



Dizajn trajnih raziskovalnih ploskev za spremljanje zalog ogljika za vse rabe zemljišč

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

Dizajn trajnih raziskovalnih ploskev za spremljanje zalog ogljika za vse rabe zemljišč

C8.1. Vzpostavitev sistema spremljanja emisij in ponorov v sektorju LULUCF

Avtorji: dr. Gal Kušar, dr. Boštjan Mali

Uredniki: dr. Gal Kušar

Ljubljana, 15. julij 2022

LIFE IP CARE4CLIMATE (LIFE17 IPC/SI/000007) je integralni projekt, sofinanciran s sredstvi evropskega programa LIFE, sredstvi Sklada za podnebne spremembe in sredstvi partnerjev projekta.

Za več informacij obiščite www.care4climate.si.

Vsak partner v projektu LIFE IP CARE4CLIMATE je odgovoren za strokovnost vsebin in sporočila v dokumentih in stališčih, ki jih pripravi oziroma izrazi v okviru navedenega projekta.

Dizajn trajnih raziskovalnih ploskev za spremljanje zalog ogljika za vse rabe zemljišč

Podatki o zalogah ogljika in rabi zemljišč so ključni za oceno emisij in ponor v sektorju raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo. Ta je bil z uredbo EU vključen v okvir podnebne in energetske politike, s katero želi Unija zmanjšati emisije toplogrednih plinov do leta 2030. V Sloveniji so se tradicionalno zbirali podatki o stanju gozdov z gozdnimi inventurami, vključno z ocenami zaloge ogljika in sprememb zaloge ogljika. Vse do danes pa pri nas ni bilo vzpostavljenega enotnega sistema za trajno spremljanje zalog ogljika. V prvem delu naloge smo opravili pregled stanja že vzpostavljenih načrtnih spremljanj oziroma monitoringov o zalogah ogljika za vse rabe zemljišč. V drugem delu smo opisali, kakšne so potrebe po podatkih o rabi zemljišč in zalogah ogljika z vidika mednarodnega poročanja in obveznosti do EU. V tretjem delu pa smo predstavili predlog dizajna stalnih vzorčnih oziroma trajnih raziskovalnih ploskev za vse zemljiške kategorije, pri katerih se raba zemljišč ne spreminja. Predvsem smo se osredotočili na predlog za osnovanje trajnega monitoringa za tista skladišča ogljika, ki so v omenjenih kategorijah rabe zemljišč ključna. Opisali smo tudi pomen zbiranja podatkov za modeliranje zalog ogljika in navedli modele, ki kažejo največji potencial za uporabo v Sloveniji.

Design of permanent experimental sites for monitoring carbon stock for all land uses

Data on carbon stocks and land use are key to assessing emissions and sinks in land use, land use change and forestry. The EU regulation has incorporated this into the framework of climate and energy policy, through which the Union aims to reduce greenhouse gas emissions by 2030. In Slovenia, data on the state of forests are traditionally collected through forest inventories, including estimates of carbon stock and changes in carbon stock. However, to date, no unified system for continuous monitoring of carbon stocks has been established in our country. In the first part of the paper, we examined the status of carbon stock monitoring for all land uses. In the second part, we described the need for data on land use and carbon stocks from the point of view of international reporting and obligations to the EU. In the third part, we presented a proposal for the design of permanent samples or permanent research plots for all land categories where land use does not change. In particular, we focused on the proposal for establishing permanent monitoring of those carbon pools that play a key role in the above land use categories. We also described the importance of data collection for carbon stock modelling and listed the models that have the greatest potential for application in Slovenia.

Kazalo vsebine

1. Uvod	7
2. Pregled stanja monitoringov o zalogah ogljika	8
2.1 Gozdna inventura.....	8
2.2 Zbiranje podatkov o zalogah ogljika na kmetijskih zemljiščih.....	9
2.3 Zbiranje podatkov o zalogah ogljika na preostalih zemljiščih.....	10
3. Potrebe po podatkih o rabi zemljišč in zalogah ogljika	11
3.1 Raba zemljišč	11
3.2 Zaloge ogljika.....	13
3.3 Spremembe zalog ogljika	14
4. Predlog dizajna trajnih raziskovalnih ploskev	16
4.1 Gozdna zemljišča, ki ostanejo gozdna zemljišča.....	16
4.1.1 Mineralna tla in opad	16
4.2 Njivske površine, ki ostanejo njivske površine	18
4.2.1 Mineralna tla	18
4.3 Travinje, ki ostaja travinje.....	19
4.3.1 Nadzemna biomasa.....	19
4.3.2 Mineralna tla	20
4.4 Mokrišča, ki ostanejo mokrišča	20
4.4.1 Mineralna in organska tla	20
4.5 Naselja, ki ostanejo naselja.....	21
4.5.1 Mineralna tla	21
5. Viri	22

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Kategorije rabe zemljišč IPCC in nacionalni razredi rabe zemljišč.....	12
Preglednica 2: Ocene zalog ogljika po kategorijah rabe zemljišč in skladiščih ogljika.....	13
Preglednica 3: Raven poročanja UNFCCC v letu 2022 po kategorijah rabe zemljišč in skladiščih ogljika.....	14
Preglednica 4: Stari in novi razredi travinja z lesnato vegetacijo.....	19

Kazalo slik

Slika 1: Predvidene lokacije vzorčenja gozdnih tal.....	16
Slika 2: Stalne ploskve intenzivnega monitoringa gozdov.....	17
Slika 3: Predlog izbora lokacij za redno spremljanje zalog ogljika v kmetijskih tleh.....	18

Seznam kratic in okrajšav

Kratice/simbol	Beseda ali besedna zveza	Slovenski prevod
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje	
EU	European Union	Evropska unija
GERK	grafična enota rabe kmetijskega gospodarstva	
GIS	Gozdarski inštitut Slovenije	
IM	intenzivni monitoring	
ICP	International Co-operative Programme	Program mednarodnega sodelovanja
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Medvladni odbor za podnebne spremembe
KIS	Kmetijski inštitut Slovenije	
KRT	kontrola rodovitnosti tal	
LULUCF	Land use, Land Use Change and Forestry	raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo
MGGE	Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov	
MKGP	Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano	
NGI	nacionalna gozdna inventura	
NIR	National Inventory Report	Nacionalno poročilo o evidencah
PK25	Pedološka karta Slovenije v merilu 1 : 25.000	
ROTS	Raziskave onesnaženosti tal Slovenije	
TGP	toplogredni plini	
UNFCCC	United Nation Framework Convention on Climate Change	Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja

1. Uvod

V Sloveniji je bilo zbiranje podatkov o zalogah ogljika v preteklosti omejeno na gozdni prostor. Zaradi naraščajočih potreb po poročanju emisij in ponorov v sektorju raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo (LULUCF) se je postopoma začelo zbiranje podatkov na kmetijskih zemljiščih. Večinoma gre za enkratna vzorčenja ali pridobivanje podatkov v različnih projektih, nalogah in strokovnih naročilih. Slovenija do danes ni vzpostavila inventurnega sistema za stalno zbiranje podatkov o zalogah ogljika na zemljiščih zunaj gozda.

