



Kmetijski inštitut Slovenije
Agricultural Institute of Slovenia

EROZIJA v Sloveniji

Kratka predstavitev in ocena
pomembne degradacije tal

Oktober 2020

Zahvale

Publikacija *Erozija v Sloveniji* je bila pripravljena v okviru javnega naročila Izdelava karte erozije Republike Slovenije na kmetijskih tleh, ki ga je naročilo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Organ upravljanja, določen za izvajanje Programa razvoja podeželja 2014–2020, je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO**



PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA

Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje



Naročniku se zahvaljujemo za podporo in pomoč pri izvajanju naloge.

O publikaciji

Avtorji: dr. Borut Vrščaj, Janez Bergant, Peter Kastelic,
Marjan Šinkovec

Urednik: dr. Borut Vrščaj

Prispevali so še: dr. Sašo Petan, mag. Tomaž Poje in
Geza Grabar

Fotografija na naslovnici: Geza Grabar

Oblikovanje: JR design

Lektoriranje: Leemeta

Produkcija: GEArt, 2020

Elektronska publikacija bo dostopna www.kis.si

Založil Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2020

Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in
univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=41993475

ISBN 978-961-6998-45-1 (pdf)

ALI VESTE, DA ...

- je EROZIJA naraven proces, ki ga netrajnostna obdelava tal ali napačni posegi v prostor lahko močno pospešijo?
- je EROZIJA na petih od sedmih celin najpomembnejša oblika degradacija tal?
- EROZIJA neposredno in bistveno zmanjša/poslabša ekosistemske storitve?
- so uspešni protierozijski ukrepi precej preprosti?
- je v Sloveniji največja EROZIJA v trajnih nasadih, pomembno manjša na njivah in najmanjša na travinju?



Slika 1: Erozijski na njivi po spomladanskem dežju (foto B. Vrščaj)

Erozijski na njivi v Hočah pri Mariboru je nastala spomladi po krajših, toda intenzivnih padavinah marca 2013. Na teksturno težkih, meljastih, slabo prepustnih in deloma hidromorfnihih tleh (pobočni psevdoglej) je oblikovala jarke, ki so bili na nekaterih mestih globoki tudi do 40 cm. Fine talne delce je površinski tok vode odnesel v odvodne jarke in nato v Hočki potok.

O EROZIJI

Erozija tal je naraven geomorfen proces sproščanja in odnašanja tal. Zaradi delovanja človeka je lahko močno pospešena in nekajkrat večja kot v naravnih razmerah.

Erozija (vodna, vetrna ter erozija obdelave tal) je še vedno največja grožnja tlom v več regijah sveta. Merjenje erozije je časovno, stroškovno in organizacijsko zahteven proces, zato tveganje za erozijo in njeno intenzivnost najpogosteje ocenjujemo z računskimi modeli. Globalne in regionalne ocene erozije se zelo razlikujejo v skladu z uporabljeno metodo. Splošne ocene povprečne erozije tal na njivskih površinah so bistveno višje (od 8 do skoraj 50 t ha⁻¹ leto⁻¹) kot ocene iz regionalnih in globalnih modelov (od 2 do 4 t ha⁻¹ leto⁻¹). Vsako oceno erozije je treba vrednotiti skladno s sprejemljivo stopnjo izgube tal.¹

Ocene posledic erozije kažejo na 0,4-odstotno zmanjšanje količin pridelkov, kar ob naraščajočem svetovnem prebivalstvu ni zanemarljiva količina. Pomembno je tudi, da erozija tal vpliva na zmanjšanje oz. slabšanje ekosistemskih storitev in povzroča gospodarsko škodo v več sektorjih. Zato erozija ni le kmetijski, temveč tudi okoljski problem s pomembnimi gospodarskimi posledicami.

Ta knjižica naslavlja predvsem erozijo na kmetijskih zemljiščih. Znano je, da erozijo kmetijskih tal lahko zmanjšujemo s prilagojeno obdelavo tal, strukturnimi spremembami zemljišč in preoblikovanjem kmetijskih površin. Ukrepi, kot so ohranitvena in pasovna obdelava tal, pokritost zemljišč, sajenje nizov dreves in grmovja, terasiranje in drugo, so dokazano učinkoviti. Kljub temu se eroziji posvečamo še premalo. Ta publikacija predstavlja oceno erozije v Sloveniji po metodi RUSLE in primere erozije iz našega kmetijskega prostora.

dr. Borut Vrščaj

¹FAO. 2019. *Soil erosion: the greatest challenge to sustainable soil management*. Rome. 100 pp.

Enačba RUSLE

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) je matematični model, ki ga za ocenjevanje erozije najpogosteje uporabljamo takrat, ko ni na voljo natančnih in dolgoletnih merjenih podatkov o količinah erodiranih tal na standardnih poskusnih ploskvah.

Z RUSLE ocenjujemo izdatnost erozije na podlagi glavnih erozijskih dejavnikov: izdatnosti, intenzivnosti in trajanja padavin, občutljivosti tal za erozijo, nagiba in dolžine pobočij, rabe in pokrovnosti tal ter varovalnih/protierozijskih ukrepov oz. kmetijske agrotehnikе.

Enačba 1: Osnovna enačba za skupino modelov RUSLE:

$$RUSLE: Er = Rf * Kf * Lf * Sf * Cf * Pf$$

Kjer je:

Er = erozija – povprečna letna količina erodiranih tal na enoto površine ($t\ ha^{-1}\ leto^{-1}$)

Rf = faktor erozivnosti padavin ($MJ\ ha^{-1}\ mm\ h^{-1}\ leto^{-1}$)

Kf = faktor erodibilnosti tal ($t\ ha^{-1}\ h^{-1}\ MJ^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$)

Lf = faktor dolžine pobočja (brez enot)

Sf = faktor nagiba pobočja (brez enot)

Cf = faktor pokrovnosti in rabe tal (brez enot)

