerena koristeći ovu metodu.

U nekim slučajevima važne su apsolutne vrijednosti, a u nekim drugim samo relativne promjene.

**HRN ISO 10381-6:1993** Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 6: Vodič o prikupljanju, baratanju i pohranjivanju tla za procjenu mikrobioloških procesa u laboratoriju (Soil quality – Sampling – Part 6: Guidance on the collection, handling and storage of soil for the assessment of microbial processes in the laboratory);

**HRN ISO 10390:2005** Kakvoća tla – Određivanje pH vrijednosti; Soil quality - Determination of pH. Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje instrumentalnu metodu za rutinsko potenciometrijsko određivanje pH vrijednosti u 1:5 (V/V) suspenziji tla u vodi (pH-H<sub>2</sub>O), u otopini 1 mol l<sup>-1</sup> kalijeva klorida (pH-KCl) ili u otopini 0.01 mol l<sup>-1</sup> kalcijeva klorida (pH-CaCl<sub>2</sub>). Norma je primjenjiva na sve tipove zrakosuhih uzoraka tla, npr. na one pripremljene prema normi ISO 11464

**HRN ISO 10523:1998** Kakvoća vode – Određivanje pH vrijednosti (ISO 10523:1994); Water quality - Determination of pH (ISO 10523:1994). Područje primjene: Ova metoda je primjenjiva za sve vrste uzoraka vode i otpadne vode u rasponu od pH 3 do pH 10.

**HRN ISO 10693:2004** Kakvoća tla - Određivanje sadržaja karbonata – Volumetrijska metoda; Soil quality - Determination of carbonate content - Volumetric method. Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje sadržaja karbonata u uzorcima tla. Metoda je primjenjiva za sve tipove zrakosuhih uzoraka tla.

**HRN ISO 10694:2004** Kakvoća tla – Određivanje organskog i ukupnog ugljika suhim spaljivanjem (elementarna analiza); Soil quality - Determination of organic and total carbon in soil after dry combustion (elementary analysis). Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje ukupnog sadržaja ugljika u tlu suhim spaljivanjem. Sadržaj organskog ugljika izračunava se iz tog sadržaja nakon učinjene korekcije na karbonate prisutne u uzorku.

Ako su karbonati bili prethodno uklonjeni, tada se sadržaj organskog ugljika mjeri izravno. Metoda je primjenjiva za sve tipove zrakosuhih uzoraka tla

**HRN ISO 11047:2004** Kakvoća tla – Određivanje kadmija, kroma, kobalta, bakra, olova, mangana, nikla i cinka nakon ekstrakcije zlatotopkom – Metoda plamene i besplamene atomske apsorpcijske spektrometrije; Soil quality - Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, manganese, nickel and zinc - Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje elemenata: bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova, atomskom apsorpcijskom spektrometrijom nakon ekstrakcije zlatotopkom provedene prema postupku definiranom metodom ISO 11466. Izbor metode za pojedini element ovisi o sadržaju tog elementa u uzorku, tako da je moguće da se za određivanje svih elemenata primjene obje metode.

Metoda A - Određivanje bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova plamenom atomskom apsorpcijskom spektrometrijom.

Metoda B - Određivanje bakra, cinka kadmija, kobalta, kroma, mangana, nikla i olova besplamenom atomskom apsorpcijskom spektrometrijom.

**HRN ISO 11048:2004** Kakvoća tla – Određivanje sulfata topljivih u vodi i topljivih u kiselini; Soil quality - Determination of water soluble and acid soluble sulfates

**HRN ISO 11260:2004** Kakvoća tla – Određivanje stvarnog kapaciteta zamjene kationa i stupnja zasićenosti bazama s otopinom barijevog klorida; Soil quality - Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level using barium chloride 1:1996 solution Technical Corrigendum 1

**HRN ISO 11261:2004** Kakvoća tla – Određivanje ukupnog dušika – Prilagođena Kjeldahlova metoda; Soil quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje ukupnog sadržaja dušika (amonijski-N, nitratni-N, nitritni-N i organski N) u tlu. Dušik u N-N-vezama, N-O vezama i neki heterociklički (naročito piridin) određuje se samo djelomično. Metoda je primjenjiva za sve tipove zrakosuhih uzoraka tla.