Pri oblikovanju sistema za trajno spremljanje zalog ogljika sta možna dva različna pristopa; pristop, ki temelji na določenem sistemu oziroma dizajnu vzorčenja, in modelni pristop (Brus in de Gruijter, 2011). Pri pristopu vzorčenja ocena statističnega parametra, ki nas zanima (npr. povprečje in njegova standardna napaka), temelji na vključitvi verjetnosti vzorčnih enot, določenih z načinom vzorčenja (Arrouays in sod., 2018). To zahteva, da so vzorčne enote izbrane z verjetnostnim vzorčenjem, tako da so te vključitvene verjetnosti znane. Na drugi strani pri modelnem pristopu statistično sklepanje temelji na modelu prostorske variacije. Naključnost je v tem primeru uvedena prek stohastičnega modela, ki vključuje naključne napake. To pomeni, da izbor vzorčnih enot z verjetnostnim vzorčenjem ni nujno potreben. Slabost tega pristopa je, da moramo imeti vseeno precej velik niz lokacij, da model, ki ga uporabimo, zadosti dobro umerimo.

V Evropi so danes v uporabi različni pristopi poročanja emisij in ponorov v sektorju LULUCF, pri čemer se za kmetijska in druga zemljišča še vedno večinoma uporablja prva raven poročanja (tj. Tier 1), saj ni na voljo dovolj zanesljivih podatkov ali so ti pomanjkljivi. Razvite države, ki so v preteklosti že imele vzpostavljene klasične pristope vzorčenja s ponavljanjem, se vse bolj pogosto odločajo za uporabo različnih modelov, predvsem zaradi znižanja stroškov.

V tej nalogi smo podali predlog za vzpostavitev stalnih vzorčnih ploskev za vzorčenje zalog ogljika, ki temeljijo na nekaterih nedavnih študijah, opravljenih v Sloveniji. Pri tem smo se osredotočili na tista skladišča ogljika, ki so v posameznih kategorijah rabe zemljišč najpomembnejša. Poleg tega smo podali tudi izhodišče za izbor trajnih raziskovalnih ploskev na gozdnih in kmetijskih zemljiščih, na katerih bi se v prihodnje lahko zbirali podrobnejši podatki, ki se zahtevajo pri uporabi modelov za simuliranje zalog ogljika.

2. Pregled stanja monitoringov o zalogah ogljika

2.1 Gozdna inventura

V Sloveniji se spremlja stanje gozdnih ekosistemov že vse od leta 1985. Vendar je treba omeniti, da prvotni namen ni bil zbiranje podatkov za oceno zaloge ogljika, temveč so se zbirali podatki za oceno zdravstvenega stanja gozdov (Kovač in Simončič, 2017). Podatki o stanju in razvoju gozdov, na podlagi katerih se izdelujejo gozdnogospodarski načrti, se od leta 1993 naprej zbirajo tudi v okviru gozdne inventure Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS). Vzorčni sistem stalnih vzorčnih ploskev, na katerih se pridobivajo podatki za potrebe gozdnogospodarskega načrtovanja, ni bil zasnovan statistično (različne gostote vzorčnih mrež in časovna dinamika zbiranja podatkov), ampak se je prilagajal potrebam in značilnostim območnih enot ZGS. Zaradi tega agregirani podatki ne kažejo povprečne vrednosti v določenem letu, ampak odražajo desetletne spremembe v gozdnogospodarskih enotah, za katere so bili v posameznem letu izdelani gozdnogospodarski načrti (Veselič in sod., 2014).

Prva gozdna inventura oziroma tako imenovani velikoprostorski monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov (MGGE), ki temelji na kontrolni vzorčni metodi in zagotavlja časovno in prostorsko primerljive podatke z znano statistično zanesljivostjo, je bila vzpostavljena leta 2000, ko je bila v inventurni model vključena stalna vzorčna ploskev s koncentričnimi krogi (Simončič in sod., 2009). MGGE se izvaja na sistematični vzorčni mreži 4 km x 4 km in je bil na državni ravni ponovljen še v letih 2007, 2012 in 2018 (Skudnik in sod., 2021). Z MGGE se pridobijo podatki o zalogi ogljika v živi nadzemni biomasi in odmrlem lesu.

V letu 2020 je bila nacionalna gozdna inventura (NGI) izvedena na vzorčni mreži 2 km x 2 km, na prvem od štirih panelov pa je Gozdarski inštitut Slovenije (GIS) v sodelovanju z ZGS vzpostavil 761 stalnih vzorčnih ploskev po sistemu neuravnane sistematičnega vzorčenja. Popis gozdov na preostalih treh panelih bo izveden do konca leta 2023, ko se bo zaključil prvi cikel NGI.

Monitoring gozdnih tal je bil na ravni celotnega ozemlja Slovenije izveden kot del demonstracijskega projekta BioSoil (Urbančič in sod., 2009). Popis stanja gozdnih tal je bil opravljen na vzorčnih mrežah 16 km x 16 km in 8 km x 8 km v letih 2006 in 2007, pri čemer so se upoštevala metodološka navodila mednarodnega programa ICP Forests (Simončič in sod., 2011). Monitoring gozdnih tal je bil deloma ponovljen na slabi četrtini ploskev mreže 8 km x 8 km v sklopu javne okoljske službe GIS, ki jo financira Agencija RS za okolje (ARSO). S tem monitoringom se poleg drugih lastnosti tal določijo zaloge ogljika v mineralnem delu tal in opadu.

Od leta 2004 se stanje gozdov spremlja tudi na desetih izbranih raziskovalnih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov na II. ravni (t. i. intenzivni monitoring), na katerih poteka spremljanje procesov in kazalnikov, ki med drugim vključuje tudi spremljanje rasti drevja, stanje gozdnih tal in mineralne prehrane drevja, dinamiko opada ter kakovost talne raztopine (Simončič in sod., 2011). Te podatke je mogoče uporabiti pri modeliranju dinamike ogljika v gozdnih tleh, kar je bilo predstavljeno na primeru ploskve Brdo (Kobal in sod., 2014).

V Sloveniji stanje gozdnih ekosistemov spremljamo v skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov in Zakonom o gozdovih (Simončič in sod., 2011). Poudariti velja, da nacionalna gozdna inventura formalno še ni bila vključena v gozdarsko zakonodajo, kar sicer predvideva Nacionalni energetska in podnebni načrt (NEPN, 2020). Zagotavljanje periodičnega zbiranja podatkov v okviru NGI bo zlasti pomembno v obdobju 2021–2030, saj so podatki o zalogah ogljika v gozdovih ključni za oceno ponorov v sektorju LULUCF.

2.2 Zbiranje podatkov o zalogah ogljika na kmetijskih zemljiščih

Kmetijski inštitut Slovenije (KIS) je že leta 1992 zasnoval trajna poskusa v Rakičanu in Jabljah, kjer preučujejo vpliv gnojenja z organskimi gnojili in gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil pa tudi kolobarja in tehnoloških ukrepov na zaloge organskega ogljika v tleh in druge lastnosti tal (Tajnšek, 2003; Šifrer, 2007; Kolmanič in sod., 2021). Ta dva poskusa sta vključena v mednarodni trajni poskus gnojenja z dušikom, ki se je začel med letoma 1984 in 1992 v več evropskih državah na pobudo profesorja Boguslawskega (Körschens in sod., 2012).

V Sloveniji obstajajo sistemi zbiranja podatkov o vsebnosti organske snovi v tleh, na primer sistem spremljanja onesnaženosti tal Slovenije (ROTS), zbiranje podatkov programa kontrole rodovitnosti tal (KRT) ter profili pedološke karte Slovenije (PK25), vendar so ti namenski in nimajo enotne metodologije izbora, odvzema in analiz vzorcev ter mreže opazovalnih lokacij (Mali in sod., 2015), zato rezultati meritev med seboj niso primerljivi.