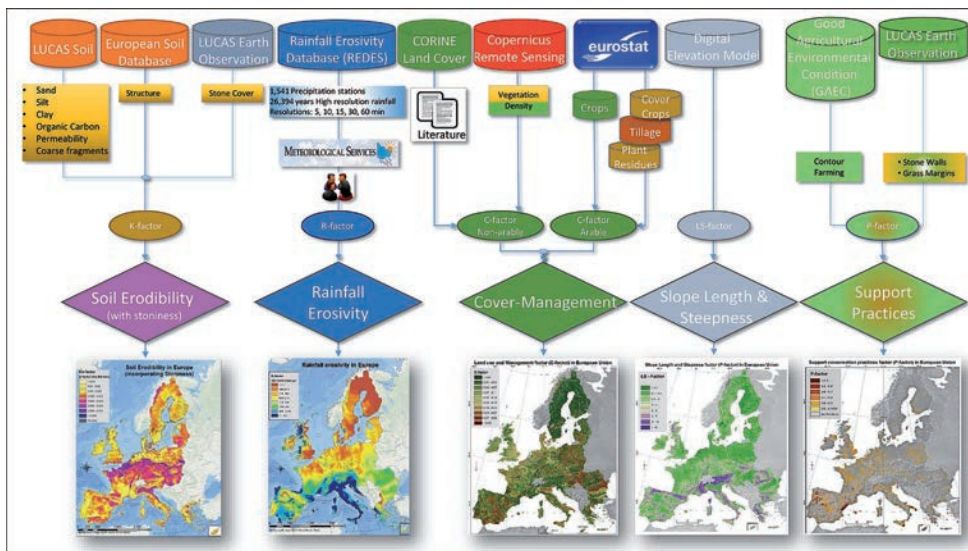
Pf = faktor zaščitnih ukrepov (brez enot)

RUSLE

Universal Soil Loss Equation (USLE, 1965) je empirični model, ki se uporablja za oceno izgub tal zaradi vodne erozije ($t\ ha^{-1}$) na zemljišču z znanim padavinskim režimom, rabo tal (pokrovnost/vegetacija/kmetijske kulture), tipom tal, reliefom in prakso upravljanja. Model so razvili na US National Runoff and Soil Loss Data Center na več 10.000 letnih meritvah erozije na standardiziranih ploskvah na 49 poskusnih lokacijah v različnih pedoklimatskih razmerah ZDA. USLE in sodobnejši modeli so najpomembnejše orodje za ocenjevanje erozije in usmerjanje protierozijskih in varovalnih ukrepov v ZDA in po svetu.

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE, 1978) je skupina sorodnih erozijskih modelov (RUSLE2, MUSLE), ki je nadgradnja izvorne Universal Soil Loss Equation (USLE). RUSLE temelji na enaki enačbi, v kateri so nekateri erozijski faktorji zelo izboljšani. RUSLE2015 (Panagos, 2015) je modificirana verzija modela RUSLE za izdelavo ocene izgube tal v Evropi, za referenčno leto 2010, v katerem so vhodni faktorji (erozivnost padavin, erodibilnost tal, pokrovnost in raba tal, topografija ter prakse obdelave tal) modelirani z najnovejšimi dostopnimi vseevropskimi podatki, z ločljivostjo 100 m (Slika 2).

Rezultati RUSLE2015 so zelo izboljšali predhodne EU-ocene erozije, ki so bile negotove zaradi pomanjkanja visoko ločljivih vseevropskih podatkov, neskladnosti vhodnih podatkov dejavnikov erozije, odsotnosti informacij o agrotehnikah in obdelavi tal ter pomanjkanja podatkov o intenzivnosti padavin. RUSLE2015 je uporabno orodje za simuliranje vplivov različnih razvojnih politik na ravni EU.



Slika 2: Model ocene erozije za območje držav EU (vir Panagos in sod., 2015)

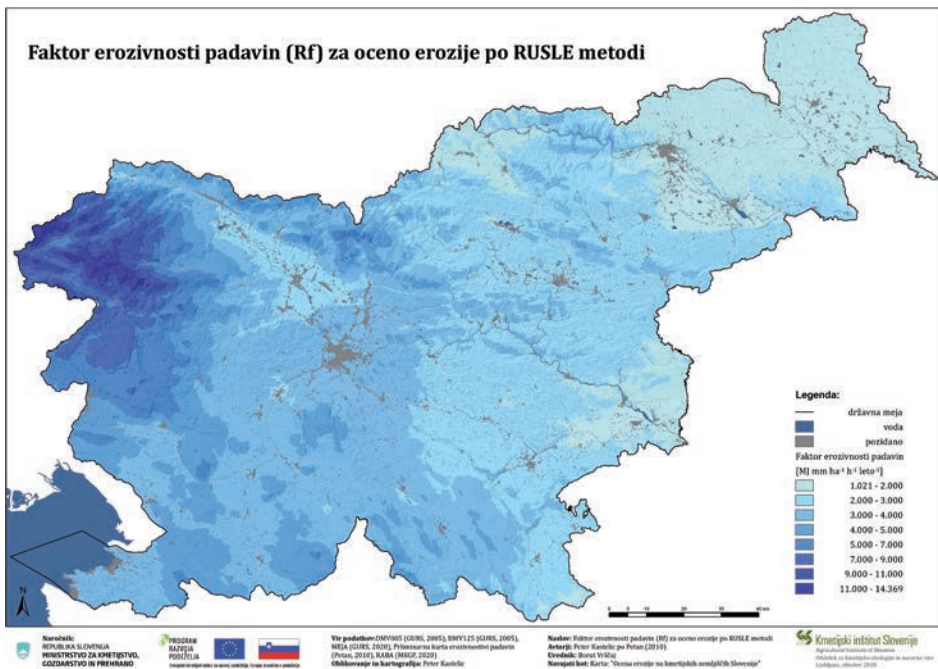
Ocena erozije po metodi *RUSLE15*, ki so jo zasnovali na *JRC ESDAC*, temelji na kompleksnem in raznovrstnem podatkovnem modelu in je dober primer integracije obsežnih in po nastanku različnih baz podatkov Evrope. Najpomembnejše podatke o lastnostih tal (deleži teksturnih frakcij, vsebnost organske snovi, propustnost tal in deleži skeleta) so zajeli v bazah merjenih podatkov *LUCAS*, strukturo tal na pedološki karti Evrope (*European Soil Database 1 : 1 M*), različne rabe oz. pokrovnost tal pa v *Corine Land Cover 1 : 100.000*. Za ugotavljanje vegetacije so integrirali podatke, pridobljene z daljinsko zaznavo (*Copernicus*), ter uporabili različne statistične podatke o kmetijskih kulturah, vrstah obdelave tal, ravnanju z rastlinskimi ostanki itd.

OCENA VODNE EROZIJE V EU IN SLOVENIJI PO METODI RUSLE

V okviru EC Joint Research Centre (JRC), European Soil Data Centre (ESDAC), so opravili modeliranje erozije in leta 2015 objavili obsežno oceno erozije za večino držav EU oz. precejšen del celine (Panagos in sod, 2015).