**HRN ISO 11263:1994** Kakvoća tla – Određivanje fosfora – spektrometrijsko određivanje fosfora topivog u otopini natrijevog hidrogen karbonata; Soil quality - Determination of phosphorus - Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution. Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za ekstrakciju i za analitičke uvjete za određivanje pristupačnog fosfora u otopini natrijevog hidrogen karbonata. Nakon ekstrakcije, moguće su dvije različite metode bojanja. Pod 4.2. opisuje se razvijanje boje pri sobnoj temperaturi. Pod 4.3. opisuje se razvijanje boje nakon grijanja na visokoj temperaturi. Metoda je primjenjiva za sve tipove tala.

**HRN ISO 11265:2004** Kakvoća tla – Određivanje specifične električne vodljivosti; Soil quality - Determination of specific electrical conductivity

Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi instrumentalnu metodu za rutinsko

određivanje specifične električne vodljivosti u vodenom ekstraktu tla. Određivanje je izvedeno s ciljem dobivanja pokazatelja sadržaja vodotopivih elektrolita u tlu.

Ova međunarodna norma je primjenjiva na sve tipove zrakosuhih uzoraka tla

**HRN ISO 11271:2004** Kakvoća tla – Određivanje redoks potencijala – Metoda mjerenja u poljskim uvjetima; Soil quality - Determination of redox potential - Field method

**HRN ISO 11272:2004** Kakvoća tla – Određivanje volumne gustoće suhog tla; Soil quality - Determination of dry bulk density. Područje primjene: Ova međunarodna norma opisuje tri računске metode za određivanje volumne gustoće suhog tla iz mase i volumena uzorka. Metode uključuju sušenje i vaganje uzorka tla, čiji volumen je poznat ili mora biti određen.

**HRN ISO 11274:2004** Kakvoća tla – Određivanje sposobnosti zadržavanja vode – laboratorijske metode; Soil quality - Determination of the water retention characteristic - Laboratory methods. Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metode za određivanje sposobnosti zadržavanja vode u tlu. Primjenjiva je samo za mjerenje krivulje sušenja ili desorpcije.

Opisane su četiri metode koje pokrivaju kompletan opseg tlakova vode u tlu:

- a) metoda u kojoj se koristi pijesak, kaolin ili keramičke sisajuće posude za određivanje matričnog potencijala od 0 kPa do -50 kPa;
- b) metoda u kojoj se koristi porozna ploča i burette aparatura za određivanje matričnog potencijala od 0 kPa do -20 kPa;
- c) metoda u kojoj se koristi plin pod tlakom i tlačni ekstraktor za određivanje matričnog potencijala od -5 kPa do -1500 kPa;
- d) metoda u kojoj se koristi plin pod tlakom i tlačna membrana za određivanje matričnog potencijala od -33 kPa do -1500 kPa;

**HRN ISO 11276:2004** Kakvoća tla – Određivanje tlaka vode u porama – tenzimetrijska metoda; Soil quality - Determination of pressure potential - Tensiometer method

**HRN ISO 11277:2004** Kakvoća tla – Određivanje raspodjele veličine čestica u mineralnom dijelu tla – Metoda prosijavanja i sedimentacije; Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje osnovnu metodu za određivanje sadržaja pojedinih kategorija čestica primjenjivu za širok raspon mineralnih tala, uključujući mineralnu frakciju organskih tala. Također nudi postupke za manje rasprostranjena tla. Ova norma razvijena je velikim dijelom za uporabu na području znanosti o okolišu, a za uporabu u geotehničkim istraživanjima je potreban profesionalni savjet. Glavni cilj ove norme je određivanje dovoljno kategorija čestica kako bi bila omogućena konstrukcija pouzdane krivulje raspodjele veličine čestica. Ova norma ne odnosi se na određivanje raspodjele veličine čestica u organskoj komponenti tla, npr. jače ili slabije razgrađenih biljnih i životinjskih ostataka. Značajno je da kemijsko predtretiranje i mehanička tretiranja propisana ovom normom mogu uzrokovati razgradnju slabo povezanih čestica, koje pregledom na polju mogu biti smatrane primarnim česticama, iako se takve čestice mogu smatrati agregatima. Ako je takva razgradnja nepoželjna, ova norma se tada

ne bi trebala upotrebljavati za određivanje raspodjele veličina čestica u tako slabo kohezivnim materijalima.