Do leta 2016 je bilo v Sloveniji omejeno zbiranje podatkov o zalogah ogljika na kmetijskih zemljiščih na državni ravni. Leta 2012 je bila izvedena inventura na negozdnih rabah tal, s katero so bili med drugimi zemljišči zajeti tudi snemanja zalog ogljika v nadzemni biomasi in vzorčenje tal na obdelovalnih zemljiščih in travinju (Mali in sod., 2015). Ta inventura je bila metodološko dobro zastavljena, vendar je bil njen cilj pridobiti ocene zalog ogljika za ključne kategorije, ne pa tudi vzpostaviti trajne oziroma stalne vzorčne ploskve, na katerih bi se periodično izvajala snemanja.

Z namenom, da se izboljšajo ocene zaloge ogljika na kmetijskih zemljiščih, je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) v letu 2016 objavilo javno naročilo za izdelavo pilotnega vzorčenja kmetijskih tal (Mali in sod., 2016a). S tem so se prvič pridobili podatki o zalogah ogljika v tleh kmetijskih zemljišč po enotni metodologiji vzorčenja. Ta upošteva mednarodne smernice in standarde in ima statistično zasnovo, ki zagotavlja reprezentativnost tal oziroma zemljišč ter ponovljivost snemanja. V obdobju 2016–2021 je bilo v okviru javnih naročil MKGP vzpostavljenih 465 vzorčnih ploskev, večinoma na njivskih površinah in travinju. Poleg tega je bilo leta 2017 izvedeno vzorčenje nadzemne lesne biomase na prevladujočih kategorijah kmetijskih zemljišč (Mali in sod., 2017). Za nekatere kategorije kmetijskih zemljišč je bilo vzorčenje nadzemne biomase dopolnjeno v letu 2018 na način večjega števila ploskev, hkrati pa so bile opravljene še meritve odmrle organske snovi v določenih kategorijah kmetijskih zemljišč (Mali in sod., 2018). Leta 2019 je bilo posebej izvedeno še vzorčenje lesnih ostankov iz trajnih nasadov in narejena je bila ocena zaloge ogljika za vinograd, intenzivni sadovnjak in oljčnik (Šinkovec in sod., 2019).

Čeprav so bila v letih od 2016 do 2021 izvedena vzorčenja kmetijskih tal za oceno zaloge ogljika, Slovenija še ni uspela vzpostaviti sistema monitoringa talne organske snovi na kmetijskih zemljiščih, kar bi bilo smiselno in nujno potrebno zaradi prilagajanja kmetijstva okoljevarstvenim zahtevam in podnebnim spremembam ter tudi za oblikovanje okoljskih politik v boju proti klimatskim spremembam (Vrščaj in sod., 2019). Toda Slovenija ni edina država v EU brez tega monitoringa. S pregledom nacionalnih evidenc TGP za leto 2022, ki se poročajo UNFCCC, lahko ugotovimo, da je bil v EU stalni monitoring tal na njivskih površinah, ki ostanejo njivske površine, vzpostavljen le v Belgiji, na travinju, ki ostane travinje pa v Belgiji in na Švedskem. Na ravni EU so zato sporočene spremembe zalog ogljika v kmetijskih tleh obremenjene z netočnimi podatki. Vendar to ni posledica pomanjkanja usposobljenosti agencij pri poročanju, pač pa so vzrok dragi in redki podatki o tleh ter šibke regulativne spodbude za izboljšanje spremljanje ogljika v tleh (Bellassen in sod., 2022).

2.3 Zbiranje podatkov o zalogah ogljika na preostalih zemljiščih

Inventura na negozdnih rabah tal, ki je bila izvedena leta 2012, je poleg kmetijskih zemljišč vključevala tudi mokrišča in naselja, na katerih so bile opravljene meritve nadzemne lesne biomase in vzorčenje tal. Predlagana metodologija je temeljila na dvofaznem vzorčenju; prva faza vzorčenja je potekala na vzorčni mreži 4 km x 4 km, ki izhaja iz sistema MGGE, druga pa na zgoščeni mreži 500 m x 500 m (Žižek Kulovec in sod., 2013). Meritve nadzemne lesne biomase na mokriščih so bile na 12 vzorčnih ploskvah, od katerih je bilo vzorčenje tal izvedeno na 10 ploskvah, v naseljih pa je bilo snemanje drevnine na 74 ploskvah, na 10 ploskvah pa so se vzorčila tudi tla.

3. Potrebe po podatkih o rabi zemljišč in zalogah ogljika

3.1 Raba zemljišč

Slovenija v poročanju UNFCCC v sektorju LULUCF za prikazovanje površin rabe zemljišč in sprememb rabe zemljišč uporablja tretji pristop v skladu s smernicami dobre prakse (IPCC 2006). Ta predvideva, da je celotna površina države razdeljena na prostorske podenote, mrežo celic oziroma mrežo manjših poligonov. S primerjavo podatkov za različna časovna obdobja se po tem pristopu ugotavlja spremembe rabe zemljišč, pri čemer so znani prehodi iz ene kategorije v drugo z znano prostorsko lokacijo.

Od leta 2002 so v Sloveniji za celotno površino države na voljo vektorski podatki o rabi zemljišč, ki jih zajema MKGP v okviru Evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (RABA). Pri tem se za opis vrste dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč uporablja nacionalna klasifikacija Pravilnika o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (2008), ki ni usklajena s kategorijami rabe zemljišč, kot jih določajo smernice IPCC.

Poročanje za sektor LULUCF vključuje naslednje kategorije LULUCF (IPCC, 2006): gozdna zemljišča, njivske površine, travinje, mokrišča, naselja in druga zemljišča. Vsaka kategorija je razdeljena na dve podkategoriji, in sicer na zemljišča, kjer se raba ne spreminja, in na zemljišča, ki so podvržene spremembam rabe. Glede na pokritost z vegetacijo sta kategoriji njivske površine in travinje razdeljeni na dve podkategoriji, in sicer na njive in trajne nasade oziroma na trajni travnik brez in z lesnato vegetacijo. Privzeta doba za prehod iz ene kategorije v drugo je 20 let.

V letu 2021 je bila za potrebe poročanja v sektorju LULUCF predlagana nova nomenklatura rabe zemljišč (Kovač, 2021), ki vsebinsko obsega dve razsežnosti; pokrovnost in rabo tal oziroma zemljišč. Obe sta hierarhično organizirani v treh ravneh (L1, L2, L3). Pokrovnost zemljišč je določena z osmimi glavnimi razredi (L1), ki so naprej razdeljeni v 37 podrazredov (L3), raba zemljišč pa s štirimi glavnimi razredi (L1), ki imajo 46 podrazredov (L3). Za predlagane podrazrede je bila pripravljena opredelitev in določena so bila merila, ta pa je mogoče uvrstiti v glavne kategorije zemljišč (preglednica 1).

Čeprav so vektorski podatki iz evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč na voljo vsako leto, je problematična metodologija ugotavljanja sprememb v rabi zemljišč. Ta ne daje zanesljivih rezultatov, kar je bilo dokazano že na več primerih (npr. Nastran in Žižek Kulovec 2013, Miličič in Udovč 2012). Na GIS za potrebe poročanja UNFCCC in EU zato od leta 2016 naprej izvajamo interpretacijo rabe zemljišč prek točkovnega vzorčenja po metodologiji, ki je bila predlagana v ciljnem raziskovalnem projektu (Mali in sod., 2016b).

