

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidatka:

Manca Miko

Analiza erozije prsti na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje

Diplomska naloga št.: 61

Mentor:
prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 6. 7. 2006

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica napake

Namesto

BIBLOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	551.3.053:556.12:556.52(043.2)
Avtor:	Manca Miko
Mentor:	izr. prof. dr. Matjaž Mikoš
Naslov:	Analiza erozije prsti na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje
Obseg in oprema:	83 strani, 31 preglednic, 46 slik, 10 enačb, 5 prilog
Ključne besede:	padavine, intenziteta padavin, erozivnost padavin, erozija prsti, terenske meritve, poskusna ploskev, Dragonja, RUSLE, raba tal

Izvleček

Naloga obravnava padavine in njihovo erozivnost, kot pomemben dejavnik erozije prsti. V prvem delu smo naredili splošen pregled vodne erozije in njenih dejavnikov. Poleg tega smo opredelili tudi načine merjenja padavin in prikazali mrežo postaj z ombrografi v Sloveniji.

Letna količina padavin ni ustrezen pokazatelj letne erozivnosti padavin R , ki je eden od dejavnikov v enačbi RUSLE. Erozivnost padavin je odvisna od njihove intenzitete. Z analizo in primerjavo padavin na postaji Letališče Portorož s padavinami na lokalnih postajah smo pokazali na pomembnost lokalnih meritev padavin vzporedno z terenskimi raziskavami.

Temeljni del naloge je namenjen izračunom in meritvam erozije prsti. S pomočjo programa Rusle 2 smo za različne rabe tal ocenili sproščanje prsti, ter nato na rezultate primerjali s terenskimi meritvami v povodju Dragonje. S prilagoditvijo dejavnika obdelave in pokrovnosti tal C smo umerili program za ploskve v gozdu. Za gola tla in travnik v zaraščanju smo program uporabili brez umerjanja. Pri golih tleh ima pomembno vlogo zemljina in vsebnost organskih snovi v tleh. Rusle 2 se je izkazal za uporabnega za povodju Dragonje, vendar bi za dokončno umerjanje modela potrebovali še nekajletne terenske raziskave.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 551.3.053:556.12:556.52 (043.2)
Author: Manca Miko
Supervisor: Assoc. Prof. dr. Matjaž Mikoš
Title: Analysis of soil erosion on experimental plots in the Dragonja river basin
Notes: 83 pages, 31 tables, 46 pictures, 10 equations, 5 enclosures
Key words: precipitations, rainfall intensity, rainfall erosivity, soil erosion, field measurements, experimental plot, Dragonja, RUSLE, land use

Abstract

The paper deals with precipitation and rainfall erosivity, which are among leading factors influencing soil erosion. In the first part, an overview of water erosion and its processes are given. An overview of precipitation measurement methods is given and the network of raingauges in Slovenia is shown.

Annual precipitation value does not indicate annual erosivity R , which is one of the factors in RUSLE Equation. Rainfall erosivity depends on precipitation intensity. Analysis and comparison of precipitation on Letališče Portorož station with participation on local raingauges confirmed the importance of local measurements parallel to field measurements.

The main part of the paper is given to measurements and equations of soil erosion. With Rusle 2 program soil detachment was computed and compared with observed data on the Dragonja river basin. Rusle 2 was calibrated for plots in wood with adjustment of crop-management factor C . For bare soil and for grassland in process of overgrowing we used the program with no calibration. On bare soil the content of organic matter was very high, because of previous land use – pasture. Rusle 2 is suitable for use in the Dragonja river basin, but first more field measurements should be done.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Matjažu Mikošu.

Zahvaljujem se tudi g. Borisu Zupančiču (Agencija Republike Slovenije za okolje) in Mateju Padežniku za meteorološke podatke, Matiji Zornu za podatke o meritvah erozije prsti. Dr. Gregorju Petkovšku in Gregu Mikotu se zahvaljujem za pomoč pri delu s programoma RF in Matlab ter Veroniki Križaj za lektoriranje naloge.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Splošno o eroziji tal	1
1.1.1	Proces vodne erozije	1
1.1.2	Vrste vodne erozije	2
1.1.3	Dejavniki erozije tal.....	3
1.1.3.1	Padavine	3
1.1.3.2	Pokrovnost tal	3
1.1.3.3	Tla.....	4
1.1.3.4	Oblikovanost površja.....	4
1.2	Merjenje erozije tal	4
1.2.1	Erozijski ploti	5
1.3	Metode napovedovanja erozije tal	6
1.3.1	Gavrilovičeva enačba	6
1.3.2	Enačba USLE	7
1.3.3	Procesno utemeljeni modeli	8
1.4	Pregled stanja v Sloveniji.....	8
1.5	Splošno o padavinah.....	9
1.6	Delovna hipoteza.....	11
1.7	Cilji naloge	12
2	MERITVE PADAVIN.....	14
2.1	Namen merjenja opazovanja padavin	14
2.2	Načini merjenja padavin.....	15
2.2.1	Dežemer.....	15
2.2.2	Ombrograf	17