**HRN ISO 11464:2004** Kakvoća tla – Priprema uzoraka za fizikalne i kemijske analize (revision of ISO:1994) CD: 2003-01-31; DIS 2003-10-31; FDIS 2004-10-31; ISO: 2005-03-31 Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses

**HRN ISO 11465:2004** Kakvoća tla – Određivanje suhe tvari i sadržaja vode na osnovi mase – Gravimetrijska metoda; Soil quality - Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method. Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu za određivanje suhe tvari i sadržaja vode u uzorcima tla na osnovi mase.

Ova metoda se može primjeniti na sve vrste uzoraka tla. Navedeni su različiti postupci za zrakosuhe uzorke, za uzorke pripremljene prema ISO 11464, i za vlažne uzorke tla.

Za određivanje sadržaja vode u tlu na osnovi volumena, pogledati ISO 11461.

**HRN ISO 11466:2004** Kakvoća tla – Ekstrakcija elemenata topivih u zlatotopci; Soil quality - Extraction of trace metals soluble in aqua regia. Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za ekstrakciju zlatotopkom tragova elemenata iz tala i sličnih materijala, pripremljenih prema normi ISO 11464, koji sadrže manje od 20 % organskog ugljika sukladno ISO 10694. Materijali koji sadrže više od 20% organskog ugljika potrebno je dodatno obraditi nitratnom kiselinom. Dobivena otopina pogodna je za određivanje tragova elemenata odgovarajućom tehnikom atomske spektrometrije.

**HRN ISO 11508:2004** Kakvoća tla – Određivanje gustoće čvrstih čestica; Soil quality - Determination of particle density. Područje primjene: Ova međunarodna norma opisuje dvije metode za određivanje gustoće čvrstih čestica računanjem iz podataka o masi i volumenu čestica tla. Prva metoda je primjenjiva za tla fine teksture (<2 mm promjera), dok je druga metoda primjenjiva za porozni i neporozni šljunak i kamen (>2 mm promjera).

Gustoća čvrstih čestica se može koristiti za računanje odnosa čvrste faze i poroziteta horizonata u kombinaciji s postupkom danim u normi ISO 1172.

**HRN ISO 13536:2005** Kakvoća tla – Određivanje potencijalnog kapaciteta zamjene kationa i zamjenjivih kationa s otopinom barijevog klorida puferiranom na pH 8,1; Soil quality - Determination of the potential cation exchange capacity and exchangeable cations using barium chloride solution buffered at pH 8,1 . Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu za određivanje potencijalnog kapaciteta zamjene kationa (KIK) tla puferiranog na pH 8,1 i za određivanje sadržaja zamjenjivih kationa Na, K, Ca i Mg u tlu. Ova međunarodna norma je primjenjiva na sve tipove zrakosuhih uzoraka tla.

**HRN ISO 13877:2005** Kakvoća tla – Određivanje policikličkih aromatskih ugljikovodika – Metoda tekućinske kromatografije visokog učinka; Sys Rev (6-2003) Soil quality - Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons - Method using high-performance liquid chromatography

**HRN ISO 13878:2004** Kakvoća tla – Određivanje sadržaja ukupnog dušika suhim spaljivanjem („elementarne analize“); Sys Review (6-2003) Soil quality - Determination of total nitrogen content after dry combustion (“elemental analysis”)



**HRN ISO 14235:2004** Kakvoća tla – Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom; Sys Review (6-2003) Soil quality - Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation

**HRN ISO 14240-1:2004** Kakvoća tla – Određivanje mikrobne biomase u tlu – 1. dio: Supstrat-inducirana respiracijska metoda; Soil quality - Determination of soil microbial biomass - Part 1: Substrate-induced respiration method. Područje primjene: Ovaj dio međunarodne norme ISO 14240 odnosi se na procjenjivanje aktivne aerobne, heterotrofne mikrobne biomase u prozračnim poljoprivrednim i mineralnim tlima. Određivanje djelovanja kemikalija na biomasu je izvan područja primjene dijela norme ISO 14240.