Preglednica 1: Kategorije rabe zemljišč IPCC in nacionalni razredi rabe zemljišč

Glavna kategorija (IPCC)	Podkategorija (IPCC)	Razred	Razred (kontekst ogljika)	Podrazred (Kovač, 2021)
Gozdna zemljišča (FL) (<i>Forest land</i>)	FL = FL L → FL	Gozd	Gozd z lesno zalogo	411, 412, 413
		Drugo gozdno zemljišče	Gozd (začasno) brez lesne zaloge	414, 415
Njivske površine (CL) (<i>Cropland</i>)	CL_a = CL_a CL_w = CL_w CL_a → CL_w CL_w → CL_a	Njiva	Njiva z enoletnimi posevki	211
		Trajni nasad	Sadovnjak, oljčnik	221
			Vinograd	222
			Ostali trajni nasadi	223, 224
Travinje (GL) (<i>Grassland</i>)	GL_a = GL_a GL_w = GL_w GL_a → GL_w GL_w → GL_a	Trajni travnik	Trajni travnik, porasel s travami, deteljami in drugimi zelmi	212
		Travniki z lesnato vegetacijo	Travniki z drevesi in grmičevjem	231, 232, 233
Mokrišča (WL) (<i>Wetlands</i>)	WL = WL L → WL	Vodno telo	Tekoče vode, jezera, morje	621, 622
		Mokrišče	Barje, trstičje, močvirje	611, 612, 613, 614
Naselja (SL) (<i>Settlements</i>)	SL = SL L → SL	Umetna površina	Prometnice, stavbe, hiše, industrijske cone itd.	111, 112, 113
		Zelena površina	Zelena površina brez drevja	121, 123, 124, 125
Druga zemljišča (OL) (<i>Other land</i>)	OL = OL L → OL	Odprto zemljišče z vegetacijo	Nerodovitno zemljišče z rastlinskim pokrovom	512
		Odprto zemljišče brez vegetacije	Skalovje, kamnišče, prodišče, melišče itn.	511, 513

3.2 Zaloge ogljika

Na podlagi ocen zaloge ogljika se za posamezno kategorijo rabe zemljišč in skladišče ogljika določi tako imenovani emisijski faktor. Ta izraža spremembo zaloge ogljika na enoto površine, ki je lahko bodisi negativna bodisi pozitivna. Zaloga ogljika se običajno izračuna iz podatkov, ki se pridobijo iz vzpostavljenih podatkovnih zbirk ali z meritvami na terenu. V drugem primeru se večinoma uporabljajo različni sistemi vzorčenja, ki so potrebni, kadar z meritvami zaradi različnih vzrokov ne moremo zajeti celotne populacije (velikost populacije, stroški in druge omejitve).

Slovenija pri poročanju UNFCCC razpolaga z določenimi podatki o zalogah ogljika, s katerimi se določijo nacionalni emisijski faktorji. S pregledom letnih nacionalnih poročil o evidencah toplogrednih plinov (NIR) za sektor LULUCF lahko ugotovimo, da se sicer popolnost poročanja z leti izboljšuje, vendar za nekatere kategorije rabe zemljišč še vedno ni na voljo podatkov, ki so posebni za Slovenijo (preglednica 2).

Kratkoročno bi bilo treba izboljšati ocene zalog ogljika na mokriščih in v naseljih. Obe kategoriji rabe zemljišč sta del opredelitev obračunskih kategorij zemljišč v skladu z uredbo EU, ki ureja sektor LULUCF (Uredba LULUCF, 2018). Še posebej pomembno bo to za mokrišča, saj bo obračunavanje za mokrišča, s katerimi se gospodari, obvezno od leta 2016 naprej. Pri vseh kategorijah je treba izboljšati ocene zaloge ogljika v organskih tleh, posebej za naselja pa oceniti tudi zaloge ogljika v mineralnih tleh.

Preglednica 2: Ocene zalog ogljika po kategorijah rabe zemljišč in skladiščih ogljika

Kategorije rabe zemljišč	Skladišča ogljika					
	Nadzemna biomasa	Podzemna biomasa	Odmrli les	Opad	Mineralna tla	Organska tla
Gozdna zemljišča	✓	✓	✓	✓	✓	×
Njivske površine	×	×	×	×	✓	×
Travinje	✓	✓	✓	✓	✓	×
Mokrišča	✓	✓	×	×	✓	×
Naselja	✓	✓	×	×	×	×
Druga zemljišča	×	×	×	×	×	×

V zadnjih letih so se precej izboljšale ocene zaloge ogljika za kmetijska zemljišča, saj je bilo zbranih precej podatkov v okviru javnih naročil MKPG. Večje pomanjkljivosti in vrzeli v podatkih so pri kategorijah mokrišča in naselja. Čeprav so se ocene izboljšale, z njimi lahko dobro ocenimo emisije in ponore, ki izhajajo zaradi sprememb v rabi zemljišč, ne pa tudi emisije in ponore na zemljiščih, kjer se raba v času ne spreminja.

3.3 Spremembe zalog ogljika

Za najvišjo raven poročanja UNFCCC (tj. Tier 3) v skladu s smernicami IPCC (2006) se uporabljajo inventure oziroma periodična snemanja na terenu in različni pristopi modeliranja. Kakovost poročanja je torej odvisna od tega, ali so v državi vzpostavljeni sistemi monitoringa, ter od zmogljivosti (kadri, oprema, finančni viri ind.) in znanja. Vse to je pomembno pri zbiranju in obdelavi podatkov kot tudi pri uporabi naprednejših metod.

Slovenija uporablja raven poročanja Tier 3 le za kategorijo gozdna zemljišča, ki ostanejo gozdna zemljišča (preglednica 3). Podatki se pridobivajo v okviru NGI, s primerjavo zalog ogljika v času pa lahko ocenimo dinamiko oziroma spremembe zalog ogljika za nadzemno in podzemno biomaso ter odmrli les. Pri vseh drugih kategorijah rabe zemljišč se večinoma uporablja raven Tier 1, kar pomeni, da se uporabi privzeta metoda ali se upošteva predpostavka iz smernic IPCC. Ta predvideva, da je prirast zaloge ogljika enaka izgubam (tj. sprememba je enaka 0).

Glede na pomembnost ključnih kategorij v sektorju LULUCF (Mekinda Majaron in sod., 2022) bi morali v kratkem vzpostaviti sistem stalnih vzorčnih ploskev oziroma trajnih raziskovalnih ploskev za spremljanje sprememb zalog ogljika v mineralnih tleh vsaj za gozdna zemljišča, njivske površine in travinje. Na gozdnih zemljiščih to enako velja za opad, pri katerem je lahko sprememba zaloge ogljika na enoto površine precejšnja.

Preglednica 3: Raven poročanja UNFCCC v letu 2022 po kategorijah rabe zemljišč in skladiščih ogljika

Kategorije rabe zemljišč	Skladišča ogljika					
	Nadzemna biomasa	Podzemna biomasa	Odmrli les	Opad	Mineralna tla	Organska tla
4.A.1 Gozdna zemljišča, ki ostanejo gozda zemljišča*	T3	T3	T3	T1	T1	×
4.B.1 Njivske površine, ki ostanejo njivske površine*	T1, T2	T1, T2	×	×	T2	T1
4.C.1 Travinje, ki ostane travinje*	T1, T2	T1, T2	×	×	T2	×
4.D.1 Mokrišča, ki ostanejo mokrišča	×	×	×	×	×	×
4.E.1 Naselja, ki ostanejo naselja*	T1	T1	×	×	×	×
4.F.1 Druga zemljišča, ki ostanejo druga zemljišča	×	×	×	×	×	×

* ključna kategorija

Mokrišča in naselja, katerih raba se ne spreminja, prispevajo sorazmerno malo neto emisij. Čeprav zanje obstajajo ocene zalog ogljika za mineralna tla, zdaj še ne vemo, ali je to

skladišče vir emisij, ali deluje kot ponor. Za kategorijo travinje, ki ostane travinje, bi bilo pomembno, da se vzpostavi tudi sistem stalnih vzorčnih ploskev za spremljanje sprememb zaloge ogljika v nadzemni biomasi, in sicer na površinah, ki jih porašča lesnata vegetacija. To so kmetijska zemljišča z gozdnim drevjem in grmičevjem na različnih razvojnih stopnjah, ki se zaraščajo zaradi opuščanja kmetijske dejavnosti (npr. košnje).