Rezultati modeliranja erozije kažejo, da je Slovenija po eroziji na letni ravni na drugem mestu med članicami EU s povprečno 7,43 t/ha/leto erodiranih tal v vseh rabah tal. V objavi pojasnjujejo, da je stopnja erozije v Sloveniji visoka zaradi velike erozivnosti padavin ter strme topografije. Višjo povprečno letno stopnjo erozije ima Italija (8,46 t/ha), medtem ko je Avstrija s 7,19 t/ha na tretjem mestu. Za njivske površine Slovenije je ocenjena 4,63 t/ha leto. Med regijami imajo Obalno-kraška, jugovzhodna Slovenija in Savinjska stat. regija povprečno letno stopnjo erozije 10–20 t/ha – znova med višjimi v EU. Pet regij zahodne Slovenije ima ocenjeno erozijo med 5 in 10 t/ha; Posavska, Podravska in Pomurska pa 2–5 t/ha. Vsekakor gre za številke, ki občutno presegajo ocene slovenske stroke in splošno mnenje o intenzivnosti erozije v Sloveniji.

Ob teh vrednostih je treba razmisliti o tem, da je v modelu kontinentalnega merila težko upoštevati specifičnosti erozijskih dejavnikov v posameznih državah. V Sloveniji med posebnosti štejemo med drugim relativno erozijsko dobro odporna glinasta, toda prepustna pokarbovatna tla, velik delež pokritosti z gozdovi, drobno posestno strukturo kmetijskih zemljišč in druge dejavnike. Zaradi takih in podobnih razlogov so do EU-ocen erozije v nekaterih državah skeptični. Kljub temu, in ker drugih primerljivih podatkov o eroziji ni na voljo, se ESDAC-ocene erozije pojavljajo v nekaterih uradnih dokumentih in publikacijah EU.



Slika 4: Izris podatkov faktorja R (Rf) – erozivnosti padavin (vir podatkov: Petan, 2010)

Karta prikazuje povprečno izdatnost, kinetično energijo in čas trajanja padavin, ki se kažejo kot erozivnost padavin – ključni dejavnik, ki je vzrok vodne erozije na vseh vrstah rabe tal.

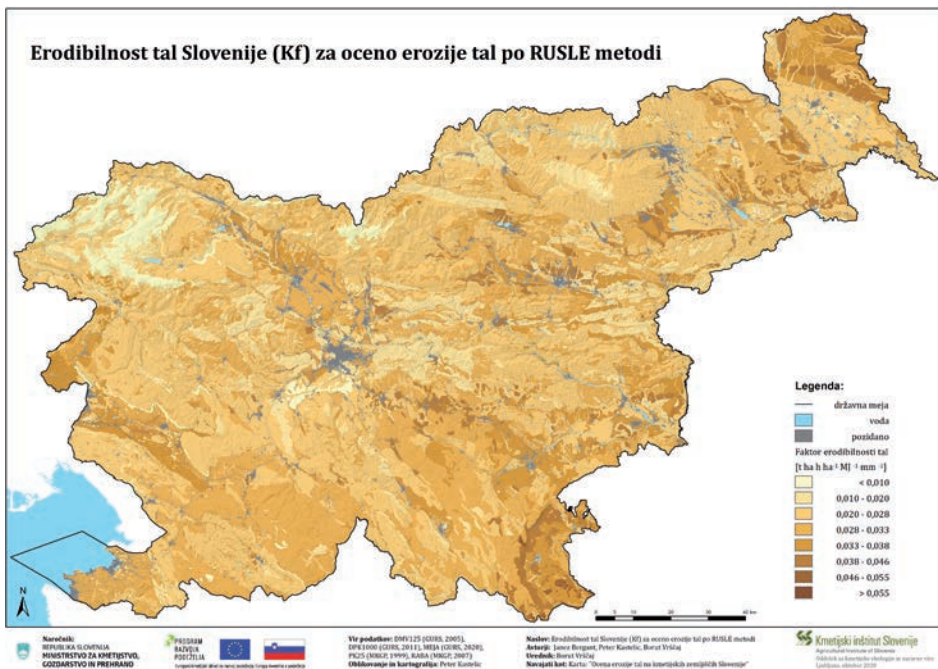
Rf - faktor erozivnosti padavin

Erozivnost padavin je kinetična energija udarca dežne kaplje ob tla in stopnja pripadajočega površinskega odtoka vode. V splošnem jo določajo a) intenziteta in časovna razporeditev dežja [mm h^{-1}], b) kinetična energija dežnih kapljic, njihova razporeditev, velikost in hitrost padanja in c) čas trajanja padavinskega dogodka. Erozivnost padavin je bistven dejavnik erozije, saj neposredno vpliva na odvajanje delcev tal oz. razgradnjo strukturnih agregatov ter odplavljanje talnih delcev.

Faktor R [$\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{leto}^{-1}$] je večletni povprečni indeks erozivnosti padavin, ki meri kinetično energijo, potrebno za odvajanje talnih delcev s strukturnih agregatov, in intenzivnost padavin. Opisuje učinek padavin in s tem izdatnost površinske in žlebičaste erozije tal. Erozivnost padavin izračunamo tako, da kinetično energijo pomnožimo z največjo intenzivnostjo dežja v 30 minutah za vsak dežni dogodek. Rf torej označuje večletna povprečja akumuliranih vrednosti erozivnosti padavin posameznih dežnih dogodkov. Rf lahko verodostojno ocenimo z natančnim beleženjem padavin v kratkih časovnih intervalih (1–60 minut) v vsaj nekaj letih.

Za izdelavo karte erozije tal na območju Slovenije smo uporabili podatke preliminarne karte erozivnosti padavin (Petan, 2010). Karto je izdelal na podlagi meritev 31 pluviografskih merilnih mest ARSO z vsaj 10-letnim nizom podatkov med letoma 1999 in 2008 in dopolnil s podatki 13 padavinskih postaj ARSO z dnevним beleženjem količine padavin.

Minimalni faktor Rf v Sloveniji je 1.021, povprečni približno 3.390 in maksimalni 14.369 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{leto}^{-1}$.



Slika 5: Erodibilnost tal (Kf) Slovenije

Izris faktorja erodibilnosti tal K prikazuje območja tal, bolj ali manj občutljivih za erozijo. Višja erodibilnost tal je prisotna na območjih pretežno oreškastih evtričnih rjavih tleh Goriških brd, Vipavske doline, slovenske Istre, Goričkega, Slovenskih goric, Kozjanskega, na spranih pokarbonskih in evtričnih tleh Dolenjske in Bele krajine ter distričnih rjavih tleh Škofjeloškega hribovja, Pohorja in deloma Savinjske doline in Koroške.