**HRN ISO/ 14254: 2004** Kakvoća tla – Određivanje zamjenjive kiselosti u ekstraktu barijevog klorida; Soil quality - Determination of exchangeable acidity of barium chloride extract

Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu za određivanje zamjenjive kiselosti u ekstraktu barijevog klorida uzoraka tla sukladno ISO 11260.

Postupak koji je ovdje opisan od velike je važnosti za određivanje ukupne zamjenjive kiselosti pomoću točke završetka titracije (vidjeti opasku). Ponuđena su također i dva alternativna postupka; određivanje kiselosti slobodnih H<sup>+</sup> i aluminijska u ekstraktima.

Ova međunarodna norma je primjenjiva za sve tipove zrakosuhih uzoraka tla koji su pripremljeni sukladno ISO 11464.

**OPASKA** Titracija zamjenjive kiselosti pomoću točke završetka titracije ne može biti točno određena za date vrste kiselina. Točka završetka titracije zadržana je na pH 7,8; što odgovara ukupnom taloženju Al<sup>3+</sup> iona u sintetičkim otopinama. Titracija ekstrakata tla do tog pH može također uključiti neke slabije ionizirane vrste ili slabo kisele organske spojeve

**HRN ISO 14255:2004** Kakvoća tla – Određivanje nitratnog, amonijskog i ukupnog topivog dušika u tlima sušenim na zraku ekstrakcijom s otopinom kalcijevog klorida; Soil quality - Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils using calcium chloride solution as extractant

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje topivih frakcija dušika u tlu (nitrat, nitrit, amonij i organski dušik) korištenjem 0.01 mol/l kalcijevog klorida za ekstrakciju. Metoda je primjenjiva za tla sušena na zraku, prethodno pripremljena prema ISO 11464

**HRN ISO 14869-1:2004** Kakvoća tla – Određivanje ukupnih sadržaja elemenata – 1. dio: rasščlanjivanje s fluorovodičnom i perklornom kiselinom; Soil quality - Determination of the total trace element content - Part 1: Digestion with hydrofluoric and perchloric acids

**HRN ISO 14869-2:2004** Kakvoća tla - Određivanje ukupnih sadržaja elemenata – 2. dio: raščlanjivanje alkalnom fuzijom; Soil quality – Dissolution for the determination of of total element content - Part 2: Dissolution by alkaline fusion

**HRN ISO 14870: 2001** Kakvoća tla – Ekstrakcija elemenata u tragovima puferskom otopinom DTPA; Soil quality - Extraction of trace elements by buffered DTPA solution

Područje primjene: Ova međunarodna norma navodi metodu za ekstrakciju elemenata u tra-

govima u uzorcima tla korištenjem pufer otopine dietilentriaminopentaoctene kiseline (DTPA). Ova metoda se najčešće primjenjuje za procjenu dostupnosti bakra, željeza, mangana i cinka biljkama koje rastu u tlu. Posebno je pogodna za tla čiji je pH veći od 6. Iz ekstrakta se također mogu odrediti i potencijalno toksični elementi kao što su kadmij, klor, nikel i olovo. Ako tla sadrže velike količine jednog ili više ovih elemenata, učinkovitost ekstrakcije bilo kojeg od navedenih elemenata može se smanjiti zbog prekoračenja kompleksacijskog kapaciteta DTPA. Ova međunarodna norma ne navodi metode za mjerenje elemenata u tragovima u ekstraktu.

**HRN/ EN ISO 10304-1:1998** Kakvoća vode - Određivanje otopljenih fluorida, klorida, nitrita, ortofosfata, bromida, nitrata i sulfata pomoću pomoću tekuće kromatografije iona - 1. dio: Metoda za slabo onečišćene vode; Water quality - Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, orthophosphate, bromide, nitrate and sulfate ions, using liquid chromatography of ions - Part 1: Method for water with low contamination

Područje primjene: Ovaj dio ISO 10304 se odnosi na metodu određivanja niskih koncentracija fluorida, klorida, nitrita, ortofosfata, bromida, nitrata i sulfata u vodi (npr. pitkoj, oborinskoj, podzemnoj i površinskoj vodi) u slijedećim rasponima:

Fluoridi (F):	0,01 mg/l do 10 mg/l
Kloridi (Cl):	0,1 mg/l do 50 mg/l
Nitriti (NO <sub>2</sub> ):	0,05 mg/l do 20 mg/l
Ortofosfati (PO <sub>4</sub> ):	0,1 mg/l do 20 mg/l
Bromidi (Br):	0,05 mg/l do 20 mg/l
Nitrati (NO <sub>3</sub> ):	0,1 mg/l do 50 mg/l
Sulfati (SO <sub>4</sub> ):	0,1 mg/l do 100 mg/l

OPASKA 1 Simboli aniona kroz tekst su napisani bez naboja.

U nekim slučajevima, raspon primjene može biti promjenjen zbog varijacija radnih uvjeta (npr. volumen uzorka, razrjeđenje, razdvajajuće kolone, predkoncentracijske tehnike, osjetljivost raspona detektora itd.).

**HRN/ EN ISO 14911:2001** - Kakvoća vode - Određivanje otopljenih Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> i Ba<sup>2+</sup> ionskom kromatografijom - Metoda za vode i otpadne vode; Water quality - Determination of dissolved Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> i Ba<sup>2+</sup> using ion chromatography - Method for water and waste water

Područje primjene: Ova međunarodna norma se odnosi na metodu za određivanje otopljenih kationa Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> i Ba<sup>2+</sup> u vodi (npr. pitkoj, površinskoj, otpadnoj vodi). Odgovarajuća priprema uzorka (npr. razrjeđenje) i uporaba detektora konduktivnosti (CD) čini radne raspone prikazane u Tablici 1. izvedivim.

Primjenjivost metode za uzorke otpadne vode treba biti dokazana u svakom slučaju.



**HRN/ EN ISO/IEC 17025:2000** "Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija".

**HRN ISO/TR 11046:2005** Kakvoća tla – Određivanje sadržaja mineralnih ulja infra-crvenom spektrometrijom i plinskom kromatografijom; Soil quality - Determination of mineral oil content - Method by infra-red spectrometry and gaschromatographic method. Područje primjene: Norma specificira dvije metode za kvantitativno određivanje sadržaja mineralnih ulja u tlima infra-crvenom spektrometrijom (metoda A) i plinskom kromatografijom (metoda B). Metoda A je primjenjiva u slučaju koncentracija mineralnih ulja iznad 20 mg/kg suhe tvari, a metoda B u slučaju koncentracija iznad 100 mg/kg. Nafta se ne može kvantitativno odrediti ovim metodama zbog gubitka volatilnih spojeva za vrijeme pripreme uzorka. Slabi polarni spojevi biogenog porijekla mogu se odrediti kao mineralna ulja. Relativno visoki sadržaj polarnih spojeva i halogeni ugljikovodici interferiraju pri određivanju.

Područje primjene: Ova međunarodna norma utvrđuje metodu za određivanje kapaciteta zamjene kationa pri pH vrijednosti tla i za određivanje sadržaja zamjenjivog natrija, kalija, kalcija i magnezija u tlu. Metoda je primjenjiva za sve vrste uzoraka tala sušenih zrakom, priređenih standardiziranim postupkom (ISO 11464)

**HRN ISO/CD 10381-8:2006** Kakvoća tla – Uzorkovanje – Dio 8: Vodič o uzorkovanju rezervi (Soil quality – Sampling – Part 8: Guidance on sampling of stockpiles),

**DIN 1319 - 3: 05.96** Grundlagen der Meßtechnik - Teil 3: Auswertung von Messungen einer Meßgröße, Meßunsicherheit Fundamentals of metrology – Part 3: Evaluation of measurements of a single measurand, measurement uncertainty

**DIN 1319 - 4: 12.85** Grundbegriffe der Meßtechnik; Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen Basic concepts of measurements; treatment of uncertainties in the evaluation of measurements

**DIN 18123: 11.96** Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung

**DIN 19730: 06.97** Bodenbeschaffenheit -Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung Soil quality – Extraction of trace elements with ammonium nitrate solution