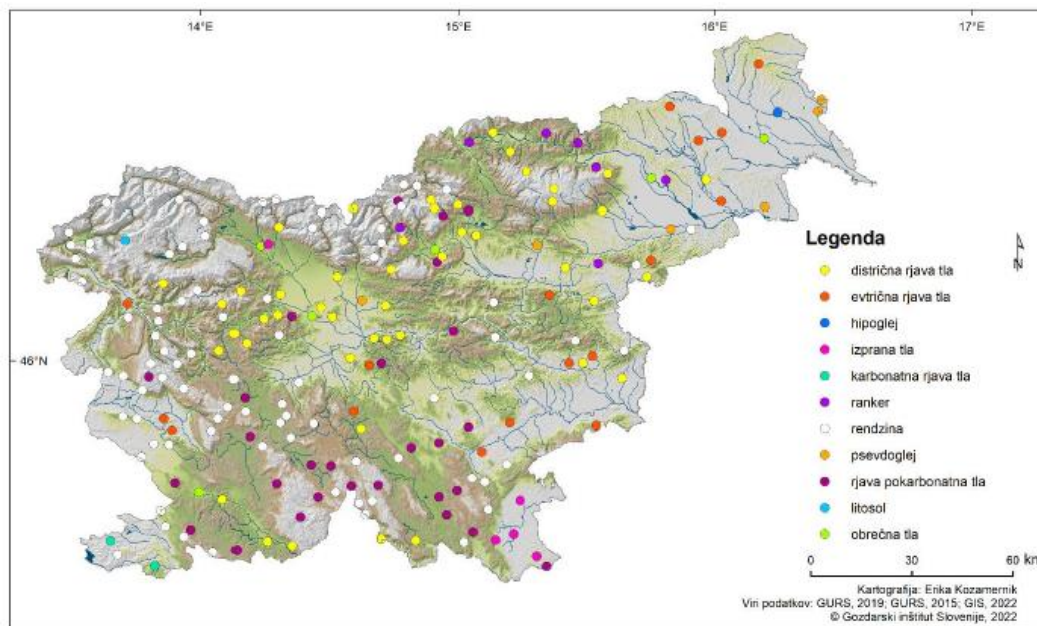
4. Predlog dizajna trajnih raziskovalnih ploskev

Predlagani sistem trajnih raziskovalnih ploskev je zasnovan za dolgoročno spremljanje stanja in sprememb zalog organskega ogljika v tleh in nadzemni lesni biomasi za vse rabe zemljišč, kjer se raba zemljišč ne spreminja. Sistem vzorčenja, število in razporeditev vzorčnih ploskev po posameznih rabah zemljišč, zagotavlja pridobivanje zanesljivih podatkov o stanju in spremembah zalog ogljika. Pretežno poskuša vključevati dosedanje parcialne sisteme in metodologijo dosedanjih vzorčenj za potrebe spremljanja sprememb zalog ogljika.

4.1 Gozdna zemljišča, ki ostanejo gozdna zemljišča

4.1.1 Mineralna tla in opad

Za gozdna tla (mineralna tla in opad¹) predlagamo, da vzorčenje poteka na sistematični vzorčni mreži 8 km x 8 km, ki je del neuravnane sistematične vzorčne mreže 2 km x 2 km, ki se od leta 2020 uporablja za NGI (Skudnik in sod., 2021). Ta način vzorčenja so predlagali Marinšek in sod. (2022) v okviru javnega naročila MKGP in vključuje 200 vzorčnih ploskev na celotnem območju Slovenije. Z vzorčno mrežo so zajeti vsi glavni talni tipi, ki se pojavljajo v gozdnem prostoru (slika 1).



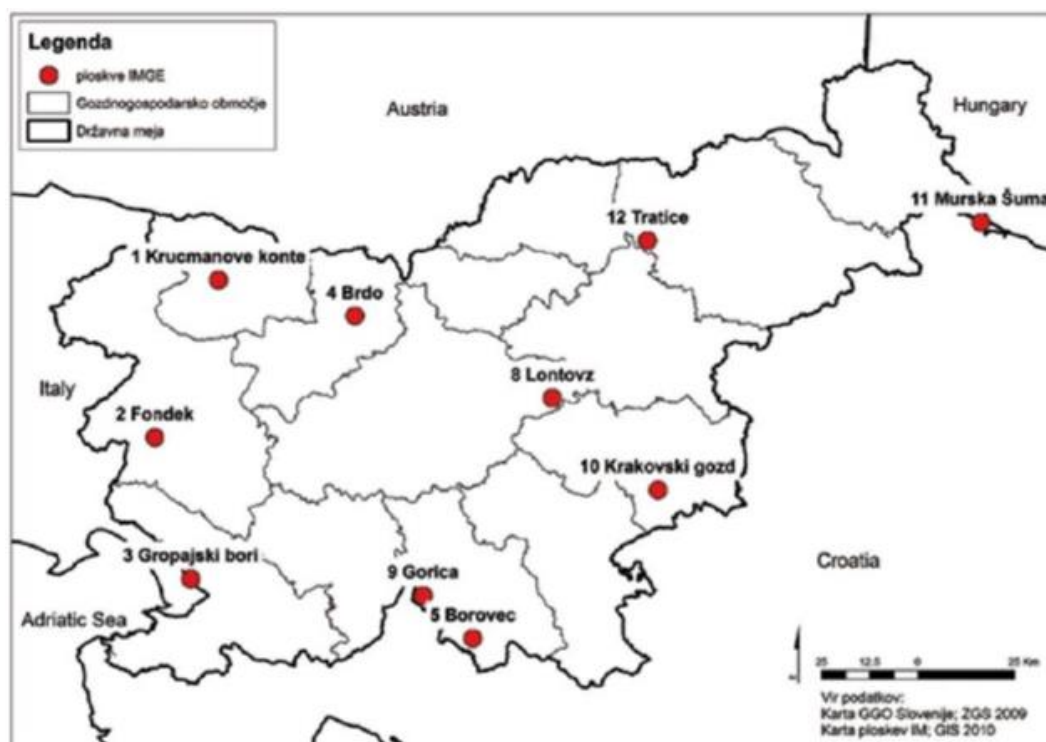
Slika 1: Predvidene lokacije vzorčenja gozdnih tal (Marinšek in sod., 2022)

Glede na izkušnje iz državnih monitoringov gozdnih tal iz tujine predlagamo, da se vzorčenje na mreži 8 km x 8 km ponovi ne prej kot v desetih letih. Tak interval vzorčenja imajo na primer na Švedskem in Finskem (Grüneberg in sod., 2014), na Danskem pa so vzorčenje gozdnih tal ponovili po 15 letih (Nielsen in sod., 2012). Rezultati na Finskem so tudi pokazali, da se stroški

¹ V skladu s smernicami (IPCC, 2003) opad vključuje vse tri sloje organskega dela tal, ki so nad mineralnimi ali organskimi tlemi (tj. O₁ - organski podhorizont, ki ga sestavlja rastlinski opad, O₂ - organski podhorizont iz delno razkrojenih (f = fermentiranih) rastlinskih ostankov ter O_h - organski podhorizont iz humificirane organske snovi (Urbančič in sod., 2005).

monitoringa tal povečujejo s krajšanjem intervala (Mäkkipää in sod., 2008), saj je za zaznavanje minimalne spremembe v zalogi ogljika v gozdnih tleh potrebno večje število vzorčnih ploskev.