2.3	Mreža postaj z ombrografi v Sloveniji.....	20
3	MATERIAL IN METODE	23
3.1	Opis modula za določanje erozivnosti padavin RF.....	23
3.2	Opis in uporaba programa Rusle 2	26
3.2.1	Dejavnik erozivnosti padavin R.....	26
3.2.2	Dejavnik erodibilnosti zemljine K.....	27
3.2.3	Topografski dejavniki	28
3.2.4	Dejavnik pokrovnosti in obdelave tal C.....	28
3.2.5	Uporaba Rusle 2.....	28
3.3	Poskusne ploskve.....	32
4	ANALIZE PADAVINSKIH PODATKOV	36
4.1	Analiza lokalnih postaj	36
4.1.1	Opis stanja.....	36
4.1.2	Leto 2005	37
4.1.2.1	Letne vrednosti.....	37
4.1.2.2	Mesečne vrednosti.....	38
4.1.3	Obdobje 21.4.2005 – 21.04.2006.....	43
4.1.3.1	Letne vrednosti.....	43
4.1.3.2	Mesečne vrednosti.....	44
4.1.3.3	Erozivni dogodki.....	46
4.1.4	Določitev manjkajočega niza podatkov	49
4.2	Analiza padavin na postaji Portorož.....	52
4.2.1	Letne vrednosti.....	52
4.2.2	Mesečne vrednosti.....	57
4.2.3	Ekstremni dogodki	58
4.3	Primerjava postaje Letališče Portorož z lokalnimi postajami.....	62

4.3.1	Letne vrednosti	62
4.3.2	Mesečne vrednosti	62
4.3.3	Erozivni dogodki	65
5	ANALIZA SPROŠČANJA PRSTI	66
5.1	Izračun erozivnega sproščanja prsti s programom Rusle 2	66
5.1.1	Hidro-meteorološki podatki.....	66
5.1.2	Topografski podatki.....	67
5.1.3	Raba tal	67
5.1.4	Zemljina.....	67
5.2	Primerjava izračunov programa Rusle 2 in meritev na poskusnih ploskvah...	68
5.2.1	Meritve sproščanja prsti na poskusnih ploskvah	68
5.2.2	Primerjava poskusnih ploskev št. 1 in 2 na oljčniku	69
5.2.3	Erozijsko sproščanje prsti glede na naklon ploskev	71
5.2.4	Erozijsko sproščanje prsti glede na rabo tal	72
5.2.5	Ocenjeno in merjeno sproščanje prsti.....	75
6	ZAKLJUČEK	77
6.1	Sezonsko in krajevno spreminjanje erozivnosti padavin.....	77
6.2	Meritve na poskusnih ploskvah in rezultati programa Rusle 2	78
VIRI	79

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Postaje z ombrografi v Sloveniji, ki so delovale vsaj 10 let (Povr. dobe po G. metodi, 2005)	20
Preglednica 2: Kronološki pregled postavitve poskusnih ploskev in število opravljenih in obravnavanih meritev	33
Preglednica 3: Analiza vzorcev zemljine in njihovo poimenovanje po MIT klasifikaciji in klasifikaciji Rusle 2 (Zorn, 2006)	34
Preglednica 4: Podatki o Gauss-Krügerjevih koordinatah lokalnih dežemerov na območju Dragonje	37
Preglednica 5: Pregled letnih vrednosti padavin P in erozivnosti padavin R za lokalne postaje	37
Preglednica 6: Pregled padavin po mesecih leta 2005 za lokalne dežemere	38
Preglednica 7: Mesečne vrednosti erozivnosti padavina R v letu 2005 za lokalne dežemere in postajo Portorož Letališče	42
Preglednica 8: Število erozivnih dogodkov po mesecih za lokalne postaje v letu 2005	43
Preglednica 9: Enoletne vrednosti padavin in erozivnosti padavin za lokalne postaje	44
Preglednica 10: Mesečne vrednosti padavin P za lokalne dežemere, maj 2005 – april 2006 ..	45
Preglednica 11: Mesečne vrednosti erozivnosti padavin R na lokalnih postajah, maj 2005 – april 2006	46
Preglednica 12: Porazdelitev erozivnih dogodkov po mesecih od 21.04.2005 do 20.04.2006	47
Preglednica 13: Manjkajoči niz podatkov in niz za določitev manjkajočega niza padavin P in erozivnosti padavin R	50
Preglednica 14: Podatki o Gauss-Krügerjevih koordinatah postaje Portorož Beli Križ in Letališče Portorož (Petkovšek, 2002).	53
Preglednica 15: Letna erozivnost padavin R glede na količino letnih padavin	53
Preglednica 16: Letna količina padavin P, letna erozivnost padavin R in število erozivnih dogodkov n za postajo Portorož od 1975 do 2005	54
Preglednica 17: Najmanjše, največje in poprečne vrednosti padavin P in erozivnosti padavin R porazdeljene po mesecih za obdobje 2001-2005	57
Preglednica 18: Največji letni dogodki v obdobju 1975 - 2005	59

Preglednica 19: Število največjih letnih dogodkov po mesecih za obdobje 1975-2005	61
Preglednica 20: Letne vrednosti za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005.....	62
Preglednica 21: Padavine P in erozivnost padavin R za postajo Letališče Portorož in Marezige za obdobje 21.4.2005 – 31.12.2005.....	62
Preglednica 22: Pregled količin po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005	63
Preglednica 23: Pregled mesečnih vrednosti za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005	64
Preglednica 24: Porazdelitev erozivnih dogodkov po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje v letu 2005.....	65
Preglednica 25: Pregled naklona in rabe tal za poskusne ploskve v povodju Dragonje	66
Preglednica 26: Pregled količine erozijsko sproščene prsti glede na merjene in izračunane vrednosti za poskusne ploskve št. 1 – 8.....	68
Preglednica 27: Letna količina erozijsko sproščene prsti na poskusnih ploskvah št. 1 in 2 z nadomestitvijo manjkajočih podatkov.....	70
Preglednica 28: Pregled erozijsko sproščene prsti glede na naklon za poskusne ploskve v gozdu	71
Preglednica 29: Vrednosti koeficienta C za različne rabe tal. Viri so: 1 – Petkovšek (2002), 2 - Richter (1991), 3 – Auerswald & Schmidt (1986). (Povzeto po: Petkovšek, G. 2002, str. 36.)	72
Preglednica 30: Dejavnik pokrovnosti in obdelave tal C na poskusnih ploskvah.....	73
Preglednica 31: Poprečno erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah in dejavnik C za različne rabe tal.....	74