**DIN 19731: 05.98** Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial Soil quality – Utilization of soil material

**DIN 19734: 01.99** Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom(VI) in phosphatgepufferter Lösung Soil quality – Determination of chromium (VI) in phosphate buffered extract

**DIN 19682 - 2: 04.97** Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Felduntersuchungen - Teil 2: Bestimmung der Bodenart Methods of soil investigations for agricultural water engineering – Field test – Part 2: Determination of soil texture

**DIN 19683 - 2: 04.97** Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat

**DIN 19683 - 12: 04.73** Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau; Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Rohdichte

**DIN 38405 - 4:07.85** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Fluorid (D 4) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of fluoride (D 4)

**DIN 38405 - 13: 02.81** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Cyaniden (D 13) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); determination of cyanides (D 13)

**DIN 38405 - 23: 10.94** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 23: Bestimmung von Selen mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (D 23) German standard methods for the examination of water, waste water, and sludge – Anions (group D) – Part 23: Determination of selenium by atomic absorption spectrometry (D23)

**DIN 38405 - 24: 05.87** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Anionen (Gruppe D) - Teil 24: Photometrische Bestimmung von Chrom(VI) mittels 1,5-Diphenylcarbazon (D 24) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; anions (group D); photometric determination of chromium (VI) using 1,5-diphenyl carbazide (D 24)

**DIN 38406 - 6: 07.98** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Kationen (Gruppe E) - Bestimmung von Blei mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 6) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge – Cations (group E) – Part 6: Determination of lead by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 6)

**DIN 38406 - 7: 09.91** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Kupfer mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 7) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of copper by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 7)

**DIN 38406 - 8: 10.80** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Zink (E 8) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of zinc (E 8)

**DIN 38406 - 11: 09.91** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Nickel mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 11) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; cations (group E); determination of nickel by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 11)

**DIN 38406 - 24: 03.93** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Cobalt mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) (E 24) German standard methods for the examination of water, waste

water and sludge; cations (group E); determination of cobalt by atomic absorption spectrometry (AAS) (E 24)

**DIN 38407 - 2: 02.93** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Gaschromatographische Bestimmung von schwerflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen (F 2).

German standard methods for the determination of water, waste water and sludge; jointly determinable substances (group F); determination of low volatile halogenated hydrocarbons by gas chromatography (F 2)

**DIN 38407 - 3: 07.98** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Teil 3: Gaschromatographische Bestimmung von polychlorierten Biphenylen (F 3) German standard methods for the determination of water, waste water and sludge – Jointly determinable substances (group F) – Part 3: Determination of polychlorinated biphenyls (F 3)

**DIN 38407 - 8: 10.95** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von 6 polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Wasser mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) mit Fluoreszenzdetektion (F 8) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; Jointly determinable substances (group F); Determination of 6 polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) in water by high performance liquid chromatography (HPLC) with fluorescence detection (F 8)

**DIN 38407 - 9: 05.91** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von Benzol und einigen Derivaten mittels Gaschromatographie (F 9) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; jointly determinable substances (group F); determination of benzene and some derivatives by gas chromatography (F 9)

**DIN 38414 - 2: 11.85** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung des Wassergehaltes und des Trockenrückstandes bzw. der Trockensubstanz (S 2) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; sludge and sediments (group S); determination of the moisture content and total solids residue (S 2)

**DIN 38414 - 4: 10.84** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S 4) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge; sludge and sediments (group S); determination of the leachability by water (S 4)

**DIN 38414 - 20: 01.96** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 20: Bestimmung von 6 polychlorierten Biphenylen (PCB) (S 20) German standard methods for the examination of water, waste water and sludge – Sludge and sediments (group S) – Part 20: Determination of 6 polychlorinated biphenyls (PCB) (S 20)

**DIN 38414 - 24: 04.98** Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 24: Bestimmung von

polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD) und polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) (S 24)  
German standard methods for the examination of water, waste water and sludge – Sludge and sediments (group S) – Part 24: Determination of polychlorinated dibenzodioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofuranes (PCDF) (S 24)

**DIN 32645: 05.94** Chemische Analytik - Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze - Ermittlung unter Wiederholungsbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung Chemical analysis; Decision limit, Detection limit and determination limit; Estimation in case of repeatability, terms, methods, evaluation