Kf - faktor erodibilnosti tal

Kf je faktor občutljivosti/dovzetnosti tal za vodno erozijo, tj. odnašanje površinskih talnih delcev, manjših od 2 mm, z vodo. Erozijski proces zajema razpad strukturnih agregatov tal ob hkratni slabi propustnosti tal in se kaže v povečanem površinskem odtoku ter odnašanju talnih delcev. Kf je odvisen predvsem od teksture, strukture, vsebnosti humusa, bazičnih kationov in drugih lastnosti tal, ki določajo kohezivnost strukturnih agregatov, ter od propustnosti tal. Kf [$t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$] merijo na standardnih poskusnih površinah (dolžina 22,1 m, 9-odstotni nagib) ob standardnih pogojih (neporaslo, konvencionalna obdelava tal). Meritve Kf so drage in dolgotrajne.

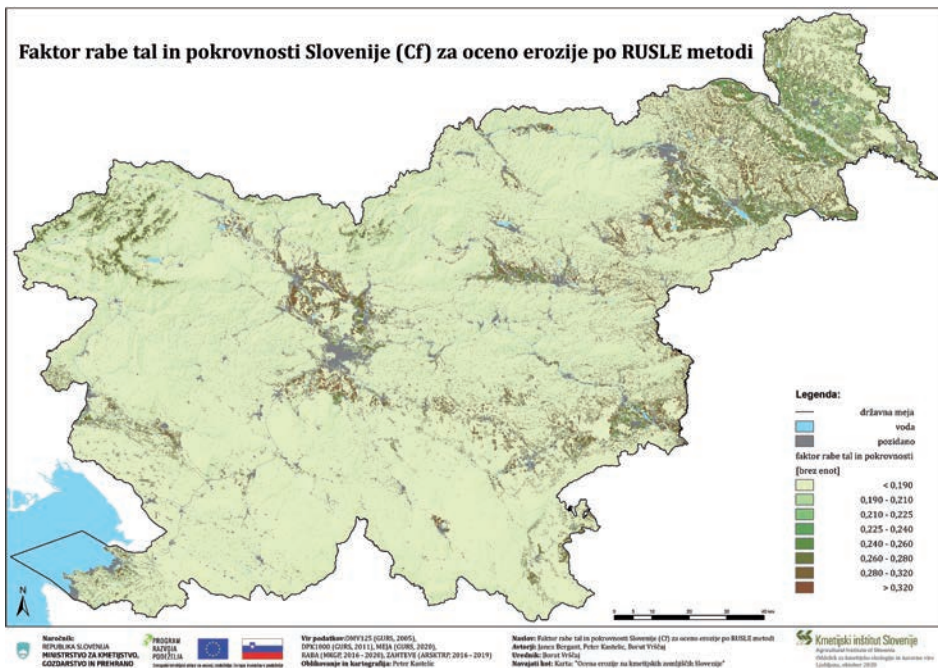
Erozijsko bolj odporna in nizko erodibilna tla imajo nižji Kf. Taka so glinasta tla z večjo kohezivnostjo ($Kf \sim 0,007 - 0,020$) in peščena tla, sicer slabše kohezivnosti a večje propustnosti ($Kf \sim 0,007 - 0,026$). Ilovnata tla so zmerno občutljiva za erozijo ($Kf \sim 0,033 - 0,53$). Tla z visoko vsebnostjo melja so najbolj dovzetna za erozijo ($Kf \sim > 0,053$), se hitro zaskorjijo in imajo izdaten površinski odtok.

Ker Kf v Sloveniji sistematično ne merimo, smo izračunali Kf za talne tipe pedološke karte Slovenije 1 : 25.000 (PK25) iz merjenih podatkov pripadajočih reprezentativnih talnih profilov na podlagi povprečne vsebnosti organske snovi (os), teksturnega faktorja (tf), glin (g), peska (p), do globine 20 cm tal ter strukturnega razreda tal (sr) in razreda propustnosti tal (pr).

$$Kf = [\{2,1 \times 10^{-4} \text{tf}^{1,14} (12 - \text{os}) + 3,25 (\text{sr} - 2) + 2,5 (\text{pr} - 3)\} / 100] * 0,1317$$

(po Wischmeier in Smith (1978) ter Renard in sod. (1997))

Kf smo prostorsko opredelili v okviru meja talnih kartografskih enot PK25.



Slika 6: Razporeditev C faktorja (Cf) rabe in pokrovnosti tal Slovenije

Prikaz Cf območja Slovenije sledi rabi prostora in uveljavljenim ukrepom PRP, ki pripomorejo k zmanjšanju erozije. Vrednosti se gibljejo med 0 in 0,38 s povprečjem 0,039 pri čemer so najnižje vrednosti na gozdnih območjih (Cf = 0,001); medtem ko so jasno vidna večja in manjša območja različnih rab kmetijskih zemljišč z višjimi vrednostmi. Npr. v Brdih so to predvsem trajni nasadi, v Vipavski dolini in Slovenski Istri gre za preplet vrst kmetijskih rab, na Dravsko Ptujskem polju in Prekmurju prevladujejo srednje vrednosti Cf zaradi dominantne njivske rabe. V Slovenskih goricah je Cf spet visok zaradi pomembnega deleža vinogradov.