KAZALO SLIK

Slika 1: Erozijski plot (vir: Kirkby in sod., 1980)	6
Slika 2: Sproščanje gradiva po kategorijah rabe tal v Sloveniji v t/ha/leto (vir: Zorn, Komac, 2005)	9
Slika 3: Padavinska karta RS (vir: ARSO, 2004).	10
Slika 4: Padavinska karta Slovenske Istre (vir: Ogrin, 1995).	11
Slika 5: Hellmanov dežemer (vir: Nav. za delo na pad. postaji, 2005)	16
Slika 6: Avtomatski dežemer ONSET RG2-M (vir: Šraj, 2004).	17
Slika 7: Ombrograf »P-2« (vir: Nav. za op. in m. na gl. meteo. postajah, 1974)	19
Slika 8: Mreža postaj z ombrografi, ki so delovali vsaj 10 let (ARSO, 2004)	22
Slika 9: Pogovorno okno programa RF za določitev vhodnih podatkov	24
Slika 10: Grafičen prikaz rezultatov	24
Slika 11: Okno programa RF, kjer lahko določimo kriterije dogodkov	25
Slika 12: Okno programa RF s prikazom manjkajočih podatkov	25
Slika 13: Izbor delovnega profila.....	29
Slika 14: Detajlen kompleksen profil (org. ARS detailed complex slope).....	30
Slika 15: Pogovorno okno za določitev lastnosti tal	30
Slika 16: Vegetacija (org. Vegetation).....	31
Slika 17: Okno za določanje lastnosti podnebja (org. Climate).....	32
Slika 18: Poskusna ploskev št. 1	34
Slika 19: Poskusni ploskvi št. 1 in 2	34
Slika 20: Travniki v zaraščanju.....	35
Slika 21: Poskusna ploskev št. 3	35
Slika 22: Poskusna ploskev št. 5	35
Slika 23: Poskusna ploskev št. 7	35
Slika 24: Pogled z vrha na ploskev št. 5	35
Slika 25: Vtočni lijak in lovilna posoda.....	35
Slika 26: Letna porazdelitev poprečnih mesečnih padavin in erozivnosti padavin za lokalne postaje v letu 2005	39

Slika 27: Mesečne količine padavin v letu 2005 za lokalne postaje in postajo Portorož Letališče.....	40
Slika 28: Mesečne količine erozivnosti padavin R v letu 2005 za lokalne postaje in postajo Portorož Letališče	41
Slika 29: Pregled erozivnih dogodkov na lokalnih postajah od 21.4.2005 do 20.04.2006	48
Slika 30: Določitev manjkajočih padavinskih podatkov za postajo Rokava (enačba 6).....	49
Slika 31: Določitev manjkajočih padavinskih podatkov za postajo Stara Vala (enačba 7)	50
Slika 32: Določitev erozivnosti padavin za postajo Rokava (enačba 8)	51
Slika 33: Določitev erozivnosti padavin za postajo Stara Vala (enačba 9).....	52
Slika 34: Letna količina padavin P in letna erozivnost padavin R v Portorožu od 1975 do 2005	55
Slika 35: Letne vrednosti letne erozivnosti padavin R in letno število erozivnih dogodkov n v Portorožu	56
Slika 36: Spreminjanje poprečne erozivnosti R in padavin P po mesecih za obdobje 1975 – 2000 in 2001 - 2005.....	58
Slika 37: Padavine P in 30-minutna intenziteta I_{30} za postajo Portorož Letališče	60
Slika 38: Porazdelitev največjih letnih dogodkov po mesecih za obdobje 1975 – 2005	61
Slika 39: Erozivnost R po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005	64
Slika 40: Primerjava posameznih meritev sproščene prsti na poskusnih ploskvah št. 1 in 2...	69
Slika 41: Erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah št. 1 in 2	70
Slika 42: Erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah št. 1 in 2 z nadomestitvijo manjkajočih podatkov	71
Slika 43: Sproščanje prsti glede na naklon in na vrednost dejavnika C za poskusne ploskve v gozdu	74
Slika 44: Poprečno erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah za različne rabe tal.....	75
Slika 45: Primerjava izmerjene in ocenjene erozije prsti na poskusni ploskvi št. 2, na oljčniku	76
Slika 46: Sproščena prst na poskusni ploskvi 2, raba tal: oljčnik.....	76

KAZALO PRILOG

Priloga A: Prikaz datoteke s podatki o padavinah s postaje Portorož Letališče, posredovane z ARSO

Priloga B: Prikaz vhodne datoteke za program RF

Priloga C: Prikaz izhodne datoteke programa RF

Priloga D: Prikaz skripta programa Matlab za pripravo 10-minutnih podatkov o padavinah (vir: Miko, G., 2006, Petkovšek, 2006)

Priloga E: Prikaz izhodne datoteke programa Rusle 2

1 UVOD

Erozija tal vpliva na naše vsakdanje življenje posredno in neposredno. Delovanje v povezavi z erozijo tal je navadno vezano na odpravljanje posledic in ne na preventivo. Eden glavnih dejavnikov erozije tal so padavine, ki jih merimo na celotnem območju Slovenije z mrežo meteoroloških postaj. V povodju Dragonje pri vasi Marezige se opravljajo meritve erozije prsti na poskusnih ploskvah. Najbliže merilnim mestom leži postaja Letališče Portorož, ki je del republiške mreže, poleg tega je tam še 6 lokalnih postaj Fakultete za gradbeništvo in geodezijo.