**DIN 4021: 10.90** Baugrund - Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben Soil; exploration by excavation and borings; sampling

**DIN 52101: 03.88** - Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen - Probenahme Testing of natural stone and mineral aggregates; Sampling

**DIN 51527 - 1: 05.87** Prüfung von Mineralölerzeugnissen; Bestimmung polychlorierter Biphenyle (PCB) - Flüssigchromatographische Vortrennung und Bestimmung 6 ausgewählter PCB mittels eines Gaschromatographen mit Elektronen- Einfang- Detektor (ECD) Testing of petroleum products; determination of polychlorinated biphenyls (PCB); pre-separation by liquid chromatography and determination of 6 selected PCB by gas chromatography with electron capture detector

**DIN EN 932 - 1: 11.96** Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren; Deutsche Fassung EN 932-1: 1996 Test for general properties of aggregates – Partie 1: Methods for sampling

**DIN EN 1233: 08.96** Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Chrom - Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie; Deutsche Fassung EN 1233: 1996 Water quality – Determination of chromium – Atomic absorption spectrometric methods; German version EN 1233: 1996

**DIN EN 1483: 08.97** Wasseranalytik - Bestimmung von Quecksilber; Deutsche Fassung EN 1483: 1997 (E 12) Water analysis – Determination of mercury; German version prEN 1483: 1994

**DIN EN 45001: 05.90** Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien; Identisch mit EN 45001: 1989 General criteria for the operation of testing laboratories; EN 45001: 1989

**ASTM D7203-05** Standard Test Method for Screening Trichloroethylene (TCE)-Contaminated soil Using a Heated Diode Sensor

**ASTM D2167-94(2001)** Standard Test Method for Density and Unit Weight of soil in Place by the Rubber Balloon Method

**ASTM D4944-04** Standard Test Method for Field Determination of Water (Moisture) Content of soil by the Calcium Carbide Gas Pressure Tester

**ASTM D4972-01** Standard Test Method for pH of soils

**ASTM E1195-01** Standard Test Method for Determining a Sorption Constant ( $K_{oc}$ ) for an Organic Chemical in soil and Sediments

**ASTM D4404-84(2004)** Standard Test Method for Determination of Pore Volume and Pore Volume Distribution of soil and Rock by Mercury Intrusion Porosimetry

**ASTM C1310-01** Standard Test Method for Determining Radionuclides in soils by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Using Flow Injection Preconcentration

**ASTM C1000-05** Standard Test Method for Radiochemical Determination of Uranium Isotopes in soil by Alpha Spectrometry

**ASTM D2974-00** Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic soils

**ASTM D5831-03** Standard Test Method for Screening Fuels in soils

**ASTM D5660-96(2004)** Standard Test Method for Assessing the Microbial Detoxification of Chemically Contaminated Water and soil Using a Toxicity Test with a Luminescent Marine Bacterium

**ASTM C1507-01(2006)** Standard Test Method for Radiochemical Determination of Strontium-90 in soil

**ASTM C999-05** Standard Practice for SOIL Sample Preparation for the Determination of Radionuclides

**ASTM E1613-04** Standard Test Method for Determination of Lead by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS), or Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GFAAS) Techniques

**ASTM E2051-01** Standard Practice for the Determination of Lead in Paint, Settled Dust, soil and Air Particulate by Field-Portable Electroanalysis

**ASTM E2143-01(2006)** Standard Practice for Using Field-Portable Fiber Optics Synchronous Fluorescence Spectrometer for Quantification of Field Samples for Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

**ASTM D5765-05** Standard Practice for Solvent Extraction of Total Petroleum Hydrocarbons from Soils and Sediments Using Closed Vessel Microwave Heating

**ASTM C1402-04** Standard Guide for High-Resolution Gamma-Ray Spectrometry of Soil Samples

**ASTM C999-05** Standard Practice for Soil Sample Preparation for the Determination of radionuclides

**ASTM C1345-96(2001)** Standard Test Method for Analysis of Total and Isotopic Uranium and Total Thorium in Soils by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

**ASTM C1001-05** Standard Test Method for Radiochemical Determination of Plutonium in Soil by Alpha Spectroscopy