Cf – faktor rabe in pokrovnosti tal

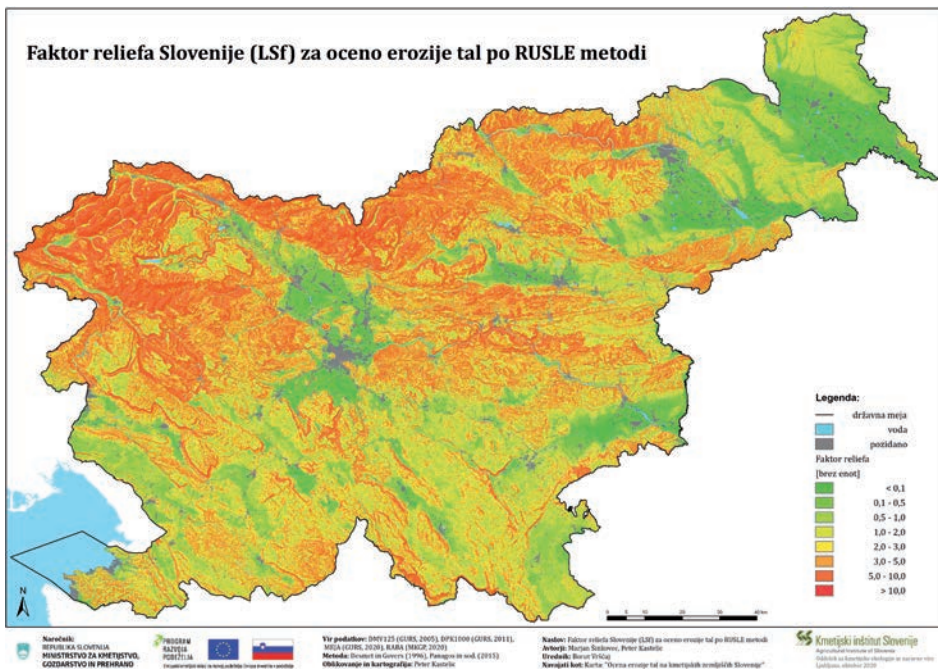
Faktor C (brez enote) opredeljuje vplive rabe tal, pokrovnost tal in povezane kmetijske prakse na zmanjšanje erozije tal (delno) ter izraženost in izdatnost erozijskih procesov na zemljišču. Cf je kvantitativen kazalnik skupnih vplivov pokrovnosti/rabe in kmetijskih praks v primerjavi z referenčnimi pogoji (zemljišče z golimi tlemi, orano vzdolž nagiba pobočja, vrednost Cf = 1). Višja ko je vrednost faktorja, bolj je izražen učinek erozije.

Cf je z vidika možnih ukrepov za zmanjševanje erozije najpomembnejši dejavnik, saj ga je možno uravnavati prek dobrih kmetijskih praks in ukrepov kmetijske politike, ki zmanjšujejo nevarnost in razsežnost pojava erozije.

Izdelan je tako, da smo najpogostejšim njivskim kulturam iz podatkov zahtev (ARSKTRP, 2016–2019) pripisali referenčne vrednosti Cf iz literature. Enako smo storili za vse vrste rabe tal (MKGP, 2016–2019). Skupni Cf smo združili iz faktorja Cf za rastlino (*Cfrastlina*) in Cf za rabo tal (*Cfraba*). Upoštevali smo tudi kmetijske prakse, ki pripomorejo k zmanjševanju erozije – ohranitvena obdelava tal, setev rastlin za podor, ozelenitev njivskih površin, neprezimni medonosni posevki na njivah ter pokritost v medvrstnem prostoru v sadovnjakih, vinogradih in hmeljiščih.

Končni Cf smo izračunali kot povprečje Cf iz let 2016–2020.

V Sloveniji zaradi gozda prevladuje nizek Cf z vrednostjo 0,001. Na kmetijskih zemljiščih je Cf v povprečju najnižji na travinju (0,049), na njivah v odvisnosti od rastline zelo variabilen v povprečju pa (0,255), int. sadovnjakih (0,123) ter visok v oljčnikih (0,179) in v vinogradih (~ 0,225).



Slika 7: Karta faktorja Lsf Slovenije v celoti kaže hribovitost Slovenije

Vir podatkov izdelave Lsf je digitalni model višin v ločljivosti 12,5 m: Zelena obarvana območja so ravne površine in območja blagih nagibov, rumena so pobočja s srednjim Lsf (~ 2 - 5) in rdeča z dolgimi in strmimi ali zelo strmimi pobočji z visokimi vrednostmi Lsf (> 5). Na karti so obarvana tudi območja nagibov > 26° (visokogorja in prepadna pobočja), kjer Lsf ni v celoti relevanten.

LSf – faktor reliefa

Faktorja dolžine pobočja (Lf) in nagiba pobočja (Sf) sta v RUSLE navadno združena kot faktor LS, ki pomeni skupen učinek topografije na stopnjo erozije (Van Remortel in sod., 2004). Faktor LS je torej sestavljen iz dolžine pobočja (L), ki je razdalja od točke izvora površinskega toka do točke, kjer se nagib pobočja (S) zmanjša toliko, da se a) začne odlaganje erodiranega materiala ali b) ko se tok začne koncentrirati v površinskih kanalih (Enačba 19). Lf smo izračunali po Desmet in Govers (1996).

Enačba 2: Izračun faktorja LSf po Wischmeier in Smith (1978).

$$A_i = A \frac{\tan \beta_i * W_i}{\sum_{j=1}^k \tan \beta_j * W_j}$$

kjer je: λ = dolžina pobočja (m); θ = naklon pobočja; m = (odvisno od naklona); 0,5: naklon > 5 %; 0,4: naklon med 3,5 % in 4,5 %; 0,3: naklon med 1 % in 3 %; 0,2: naklon < 1 %

Izračun Sf nagiba pobočja v vsaki celici rastrskega sloja DMV za proučevano površino smo opravili na podlagi algoritma Zevenbergen in Thorne (1987):

Enačba 3: $G_{ij} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$, kjer je G_x = nagib v smeri x (m/m); G_y nagib v smeri y (m/m)

Lf in Sf smo združili v LSf z algoritmom po Desmet in Govers (1996):

$$LS_j = \frac{S_j * (\lambda_j^{m+1} - \lambda_{j-1}^{m+1})}{(\lambda_j - \lambda_{j-1}) * (22,13)^m}$$

Kjer je -L = faktor dolžine pobočja; S_j = faktor naklona pobočja za j-segment;

λ_j = razdalja od spodnje meje j-segmenta do meje na vrhu hriba in m = eksponent dolžine faktorja USLE LS

Na podlagi navedenih in dodatnih enačb smo izdelali novit rastrski sloj LSf ločljivosti 10 m za celotno Slovenijo (Slika 7).



*Slika 8: Erozijski procesi na območju vinograda
(foto Tomaž Poje)*

Erozije v zatravljenem vinogradu kljub strmemu nagibu pobočja praktično ni. Edine erodirane površine so kolesnice prometnice.