Za vzorčenje (listnega) opada predlagamo, da se izvaja na desetih stalnih ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov (slika 2), kar bo s pomočjo lokalnih meteoroloških podatkov (temperatura, padavine) omogočilo modeliranje spremembe zaloge organskega ogljika v mineralnem delu tal in opadu (Marinšek in sod., 2022) z modelom Yasso (Liski in sod., 2005). Ta je bil v študiji predhodnega vrednotenja modelov za simuliranje zalog ogljika ocenjen kot najprimernejši za uporabo v Sloveniji (Mali in Kušar, 2021). Na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov ima GIS postavljene svoje vremenske postaje in na večini od njih že od leta 2004 potekajo redne meritve (Vilhar in sod., 2017).



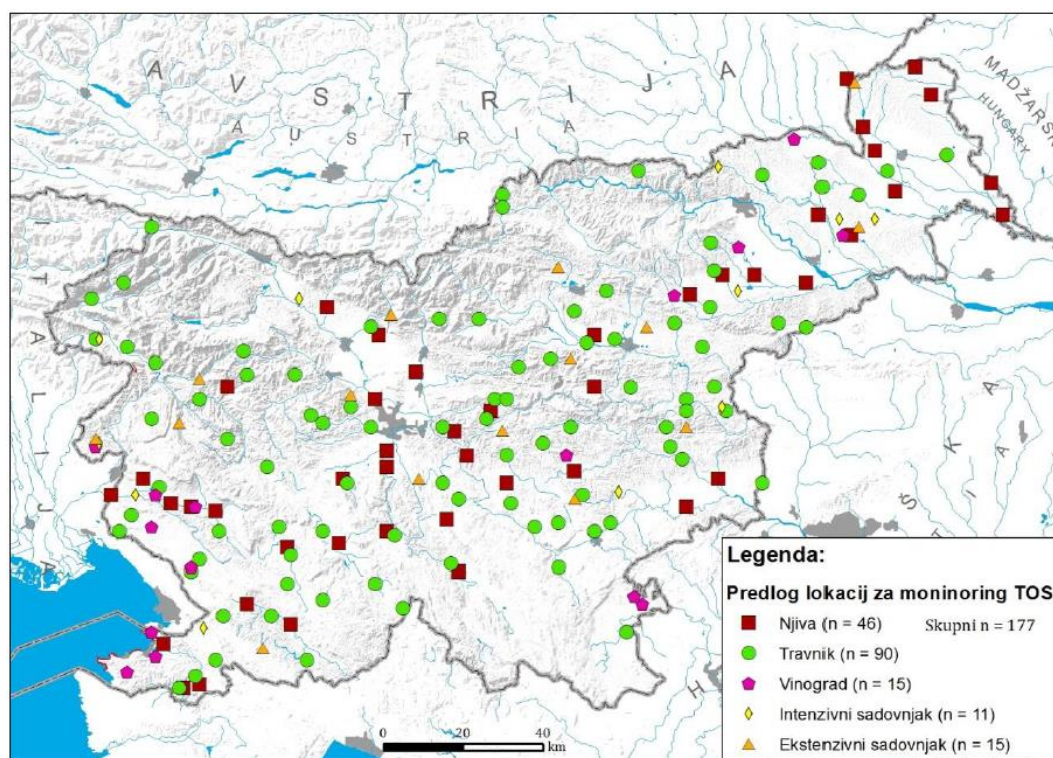
Slika 2: Stalne ploskve intenzivnega monitoringa gozdov

4.2 Njivske površine, ki ostanejo njivske površine

4.2.1 Mineralna tla

Za vzorčenje zalog ogljika v tleh na njivskih površinah, ki ostanejo njivske površine, predlog vzpostavitve stalnih vzorčnih ploskev povzemamo po nedavni študiji, ki izhaja iz ciljnega raziskovalnega projekta (Vrščaj in sod., 2019). Lokacije stalnih vzorčnih ploskev so na sistematični mreži 1 km x 1 km, na kateri so že bila vzorčena kmetijska tla za oceno zaloge ogljika v okviru javnih naročil MKGP. Od vseh lokacij, zajetih v vzorčenje v obdobju 2016–2019, je bilo izbranih 87 lokacij na njivskih površinah, ki ostanejo njivske površine, od tega 46 na njivah in 41 v trajnih nasadih (15 v vinogradu, 11 v intenzivnem sadovnjaku in 15 v ekstenzivnem sadovnjaku) (slika 3). Pri izboru lokacij so se upoštevala določena merila (npr. RKG GERK, prostorska porazdelitev, klimatski in pedološki dejavniki, velikost zemljišča), pri stratifikaciji pa so bile upoštewane glavne rabe zemljišč, pedosekvence in podnebni tipi Slovenije.

Monitoring je zasnovan tako, da se iz istih odvzemnih mest posameznega vzorčnega mesta vzorči ob ponovljenem četrtem vzorčenju na posamezni lokaciji (Vrščaj in sod., 2019). Predlagan je bil petletni interval vzorčenja, kar pomeni, da se na isto lokacijo vzorčenje vrne po 20 letih.



Slika 3: Predlog izbora lokacij za redno spremljanje zalog ogljika v kmetijskih tleh (Vrščaj in sod., 2019)

Za njivske površine predlagamo tudi vzpostavitev trajnih eksperimentalnih ploskev oziroma površin, na katerih potekajo različni poskusi ali poteka zbiranje podatkov, ki bi se morda lahko uporabili pri modeliranju zaloge ogljika v njivskih tleh. KIS je v okviru javnega naročila

identificiral in pripravil seznam s 17 javnimi zavodi, ki kažejo zmožnost za vzpostavitev trajnega spremljanja zalog ogljika v tleh (Šinkovec in sod., 2021). Poleg tega je KIS v projektu za vzpostavitev sistema vzorčnih kmetij za namen stalnega spremljanja kazalcev trajnostnega kmetijstva med drugim določil tudi kazalec O15.3 – vsebnost talne organske snovi v vzorcih tal kmetijskih zemljišč obravnavanega gospodarstva (Bertoncelj in sod., 2021). Avtorji so sicer predlagali različno velikost vzorca kmetij, a že najmanjša velikost avtomatiziranega vzorca ($n = 44$) bi zadostovala za pridobitev zanesljivih podatkov o trajnostni naravnosti slovenskega kmetijstva na ravni kmetijskega gospodarstva.

Zdi se, da bi bilo treba sistem trajnih raziskovalnih ploskev razvijati postopoma in prav tako pristopiti k uporabi modelov (Šinkovec in sod., 2021). V študiji vrednotenja modelov za simuliranje zaloge ogljika v tleh je bil najbolje ocenjen model CENTURY (Mali in Kušar, 2021). Vendar je bilo predlagano, da se na začetni stopnji zasnove opazovanih lokacij spremljanja aktivnosti tal uporabi model RothC (Šinkovec in sod., 2021). Model RothC je namreč manj zahteven glede vhodnih podatkov, njegova uspešnost je dobro dokumentirana, v prihodnje pa ga bo mednarodna skupnost (FAO, 2020) uporabljala kot minimalni standard.

4.3 Travinje, ki ostaja travinje

4.3.1 Nadzemna biomasa

Vzpostavitev stalnih vzorčnih ploskev se zdi smiselna le na travinju, ki je poraslo z lesnato vegetacijo. Pri tem gre za zaraščajoče kmetijske površine, kjer je prišlo do opustitve košnje ali paše in so porasle z gozdnim drevjem in grmičevjem. Na trajnih travnikih, ki so porasli s travami, deteljami in drugimi zelmi, trajni monitoring ni tako zanimiv, saj se predvideva, da je prirast vegetacije približno enaka izgubam.