V diplomski nalogi smo najprej analizirali padavine s pomočjo enačbe RUSLE in primerjali erozivne dogodke lokalnih postaj in postaje Letališče Portorož. Na podlagi padavinskih podatkov smo ocenili erozijo prsti z računalniškim programom RUSLE ter rezultate primerjali z meritvami na poskusnih ploskvah na povodju Dragonje.

1.1 Splošno o eroziji tal

Erozija tal je vrsta mehanske degradacije tal, ki nastane zaradi delovanja naravnih dejavnikov oziroma je mnogokrat antropogeno pogojena (Mikoš, Zupanc, 2000). Erozijski proces je trifazni proces, sestavljen iz sproščanja, transporta in odlaganja. Pojem erozija tal se uporablja za različne vrste erozije, ki jo povzročajo voda, veter, ledeniki, preperevanje itd. V diplomski nalogi smo se usmerili le v vodno erozijo, ki je izmed vseh vrst v največji meri prisotna na poskusnih ploskvah.

1.1.1 Proces vodne erozije

Erozija se prične s padavinami. Padavine pred stikom s površino tal prestreže pokrov tal, ki je bodisi vegetacijski, kamnit, mulčen. Vegetacija dežne kaplje razprši in jim s tem zmanjša

maso in hitrost oziroma erozivno moč. Delci kapljic, ki se zaustavijo na vegetaciji se lahko združijo v vodne kaplje, ki so večje od dežnih in pri so padcu na tla z velike višine bolj erozivne od dežnih. Takšnih vodnih kapelj je v primerjavi z dežnimi relativno malo. Trk dežne kaplje povzroči premik zemljinskih delcev v vse smeri, največ navzdol po pobočju zaradi gravitacije. Po določenem času se na površini pojavi vodni filter, ki vpliva na dežne kaplje in sicer v primeru, da je debelina vodnega filma na površini enaka 0,6-kratnem premeru dežne kaplje, je dežna kaplja najbolj erozivna. Površina tal je groba in navadno prepustna, zato se voda infiltrira v tla. Količina infiltrirane vode je odvisna od vlage v tleh, ko se pričnejo padavine. Če je intenziteta dežja večja ob infiltracijske kapacitete, se voda zadrži v hrapah in vdolbinicah na površini tal. Ko so površinske kapacitete kotanj na površini presežene, se pojavi površinski tok. Voda ima onemogočeno infiltriranje v tla, če se na površini naredi skorja, ki jo povzročijo dežne kaplje. Delci zemljine se pri trku premaknejo, manjši zaprejo pore na površini. Površinski tok zajema različne oblike toka, lahko je medžlebični ali žlebični. Dejavniki, ki vplivajo na erozijo tal so: vegetacija, padavine, raba tal, pobočje in zemljina. (Miko, M., 2006)

1.1.2 Vrste vodne erozije

Me vrste vodne erozije štejemo pljuskovno, medžlebično, žlebično in jarkovno erozijo, masovne premiki in podpovršinske kanale. Na poskusnih ploskvah se odvija površinska erozija, ki jo delimo na:

1. **pljuskovna erozija** nastane zaradi udarca dežnih ali vodnih kapelj, ki povzročijo premik zemljinskih delcev na vse strani
2. **medžlebična erozija**, ki jo povzročijo dežne kaplje in površinski odtok; ploskovno med žlebiči se sprošča in transportira, ter odlaga material
3. **žlebična erozija**, ki jo povzroči koncentriran površinski tok vode.

1.1.3 Dejavniki erozije tal

Pri eroziji tal gre za razmerje dveh vrst sil: sile, ki želijo delec zemljine premakniti in sile, ki delec zadržujejo na njegovi poziciji. Ko sile, ki želijo delec premakniti nadvladajo sile, ki držijo delec na mestu pride do sproščanja. Dejavnike, ki vplivajo na delež erozije lahko razporedimo pod tri poglavja: energija, odpor in zaščita (Morgan, 2005). Pod poglavjem energije obravnavamo padavine oziroma vodo (dežne kaplje, površinski odtok), poglavje odpora obsega zemljino in pod poglavje zaščite spada pokrovnost (vegetacijski pokrov). Poleg omenjenih dejavnikov na erozijo vpliva še pobočje s svojim naklonom, dolžino in obliko.

1.1.3.1 Padavine

Glavni karakteristiki padavin sta intenziteta in količina. Intenziteto izražamo v mm/h, količino pa v mm/m². Lastnost padavin, ki je pomembna na področju erozije tal je erozivnost. Med različnimi oblikami padavin je najpogostejši dež, ki je tudi veliko bolj eroziven od druge najpogostejše oblike padavin – snega.