*Slika 9: Erozijski procesi na terasah
(foto Borut Vrščaj)*

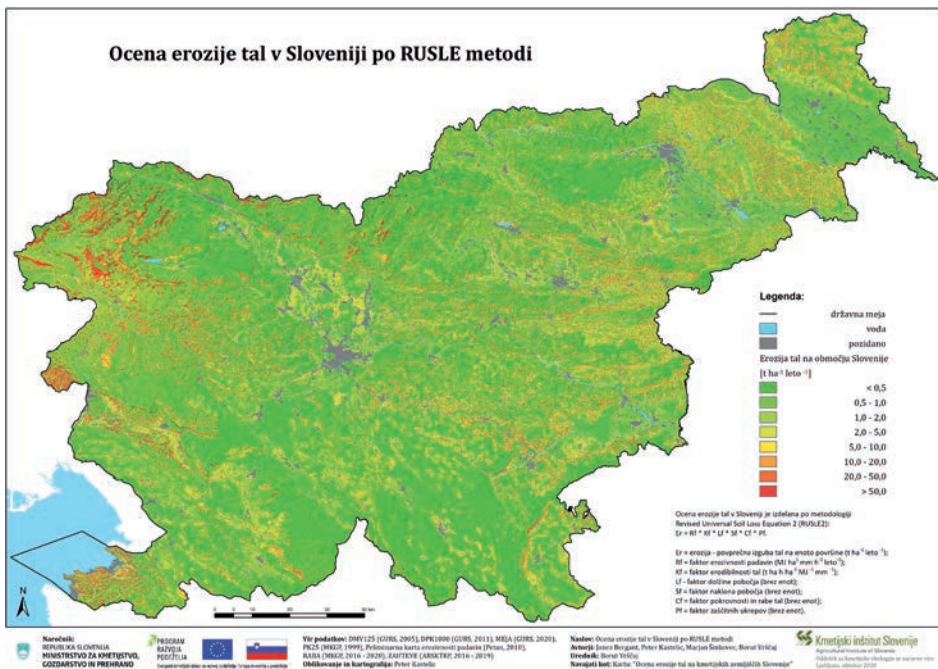
Terase učinkovito zmanjšujejo intenzivnost in posledice erozijskih procesov. Kljub temu je treba zagotoviti pravilno oblikovanost ravnih površin teras, preprečevati erozijska žarišča in utrjevati, zatraviti robove teras.

— Pf – faktor kmetijske prakse in obdelave tal —

Faktorja dobrih kmetijskih praks za zmanjševanje erozije (Pf) v našem modelu RUSLE nismo upoštevali oz. smo mu pripisali vrednost $Pf = 1$, saj podatki o terasah, mejicah, smeri oranja ipd., primerni za potrebe modeliranja erozije na ravni Slovenije, niso dostopni. Kmetijske prakse, ki zmanjšujejo oz. varujejo tla pred erozijo in so vezane na pokrovnost tal, smo upoštevali pri faktorju Cf, kjer so na voljo nekateri podatki o zahtevah (ukrepi), ki zmanjšujejo izdatnost erozije (npr. ohranitvena obdelava in ozelenitev njivskih površin ipd.).



Slika 9: Močna erozija in uničen posevek na njivi pri Strehovcih (foto Tomaž Poje).



Slika 10: Ocena stopnje erozije v Sloveniji po metodi RUSLE

Slika prikazuje logično razporeditev ocenjenih vrednosti erozije v Sloveniji. Izrazito izstopajo Goriška brda, in slovenska Istra zaradi rabe tal (vinogradi in oljčniki), zelo erodibilnih tal in reliefa; 'vence' vinogradov v Beli krajini, Vipavska dolina, Trška gora, Slovenske gorice, Haloze in posamezna pobočja SZ Slovenije. Po RUSLE gozdovi izkazujejo bistveno nižjo ali marginalno stopnjo erozije. Rezultati ocen erozije po metodi RUSLE pri nagibih > 50 % niso dovolj relevantni, čeprav so obarvani. Poleg zelo strmih pobočij je to tudi prostor visokogorja in litosolov (kamnitih tal - gole skale).

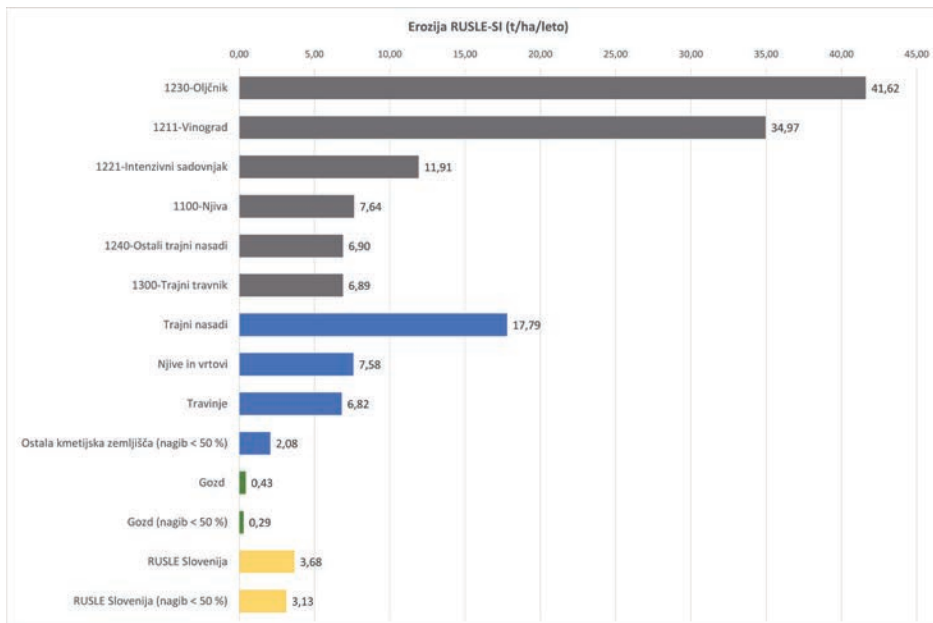
– Ocena erozije tal kmetijskih zemljišč Slovenije –

Visoka erodibilnost padavin močno prispeva k mestoma večjim stopnjam erozije na Z in SZ Slovenije. Večja erozija je nakazana v Goriških brdih ter v manjšem obsegu v Posočju zaradi kombinacije obdelave tal na položnejših in strmih pobočjih ter erodibilnosti nekaterih tipov tal. Močno erodibilna karbonatna in evtrična rjava tla so vzrok visokih ocen erozije tudi v Vipavski dolini in slovenski Istri. Terasa, ki so podprte s kamnitimi zidovi, so značilne za kulturno krajino tega prostora. So nazoren dokaz, da so protierozijske ukrepe uvajali že pred stoletji, mestoma tudi tisočletji. Ker Slovenija nima primerne prostorske evidence teras, jih model ne upošteva. Sklepamo lahko, da je erozija v modelu na teh območjih precejšnja.

Za SV Slovenijo so značilna podobno močno erodibilna rjava tla, ki imajo v vrhnjih horizontih veliko melja ter pogosto manj talne organske snovi. Kljub manj izdatnim padavinam so z visoko stopno erozije ocenjeni predvsem vinogradi in njive v Slovenskih Goricah, Kozjanskem in Goričkem. Na ravninah (Dravsko Ptujsko polje, Prekmurje) so močno erodibilna distrična rjava tla, v dolinah Pesnice, Ščavnice pa srednje erodibilna oglejena tla. Na ravninah RUSLE-SI metoda ne izkazuje višjih stopenj erozije, ki je sicer izdatna na okolišnjih gričih.