Kot osnovo za trajni monitoring nadzemne (lesne) biomase na travinju, ki ostane travinje, predlagamo neuravnano sistematično vzorčno mrežo 2 km x 2 km, ki je skladna z mrežo NGI. Po potrebi se stalne vzorčne ploskve izberejo na mreži 1 km x 1 km. S predhodno analizo je bilo ugotovljeno, da je na travniških površinah, ki so na različnih stopnjah zaraščanja sorazmerno velika spremenljivost v lesnih zalogah. Zato bi bilo smiselno vzorčenje začeti s približno 20 % točk, pripadajočih eni kategoriji, pri čemer mora najmanjše število ploskev za kategorijo, upoštevajoč centralni limitni teorem, znašati vsaj 30.

V skladu z ekonomskimi možnostmi bi bilo smiselno postopno povečevati število vzorčnih ploskev do takrat, ko bi se dosegla zadovoljiva točnost cenilk (Kovač in Mali, 2022). Priporočeno minimalno število ploskev za posamezni podrazred kategorije travinje, ki ostane travinje, je prikazano spodaj (preglednica 4).

Preglednica 4: Stari in novi razredi travinja z lesnato vegetacijo

Razred (stari) in koda	Podrazred (Kovač in sod., 2021) in koda	Minimalno število vzorčnih ploskev
Kmetijsko zemljišče v zaraščanju (1410)	Zaraščajoče se travniške in pašniške površine (232)	42

Drevesa in grmičevje (1500)	Krajinska linijska drevesna struktura (233)	41
Kmetijsko zemljišče, poraslo z gozdnim drevjem (1800)	Travniki, pašniki s skupinami gozdnega drevja in grmičevja (231)	30

4.3.2 Mineralna tla

Podobno kot v primeru njivskih površin predlog za vzorčenje zaloga ogljika v tleh na travinju, ki ostane travinje, povzemamo po zgoraj omenjeni študiji (Vrščaj in sod., 2019). Stalne vzorčne ploskve naj se vzpostavijo na sistematični mreži 1 km x 1 km, in sicer le na trajnem travinju, torej na travnikih brez lesnate vegetacije. Na travnikih z lesnato vegetacijo se vrednosti organske snovi v tleh precej spreminjajo, zato bi bilo za zaznavanje sprememb v zalozah ogljika potrebno večje število ploskev. V omenjeni študiji so predlagali 90 lokacij za stalni monitoring na travinju, pri čemer so bila pri izboru teh lokacij upoštevana enaka merila kot pri njivskih površinah (pedosekvenca, podnebni tip itn.). Časovni presledek (interval) vzorčenja na bo enak kot na njivskih površinah (tj. 5 let). Lokacije stalnih vzorčnih ploskev na travinju so prikazane na sliki 3.

4.4 Mokrišča, ki ostanejo mokrišča

4.4.1 Mineralna in organska tla

Slovenija nima svoje opredelitve mokrišč, ampak je opredelitev prevzela po Ramsarski konvenciji, ki podaja naslednjo razlago: Mokrišča so območja močvirij, nizkih barij, šotišč ali vode, naravnega ali umetnega nastanka, stalna ali občasna, s stoječo ali tekočo vodo. Voda je sladka, polslana ali slana, vključno z območji obalnega morja, kjer voda ob osekah ne presega globine šest metrov (Wetman, 2022). Z vidika poročanja v sektorju LULUCF so merodajne le antropogene emisije, kar pomeni, da naravnih emisij, ki izhajajo na primer iz visokih barij, ni potrebno poročati. Ne glede na to se zdi pomembno, da se v Sloveniji pridobi tudi ocena iz tipičnih mokrišč, kjer ni vpliva človeške dejavnosti oziroma gospodarjenja.

Vzpostavitev stalnih vzorčnih ploskev na mokriščih, ki ostanejo mokrišča, predlagamo na Ljubljanskem barju in Cerkniškem jezeru. Prvo je primer gospodarjenega mokrišča, kjer se izvaja kmetijska dejavnost, poleg tega pa je celotno območje drenirano, saj je bil v preteklosti oblikovan sistem primarnih, sekundarnih in terciarnih jarkov. Drugo pa je primer presihajočega jezera, ki je mednarodno pomembno mokrišče, vključeno v Ramsarsko območje, kjer se izvaja košnja. Na teh dveh območjih predlagamo, da se vzpostavijo stalne ploskve na 25 lokacijah, pri čemer naj bo 20 ploskev na mineralnih tleh in 5 ploskev na organskih tleh (tj. histosolih). Merila izbora ploskev naj upoštevajo predlagano metodologijo (Vrščaj in sod., 2019).

Glede na oceno podnebnih sprememb v Sloveniji za prihodnje (Bertalanič in sod., 2018) predlagamo, da se dodatno vzpostavi še 25 stalnih vzorčnih ploskev. S tem bomo pridobili

referenčno oceno zaloge ogljika v tleh mokrišč, kjer ni človekovega vpliva. Predlagamo, da se stalne vzorčne ploskve vzpostavijo za naslednje značilne kategorije mokrišč: 10 ploskev na visokih barjih (npr. poključka in pohorska barja), 10 ploskev v poplavnih gozdovih (npr. Krakovski gozd, Murska šuma) in 5 ploskev na nizkih barjih (npr. Bloke, Zelenci).

4.5 Naselja, ki ostanejo naselja

4.5.1 Mineralna tla

Predlagamo, da se stalne vzorčne ploskve v naseljih, ki ostanejo naselja, vzpostavijo na podzorcju ploskev, ki so bile uporabljene za določitev zelenih površin v naseljih (Kobler, 2021). Za ta namen je bilo na celotnem ozemlju Slovenije v naseljih naključno izbranih 1000 kvadrantov velikosti 50 m x 50 m. Od teh je bilo 882 kvadrantov takih, ki so imeli zelene površine. Na 25 takih kvadrantih predlagamo vzpostavitev stalnih ploskev za vzorčenje ogljika v tleh, pri čemer naj bo 10 ploskev na zelenicah, 10 na vrtovih in 5 v parkih oziroma na urbanih zelenih površinah, kjer je tudi drevnina (npr. Tivoli).

5. Viri

Arrouays D. in sod. 2018. Soil sampling and preparation for monitoring soil carbon. *International Agrophysics*, 32: 633–643.

Bellassen V., Angers D., Kowalczewski T., Olesen A. 2022. Soil carbon is the blind spot of European national GHG inventories. *Nature Climate Change*, 12: 324–331.

Bertoncelj in sod., 2021. CRP projekt V4-1813: vzpostavitev sistema vzorčnih kmetij za namen stalnega spremljanja kazalcev trajnostnega kmetijstva. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.

Bertalanich in sod. 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.

Brus D. J., de Groot J. J. 2011. Design-based Generalized Least Squares estimation of status and trend of soil properties from monitoring data. *Geoderma*, 164: 172–180.

FAO. 2020. Technical specifications and country guidelines for Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). Rome.

Grüneberg E., Ziche D., Wellbrock N. 2014. Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Global Change Biology*, 20: 2644–2662.

IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Hayama, Kanagawa, IGES.

Kolmanič A., Žnidaršič Pongrac V., Verbič J. 2021. Dolgoročni učinek različnih kmetijskih praks na zaloge organskega ogljika v njivskih tleh. V: *Novi izzivi v agronomiji 2021: zbornik simpozija*. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R., Stanjko D., Šantavec I. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 12–18.