1.1.3.2 Pokrovnost tal

Vegetacija je t.i. pokrov tla oziroma jim nudi zaščito pred erozijo. Vegetacija vpliva na padavine, površinski odtok in sestavo tal. Nadzemni deli vegetacije prestrezajo dežne kaplje, jih razpršijo na manjše kapljice in jim tako zmanjšajo kinetično energijo. Že konec 19. stoletja je Wollny poročal, da rastlinje prestreže do 45 % dežnih kapelj (Troeh in sod., 1999). Stopnja s katero vegetacija vpliva na erozijo je odvisna od odstotka pokritosti površine tal z vegetacijo in njeno gostoto (Toy in sod., 2002). Vegetacija vpliva tudi na površinski odtok. Pravilna zasaditev vegetacije površinski odtok upočasnjuje, na primer: sajenje vzporedno s plastnicami, sajenje zadrževalnih (travnih) pasov med pridelki ali drevesi. Podzemni deli vegetacije fizično povečujejo odpornost tal na erozijo, po razgradnji biomasa zmanjša erodibilnost tal in močno poveča infiltracijo (Toy in sod., 2002).

1.1.3.3 Tla

Tla so s svojo površino pravi splet procesov. Erodibilnost zemljine je povezana z dovzetnostjo zemljine za sproščanje in transport (Troeh in sod., 1999). Erodibilnost zemljine je dinamična lastnost, ki se med letom spreminja. Vlaga v tleh vpliva na infiltracijo in le ta na površinski odtok, kar pomeni večji odtok ko je vlaga v tleh povečana. Vlaga v tleh je povečana v mesecih, ko je veliko padavin in so temperature nizke (Toy in sod., 2002), torej so tla zelo erodibilna v začetku pomladi. Sproščanje zemljine je odvisno od teksture zemljine in strižne odpornosti tal (Morgan, 2005). Proces, ki je močno povezan z erozijo tal je fizična izčrpanost organskih snovi in hranil za rastline v tleh (Kirkby in sod., 1980). Organska in kemična komponenta tal sta pomembni zaradi njunega vpliva na stabilnost agregatov (Morgan, 2005) in tudi zaradi produktivnosti tal. Odlaganje zemljine in z njo snovi, ki jih tla vsebujejo (tudi umetno dodane na kmetijskih zemljiščih) povzroči škodo na inženirskih objektih, zasutje zadrževalnikov, onesnaženje vode.

1.1.3.4 Oblikovanost površja

V splošnem oblikovanost površja zavzema tako oblikovne, kot topografske dejavnike: oblika, naklon in dolžina. Pri eroziji tal navadno obravnavamo pobočje. Najpomembnejši dejavnik je naklon pobočja. Z večanjem dolžine in naklona pobočja se erozija tal povečuje. Poznamo tri osnovne oblike pobočja: enostavna pri kateri se naklon ne spreminja, konkavna, pri kateri se naklon navzdol zmanjšuje in konveksna pri kateri se naklon navzdol veča.

1.2 Merjenje erozije tal

Erozijo tal merimo iz treh temeljnih razlogov: pregled erozije, znanstvene raziskave erozije, razvoj in ocena ukrepov nadzora erozije (Toy in sod., 2002). Meritve lahko izvedemo na terenu ali s simuliranjem razmer v laboratoriju. Meritve erozije tal nam nudijo pregled nad erozijo, kar je temelj za načrtovanje protierozijskih ukrepov in ocenitev njihove uspešnosti. Osnoven namen merjenja erozije tal so znanstvene raziskave, na podlagi katerih se razvijajo

tudi erozijski modeli. Pri meritvah erozije tal merimo količino zemljine, ki se premakne v danem prostoru za določeno razdaljo v določenem časovnem obdobju (Kirkby in sod., 1980). Zemljina se premakne zaradi gravitacije in erodiranja vode ali vetra.

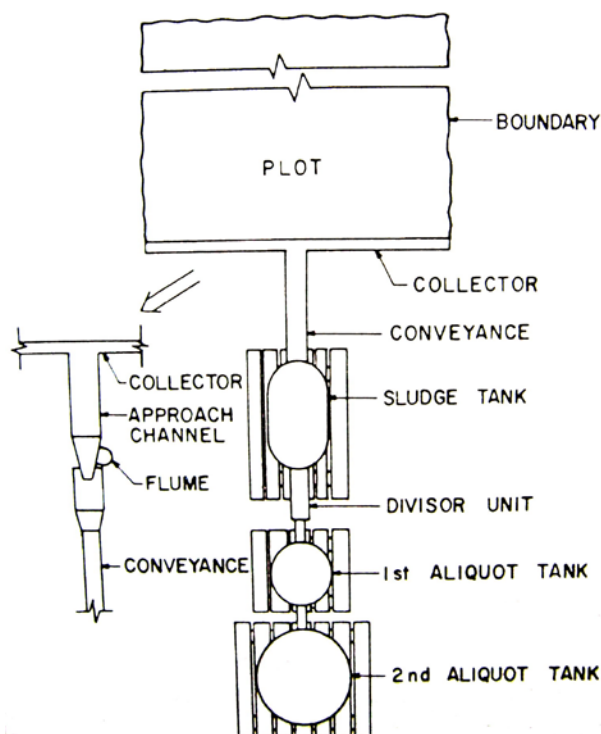
1.2.1 Erozijski ploti

Plot je fizično izoliran del tal znane velikosti, naklona, dolžine in tipa zemljine s katerega nadzorujemo odtok in izgubo zemljine (Morgan, 2005). Plot je omejen s stranicami, na koncu plota (dolvodno) je zbiralna posoda za odplavljeno vodo in zemljino ali po potrebi več posod, če pričakujemo večje količine vode (Slika 1). Velikost plota je odvisna od njegovega namena, standarden plot, ki sta ga uporabila tudi Wishmeier in Smith v enačbi USLE, je dolg 22,1 m in širok 1,8 m. Ploti za merjenje medžlebične erozije so majhni (1 m^2), medžlebično in žlebično erozijo skupaj pa merimo na večjih plotih dolžine 11 do 198 m in širine 2 do 46 m (Brakensiek in sod., 1979, cit. po Toy in sod., 2002).