Na Dolenjskem, Notranjskem, Krasu ter deloma v Beli Krajini so pogosta rjava pokarbonatna tla na trdih apnenci in dolomitih. Večja vsebnost gline in prisotnost Ca sta pomembna dejavnika za dobro obstojno poliedrično strukturo, ki je propustna za vodo in tako razlog za manjšo erodibilnost teh tal. Obstojne terase, ki niso podprte z zidovi, so ustvarili predvsem zaradi novih njivskih površin in manj kot protierozijski ukrep.

Stopnjo erozije tal na rendzinah (najpogostejši talni tip Slovenije) RUSLE-SI metoda verjetno ocenjuje previsoko. Za ta tla je značilna višja vsebnost talne organske snovi in obstojna grudičasta in mrvičasta struktura ter pogosto debelejši humozni ali celo organski A horizonti (npr. prhlinaste rendzine). Rendzine se pojavljajo na trdih karbonatnih kamninah, ki prevladujejo v Sloveniji, najpogosteje na pobočjih in višjih legah.



Slika 11: Stopnje erozije po izbranih kategorijah kmetijske rabe tal, skupinah rabe tal, ter cele Slovenije.

Tako opazovanja na terenu kot izračuni kažejo, da so najvišje stopnje erozije prisotne v trajnih nasadih, ki jih je 2,62 % površine Slovenije, od tega največ v oljčnikih (0,12 % površine Slovenije) in vinogradih (0,88 %). Bistveno manjša je na njivskih zemljiščih (8,95 %) in travnikih (17,93 % površin). Glede na klimatske razmere (erozivnost in izdatnost padavin) in razgibanost reliefa, k relativno nizki stopnji erozije celotne Slovenije prispeva pokritost z gozdom (59,0 %).

Erozija tal Slovenije v številkah

Metoda RUSLE zanesljivo ocenjuje izdatnost erozije na reliefu z nagibi manjšimi od 50 % (< 26,6°). Ocena na večjih nagibih pa je manj zanesljiva. Tako so ocene za pomemben del območja Slovenije (17,1 %) s strmimi/prepadnimi pobočji manj zanesljive, a vseeno uporabljene.

Glede na skupine rabe kmetijskih zemljišč je erozija z naskokom izrazita v trajnih nasadih (v povprečju 17,79 t/ha), na zemljiščih z intenzivno obdelavo tal t.j. njive in vrtovi (7,58 t/ha) medtem ko je skupna erozija na vseh vrstah travinja nekoliko manjša (6,82 t/ha).

Izračuni po posamezni vrsti kmetijske rabe po pričakovanjih kažejo, da je erozija najbolj prisotna v rabah z golimi in obdelanimi tlemi. Najvišja je v oljčnikih (41,62 t/ha), vinogradih (34,97 t/ha), precej manjša v intenzivnih sadovnjakih (11,91 t/ha) in še manjša na njivah (7,64 t/ha). Za oljčnike in vinograde, in v manjši meri tudi za intenzivne sadovnjake, ocenjujemo, da so izračuni po RUSLE pretirani, ker je pomemben delež teh kmetijskih kultur na terasah. Teras v izračunih ni možno upoštevati, ker v Sloveniji ni dovolj natančnih podatkov o terasiranosti zemljišč. Podobno bi oceno erozije za te rabe zmanjšali ustrezno natančni podatki o zatravljenosti trajnih nasadov.

Na trajnih travnikih je glede na stalno pokritost tal erozija ocenjena precej visoko (6,89 t/ha), vendar je to razumljivo zaradi večjega deleža trajnih travnikov na (strmih) pobočjih.

Po pričakovanju je ocena stopnje erozije v gozdovih daleč najmanjša. Erozija je v gozdovih celotne Slovenije ocenjena precej višje (0,37 t/ha) kot erozija v gozdovih na pobočjih z nagibih < 50 % in ravninah (0,25 t/ha). K nizkim ocenam erozije prispeva tudi prepoved golosekov.

Povprečna letna erozija na območju Slovenije je ocenjena na 3,68 t/ha. Za 82,9 % slovenskega ozemlja z nagibom < 50 % na pobočjih in na ravninah pa je ocenjena na 3,13 t/ha. K relativno nizki oceni izdatnosti erozije celotne Slovenije prispeva zelo velik delež gozdov (59 %).



*Slika 12: Močna erozija na njivi
(foto Tomaž Poje)*

Ustrezna obdelava tal lahko pomembno omeji erozijo. Oranje vzdolž pobočja je v tem primeru zelo prispevalo k hudi eroziji. Prečno oranje, čeprav nezaželeno na psevdoglejih, bi posledice intenzivnega deževnega dogodka bistveno omejilo.



*Slika 13: Erozija v vinogradu: nezatravljena vrsta
(foto Tomaž Poje)*

Na tleh v zatravljenih vrstah praktično ni opaziti erozijskih procesov, medtem ko so nezatravljene vrste erodirane, nekatere bolj, druge manj.

— Erozijsko bolj in manj občutljive rabe KZ —

Intenzivnost erozije je poleg padavin (Rf), tal (Kf) in reliefa (LSf) v glavnem odvisna od rabe tal (Cf) in ukrepov upravljanja zemljišča (Pf). Najbolj občutljive vrste kmetijske rabe tal so vinogradi, njive in sadovnjaki. Manj občutljivi rabi pa sta travinje in travniški sadovnjaki. Velike razlike so tudi v okviru istih vrst rabe zaradi načina obdelave ali različne pokritosti tal.



*Slika 14: Močna erozija na njivah s tlemi z velikim deležem melja v Prekmurju (foto Geza Grabar)
Manjša vsebnost humusa, tekstura (prevladujoč melj) in način obdelave so povzročili močno erozijo vrhnjih delov parcele, odtok v vodotoke in akumulacijo na položnejšem delu njive.*



Slika 15: Kmetijske prakse oz. ukrepi na isti rabi tal lahko dobro omejijo pojav/lizdatnost erozije – primer njiv (foto Tomaž Poje)

Slika prikazuje izrazit ~ 30–40 cm globok in mestoma ~ 1 m širok erozijski jarek, ki je nastal na njivi, ki je bila preorana jeseni, a ni bila zasejana/pokrita s prezimnim posevkom. Umeščena je med njivama, na katerih je prezimni posevek uspešno zmanjšal erozijo pri podobnem nagibu in na isti vrsti tal.