Kobal M., Eler K., Simončič P., Kraigher H. 2014. Ocena sprememb organske snovi v tleh na ploskvi Brdo glede na različne scenarije podnebnih sprememb z uporabo modela Yasso07. *Acta Silvae et Ligni*, 103: 21–34.

Kobler A. 2021. Estimating green areas within settlements. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije (nepublicirano).

Kovač M., Simončič P. 2017. Trideset let (1985-2015) spremljanja stanja gozdov v Sloveniji. V: *30 let spremljanja stanja gozdov v Sloveniji*. Vilhar U., Žlindra D. (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 8–10. <http://doi.org/10.20315/SFS.156>.

Kovač M. 2021. Fotointerpretacijski priročnik za klasificiranje pokrovnosti in rabe tal v skladu z nomenklaturjo. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Kovač M., Mali B. 2022. Metodologija za spremljanje stanja in sprememb pokrovnosti/rabe tal ter ocene ogljika po komponentah. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Körschens M. in sod. 2012. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. *Archives of Agronomy and Soil Science*: 1–24.

Liski J., Palosuo T., Peltoniemi M., Sievänen R. 2005. Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling*, 189: 168–182.

Mali B., Žižek Kulovec L., Simončič P. 2015. Monitoring emisij toplogrednih plinov zaradi rabe tal, spremembe rabe tal in gozdarstva in njegova prihodnost. V: *Monitoring v gozdarstvu, lesarstvu in papirništvu: Zbornik povzetkov znanstvenega srečanja Gozd in les*. Kraigher H., Humar M. (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 75–78.

Mali B., Marinšek A., Žlindra D., Simončič P., Bergant J., Šinkovec M., Mežič P., Vrščaj B., Zupan M., Grčman H. 2016a. Izdelava pilotnega vzorčenja tal za oceno zalog ogljika na kmetijskih zemljiščih. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Kmetijski inštitut Slovenije, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

Mali B., Simončič P., Skudnik M., Kobler A., Bergant J., Verbič J. 2016b. Izhodišča za izboljšanje metodologije poročanja o emisijah toplogrednih plinov v povezavi z rabo tal, spremembo rabe tal in gozdarstvom. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mali B., Grah A., Skudnik M., Kobler A. 2017. Vzorčenje in ocena zalog ogljika v nadzemni lesni biomasi na kmetijskih zemljiščih v letu 2017. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mali B., Grah A., Žlindra D., Marinšek A., Kozamernik E. 2018. Vzorčenje in ocena zalog ogljika v odmrli organski snovi in nadzemni lesni biomasi na kmetijskih zemljiščih v letu 2018. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mali B., Kušar G. 2021. Predhodno vrednotenje obstoječih modelov za simuliranje zalog ogljika. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Marinšek A., Žlindra D., Ferlan M., Kozamernik E., Mali B., Hladnik J., Simončič P. 2022. Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Mäkipää R., Häkkinen M., Muukkonen P., Peltoniemi M. 2008. The costs of monitoring changes in forest soil carbon stocks. *Boreal Environmental Research*, 13: 120–130.

Mekinda Majaron T., Logar M., Mali B., Verbič J., Česen M., Pečni Ž., Kušar G., Tolar Šmid V., Simonič B. Slovenia's national inventory report 2022: GHG emissions inventories 1986-2020: submitted under the United nations framework convention on climate change. Ljubljana, Ministry of the Environment and Spatial Planning, Slovenian Environment Agency. <https://unfccc.int/documents/461953>.

Miličič, V., Udovč, A. 2012. Uporabnost prostorskih podatkov kmetijskega sektorja za analize sprememb rabe kmetijskih zemljišč na primeru izbranega območja varovanja narave v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 56: 83–104.

Nastran M., Žižek Kulovec L. 2014. (Ne)usklajenost uradnih prostorskih evidenc pri ugotavljanju krčitve gozdov v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 58: 724–745.

Nielsen O.K. in sod.. 2012. Denmark's National Inventory Report 2012. Emission Inventories 1990-2010 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change 1990-2008. National Environmental Research Institute, Aarhus.

Pravilnik o evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. 2008. Ur. l. RS, št. 122/08.

Simončič P., Kušar G., Kovač M. 2009. Monitoring gozdov in gozdnih ekosistemov kot merilo okoljskih vplivov. *Gozdarski vestnik*, 67: 322–332.

Simončič P., Rupel M., Kovač M. 2011. Spremljanje stanja gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 69: 259–262.

Skudnik M., Grah A., Guček M., Kušar G., Pintar A.M., Pisek M., Planinšek Š., Poljanec A., Žlogar J. 2021. Nacionalna gozdna inventura – Interna navodila za terensko delo – Verzija 1. 4. 2021. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije.

Skudnik M., Hladnik D. 2018. Predlog o organiziranju nacionalne gozdne inventure za mednarodno in domače poročanje o trajnostnem gospodarjenju z gozdovi. *Gozdarski vestnik*, 76: 319–331.

Šifrer M. 2007. Vpliv gnojenja poljščin z organskimi gnojili in mineralnim dušikom v poskusih IOSDV Rakičan in Jable na spremembo kislosti tal. Diplomsko delo. Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo. Ljubljana, samozal.

Šinkovec M., Bergant J., Vrščaj B., Mali B., Marinšek A., Voglar G. E., Žlindra D., Simončič P., Mihelič R., Turniški R., Zupan M., Grčman H. 2020. Vzorčenje v tleh in v lesnih ostankih iz trajnih nasadov za oceno zalog ogljika na kmetijskih zemljiščih v letu 2019. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, Gozdarski inštitut Slovenije; Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.

Tajnšek A. 2003. Vsebnost humusa in nekatere fizikalne lastnosti tal v odvisnosti od gnojenja z organskimi gnojili in dušikom v IOSDV Jablje in IOSDV Rakičan. V: Tajnšek A., Čeh B., Kocjan Ačko D (ur.). Deset let trajnih poskusov IOSDV v Sloveniji, Jablje in Rakičan 1933–2003. Zbornik posveta. Slovensko agronomsko društvo: 7–22.

Urbančič M., Kutnar L., Kralj T., Kobal M., Simončič P. 2009. Rastiščne značilnosti trajnih ploskev slovenske 16 x 16-kilometerske mreže. *Gozdarski vestnik*, 67: 1–32.

Uredba LULUCF. 2018. Uredba (EU) 2018/841 Evropskega parlamenta in Sveta vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva v okviru podnebne in energetske politike do leta 2030 ter spremembi Uredbe (EU) št. 525/2013 in Sklepa št. 529/2013/EU. Uradni list EU, L 156.

Vilhar U., Zupin R., Diaci J. 2017. Primerjava padavin na ploskvah intenzivnega monitoringa gozdov v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 75: 59–74.

Vernik T. 2014. Spremljanje vsebnosti organske snovi v kmetijskih tleh v Sloveniji. Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

Vrščaj B., Mali B., Muršec M., Bergant J., Žlindra D., Čebin A., Kastelic P., Rekič K., Marinšek A., Šinkovec M. 2019. Spremljanje zalog ogljika v kmetijskih in gozdarskih rabah tal za potrebe poročanja o nacionalni bilanci ogljika. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije.

Wetman. 2022. O mokriščih. <http://www.wetman.si/dodatne-informacije/o-mokriscih>.

Žižek Kulovec L., Planinšek Š., Skudnik M., Hladnik D., Kobal M., Okršlar G., Žlindra D., Simončič P. 2013. Zaključno poročilo naloge Javna okoljska služba 2012. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije. <http://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=7109>.