Kirkby (1980) je podal zahteve glede opremljenosti plotov za odtok:

1. obdan mora biti z ločnicami (stranicami), za določitev merilnega območja
2. imeti mora zbiralno opremo za zajetje odtoka s plota
3. imeti mora transportno opremo za prenos odtoka do zbirnega mesta
4. zbirno mesto za delitev odtoka in izgubljene zemljine v želeno količino
5. posode za shranjevanje deljenih količin odtoka in izgubljene zemljine do analize

Težave pri meritvah s ploti so predvsem pri premajhnih zbiralnih posodah, pri čemer pride do iztekanja in nimamo več realne vrednosti odtoka, v primeru slabe izvedbe stranic plota je možno pretirano erodiranje ob stranicah plota. Na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje je prišlo do izpada meritev zaradi premika lovilnih posod zaradi talne vode.



Slika 1: Erozijski plot (vir: Kirkby in sod., 1980)

1.3 Metode napovedovanja erozije tal

Tradicionalne metode za napovedovanje erozije tal so t.i. empirični modeli. Med empirične modele spadata enačbi USLE in Gavrilovičeva enačba. Razvoj in raziskave so pripeljale do nadgradnje enačbe USLE v RUSLE ter do novih metod napovedovanja – procesno utemeljenih modelov.

1.3.1 Gavrilovičeva enačba

Za območje Sredozemlja je Gavrilović (1970) predlagal naslednjo enačbo za izračun srednjega letnega sproščanja zemljin W [$\text{m}^3\text{leto}^{-1}$] zaradi vodne erozije:

$$W = 3,14 \cdot H_Y \cdot K_T \cdot K_Z^{1,5} \cdot F_W, \quad (1)$$

kjer je F_W površina povodja [km^2], H_Y so srednje letne padavine [mm], K_T je temperaturni koeficient območja, ki je funkcija srednje letne temperature, K_Z pa je erozijski koeficient območja, ki se oceni na podlagi ustreznih preglednic ali pa se izračuna po enačbi.

Pintar et al. (1986) so ugotovili, da so za vrednotenje erozije v Sloveniji največje dnevne padavine $H_{D,\max}$ ustrežnejši parameter od srednjih letnih padavin H_Y . Nadalje poročajo, da srednja letna temperatura ni pomemben parameter. Tako so za napovedovanje sproščanja plavin predlagali spremenjeno enačbo (Petkovšek, 2000):

$$W = 20 \cdot H_{D, \max} \cdot K_Z^{1,5} \cdot F_W \quad (2)$$

1.3.2 Enačba USLE

Enačba USLE (Universal Soil Loss Equation – univerzalna enačba izgub zemljine) je verjetno najširše uporabljen empiričen model erozije tal v ZDA. Enačba je bila razvita za potrebe kmetijstva in je namenjena izračunom dolgoročne izgube zemljine in ne enkratnim dogodkom.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \quad (3)$$

- A...poprečna letna izguba zemljine [$\text{t/ha}\cdot\text{leto}$],
- R...dejavnik erozivnosti padavin [$\text{MJ}\cdot\text{mm/ha}\cdot\text{h}$],
- K...dejavnik erodibilnosti zemljine [$\text{t/ha}\cdot\text{leto}$],
- L...dejavnik dolžine pobočja,
- S...dejavnik naklona pobočja,
- C...dejavnik pokrovnosti, obdelave tal,
- P...dejavnik zaščitnih postopkov za nadzor erozije.

Osnova dejavnikom L, S, C in P je standardni plot (standardni pogoji), ki meri $22,13 \text{ m} * 1,83 \text{ m}$, z naklonom 5° , ki je zoran vzdolžno po pobočju, tla so neposejana. Enačba je bila narejena kot univerzalna, vendar jo omejujejo parametri, ki so pogojeni geografsko – v začetku je bila

omejena le na vzhod ZDA, sedaj že precej širše. Enačba je bila dopolnjena in preimenovana v RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Delo z enačbo RUSLE danes je delo s sodobnim programskim orodjem, ki pokriva vsa področja, ki jih prizadene erozije tal: kmetijske površine, gozdne površine, ceste, gradbišča, dnevi kopi itd.

1.3.3 Procesno utemeljeni modeli

Procesno utemeljeni modeli so naslednja stopnja v razvoju empiričnih modelov. Odlikuje jih širša možnost rabe, saj upoštevajo celoten cikel erozijskega procesa: sproščanje, premeščanje odlaganje, kakor tudi njihove medsebojne vplive (Petkovšek, 2000). Procesno utemeljeni modeli zahtevajo veliko število vhodnih podatkov. Primeri novejših procesno utemeljenih modelov:

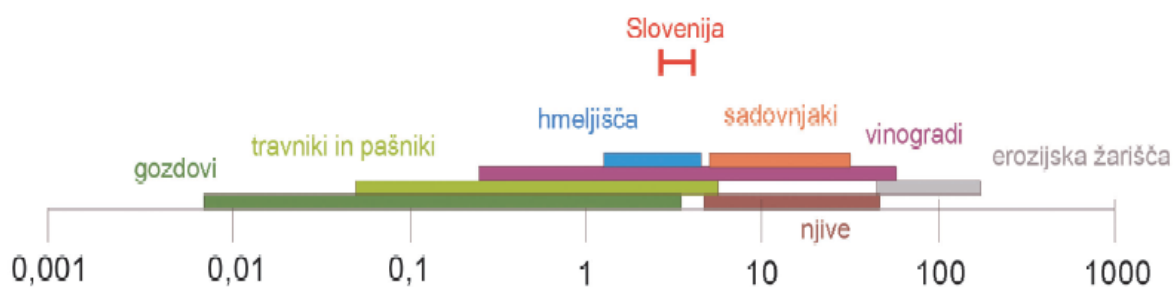
- WEPP (Water Erosion Prediction Project) je novejši ameriški projekt, ki ne temelji na enačbi USLE in je bil narejen z namenom nadomestiti le-to. Model se uporablja za dnevne izračune stanja zemljine in biomase v tleh, odtoka, sproščanja transporta in odlaganja. Model so testirali v ZDA, Evropi, Aziji in Afriki. Rezultati so pokazali za dobre na področjih, ki so bila prizadeta oz. z malo vegetacije in ne toliko za območja z malo erozije (Morgan, 2005).
- GUESS so razvili na Univerzi Griffith v Avstraliji. Model je bil narejen kot vodilo kmetovalcem, znanstvenikom in ostalim, ki so povezani z vrednotenjem in nadziranjem vodne erozije tal.
- EUROSEM je evropski model za napovedovanje erozije tal, ki so začeli razvijati v osemdesetih letih prejšnjega stoletja pod vodstvom R.P.C. Morgan-a in R.J. Rickson-a. Model je namenjen računanju transporta sedimentov, erozije in odlaganja na površini med nalivom.

1.4 Pregled stanja v Sloveniji

V Sloveniji se v poprečju letno sprosti 5.000.000 m³ erozijskega drobirja, od katerega se slaba polovica odplavlja in premešča vzdolž vodotokov (Mikoš, 1995). Komac in Zorn (2005) sta zbrala podatke o ocenah in meritvah v Sloveniji in ocenila, da se letno sprosti od 3.924.002 do 5.722.895 m³ gradiva. Erozijska območja naj bi obsegala 42 - 44 % slovenskega ozemlja

(Zemljič, 1972 cit. po Komac, Zorn, 2005). Slika 2 prikazuje količino sproščenega gradiva glede na rabo tal.

Dolgotrajnejše meritve erozije prsti na kmetijskih zemljiščih so izvajali le na merilnem polju v Smasteh pri Kobaridu, druge (Straža ob Krki, Limbuš pri Mariboru) pa so potekala le krajša opazovanja in izračunavanja ter modeliranje na podlagi empiričnih enačb (na primer Latkova vas v Savinjski dolini, dolina Dragonje, Mirnska dolina) (Komac, Zorn, 2005).

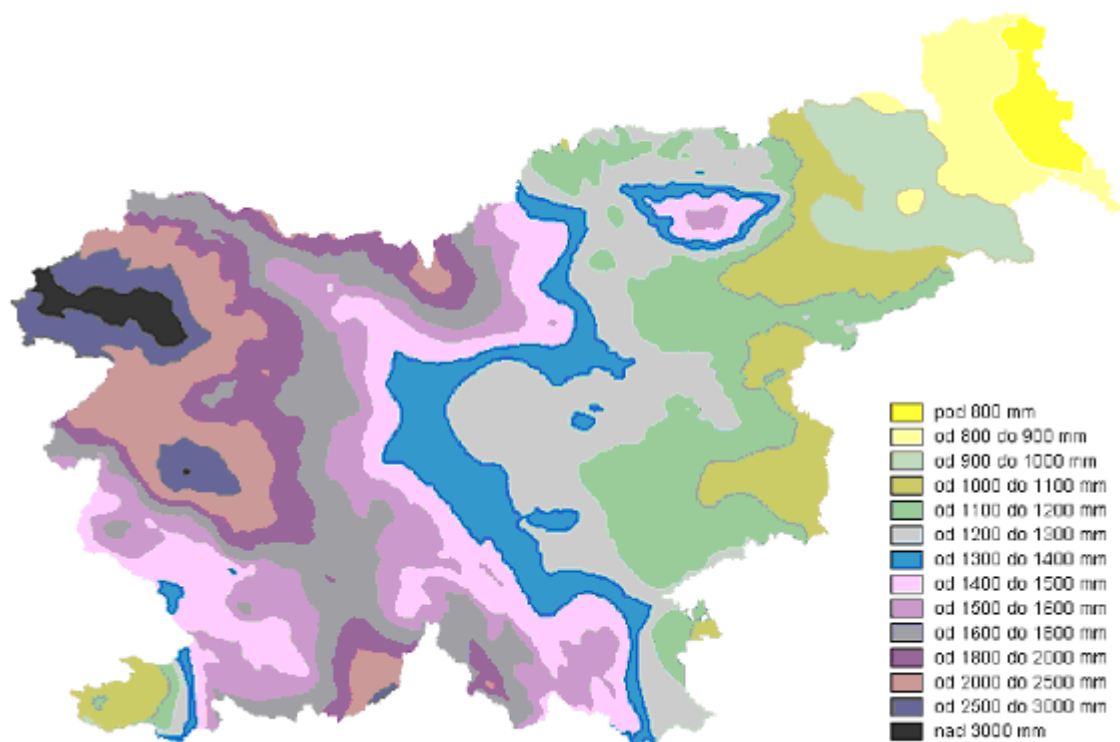


Slika 2: Sproščanje gradiva po kategorijah rabe tal v Sloveniji v t/ha/leto (vir: Zorn, Komac, 2005)

1.5 Splošno o padavinah

Padavine so osnovni klimatski dejavnik, ki vpliva na vsa področja človekovega delovanja. Na prostorsko in časovno porazdelitev padavin v Sloveniji močno vpliva njena velika klimatska raznolikost (Klimat. Slovenije, 1995).