— Prilagajanje in ukrepi za zmanjševanje erozije —

Primarna skupina smernic za omejevanje erozije v svetu se v prvi vrsti nanaša na spremembo rabe tal, t.j. predvsem na preprečevanju spreminjanja gozdov v kmetijske površine ter travnikov v njive (FAO, 2019). V Sloveniji takšne smernice zaradi (zelo) skromnega obsega kmetijskih zemljišč, slabe samooskrbe in strateške varnosti, velikega obsega travinja in predvsem 59 % gozdnatosti, verjetno niso ravno smiselne.

V večji meri velja uvajati drugo in tretjo skupino protierozijskih ukrepov. Druga skupina zajema predvsem varovanje površine tal, omejevanje hitrost in izdatnosti površinskega odtoka (terase, zatavljenost, itd.), zagotavljanje dobre vpojnosti ter globljo in boljšo propustnost tal (obdelava, preprečevanje zbitosti, itd.). Tretja skupina ukrepov usmerja k izboljševanju kakovosti površinskih horizontov tal. Pomembne so agrotehnike, ki povečujejo vsebnost humusa, izboljšujejo obliko in obstojnost strukturnih agregatov ter zagotavljajo primerno poroznost tal. Predvsem je to ohranitvena obdelava tal prilagojena talnim tipom, strokovno gnojenje, vzdrževanje ustrezne kislosti tal (apnjenje) in boljšega stanja talne biote. Ključni ukrep pa je zagotavljanje pokritosti tal. Ta je posebej pomembna v času poletnih neviht ter dolgotrajnih in izdatnih padavin v spomladanskem in jesenskem času.

RUSLE-SI metoda ne zajema vetrne erozije, ki se vse pogosteje pojavlja. Znana je erozija zimske burje v Vipavski dolini, ki je mestoma pomembno stanjšala tla golih njiv in tudi vinogradov. Po izjavah kmetovalcev se vetrna erozija pogosteje pojavlja tudi v Prekmurju. V takšnih območjih so zasaditve linijskih struktur dreves in grmovnic smiselni ukrepi, ki predstavljajo zaščito pred erozijo in hkrati povečanje biotske ter krajinske pestrosti.

Dobremu stanju kmetijskih tal in varovanju pred erozijo v vseh njenih oblikah je treba posvetiti večjo pozornost. V novem programskem obdobju bi bilo treba na področju kakovosti tal in zmanjševanju toplogrednih plinov integrirati tudi kazalce erozije in pospeševati protierozijske ukrepe.



Slika 16 (levo) in Slika 17 (desno): Žlebična erozija na njivskih zemljiščih

Sliki dobro prikažeta učinek napredovane erozije, ki se lahko pojavi na njivskih površinah po intenzivnih nalivih tako na blagih nagibih kot tudi v ravnini. Leva slika prikazuje erozijski jarek na tleh meljaste teksture na blagem nagibu. Desno je erozijski jarek na ravni njivi, toda na slabo prepustnih tleh s slabo obstojno strukturo (oboje foto Tomaž Poje).

Če sklenemo...

Erozija je zelo pomembna, v nekaterih državah celo najpomembnejša oblika degradacije tal. Tako vidna kakor tudi tista težko opazna erozija povzročata veliko gospodarsko škodo, ki ne zadeva le kmetijskega sektorja. Z izrazitim zmanjšanjem ekosistemskih storitev tal povzroča erozija širšo okoljsko škodo, ki vpliva na vseh ravneh, od biotske raznovrstnosti do podnebnih razmer.

Slovenija je erozijsko ogrožena zaradi pogostih obilnih in intenzivnih padavin (870 - 3600 mm/leto) in velikim deležem strmega reliefa. Po drugi strani pa drobno posestna struktura KZ (povpr. velikost kmetije 6,52 ha v 2016), 54,2 % travinja v deležu KZ, 3,7 % zaraščenih KZ in 59,0 % gozdnatost, usmerjajo razmišljanja, da erozija ne more biti resen problem. Žal, dolgotrajnih in sistematičnih meritev v Sloveniji ne izvajamo in tako ocen ni mogoče preveriti.

Kljub temu ne moremo mimo dejstev, da Slovenija premore le malo dobrih kmetijskih zemljišč, da smo po deležu njiv in vrtov na glavo prebivalca (856,8 m²/preb. v 2020) na repu Evrope in da nismo samooskrbni s hrano.

Treba je tudi dodati, da ta knjižica obravnava predvsem erozijo kmetijskih zemljišč in se manj dotika erozijskih procesov v drugih vrstah rabe tal; kjer je erozija, sicer v manjšem obsegu, nedvomno tudi prisotna.

Našteto potrjuje konsenz, da je treba tla varovati pred erozijo v vseh vrstah rabe, še posebej pa v tistih, kjer je erozija pogosta. Usmeritve kmetijske pridelave in ukrepi v PRP morajo ustrezno nasloviti problem erozije. Zmanjševanje in preprečevanje erozije je element varovanja in trajnostne rabe tal ter s tem trajnostne kmetijske pridelave.



Slika 18: Erozija v oljčniku po intenzivnem nalivu (foto Peter Kastelic)

Evtrična rjava tla slovenske Istre, Goriških brd, Kozjanskega, Goričkega in drugih predelov Slovenije so občutljiva za erozijo še posebej, ko so neporasla, sveže obdelana, globoko orana, rigolana ali nasuta.



Slika 19 (levo) in Slika 20 (desno): Posledice erozije v trajnih nasadih

Obe sliki dobro prikazeta učinek napredovane erozije, ki se lahko pojavi ob vzpostavitvi ali obnovi trajnih nasadov. V oljčniku slovenske Istre (foto Janez Bergant) so hujši nalivi ali dolgotrajnejše intenzivnejše padavine globoko erodirali tla, ki so bila nasuta in nekonsolidirana; torej v zelo občutljivi, erodibilni fazi. V posekanem vinogradu Vipavske doline (foto Borut Vrščaj) se je erozija predvidoma pospešila na mestu kolesnice ter zaradi slabe strukture, zbitosti tal ter nevdrževanja zemljišča poglobila do trde matične podlage – fliša. Oba primera sta na zelo erodibilnih evtričnih rjavih tleh in narekujejo preventivne ukrepe pri obnovi/vzpostavitvah trajnih nasadov.



Foto Geza Grabar (a), Janez Bergant (b), Tomaž Poje (c, d, f)