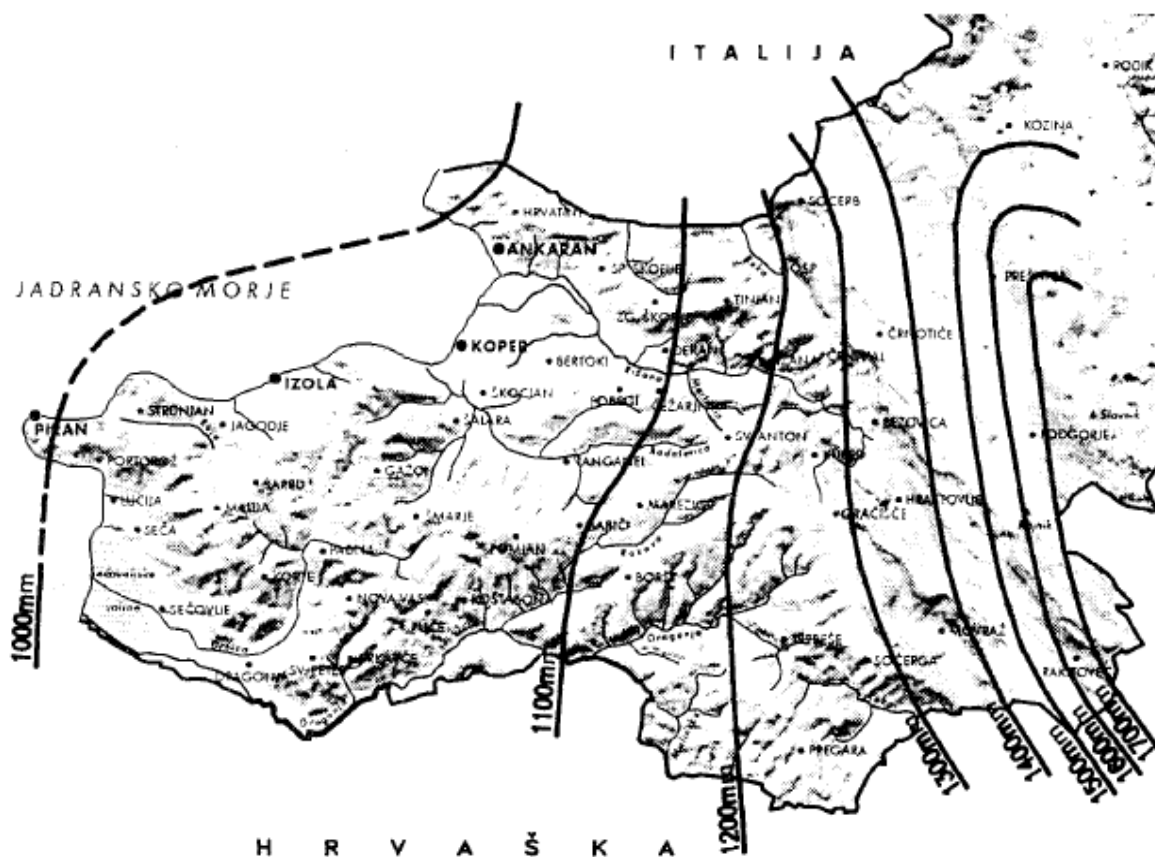
Padavine nastanejo zaradi dvigovanja vlažnih toplih mas, katere se pri tem ohlajajo, le-to pa povzroča kondenzacijo vodnih hlapov. Hlajenje zračnih mas zmanjšuje njihovo sposobnost absorpcije vlage, tako se s hlajenjem povečuje relativna vlažnost, dokler zrak ne postane popolnoma zasičen z vlago (točka rosišča). V naslednji fazi vlaga v zraku prehaja v drobne kapljice vode ali ledu (Brilly, Šraj, 2000). Drobne kapljice se med seboj združujejo in povečujejo do te mere, da se zaradi gravitacije pričnejo izločati iz oblakov v obliki padavin.



Slika 3: Padavinska karta RS (vir: ARSO, 2004)

Slovenijo lahko glede na mesečne količine padavin razdelimo na tri območja (Brilly, Šraj, 2000):

- Primorska (maksimum: oktober, junij, marec)
- območje Karavank, Ljubljanska in Kočevska kotlina (maksimum: oktober, junij)
- ostali deli Slovenije (maksimum v juniju).



Slika 4: Padavinska karta Slovenske Istre (vir: Ogrin, 1995)

Podnebje obalnega pasa Slovenske Istre glede na temperaturne značilnosti sodi v mediteransko (Ogrin, 1995). Mediteransko podnebje zaznamujejo mile zime in vroča poletja, ter dejstvo, da skoraj ni snežnih padavin. Razporeditev padavin po mesecih kaže submediteranski značaj. Glede na Padavinsko karto Slovenske Istre v povodju Dragonje pade od 1000 do 1200 mm padavin letno.

1.6 Delovna hipoteza

Ključni del pri celotnem procesu sproščanja prsti so padavinski dogodki z erozivno močjo. Zakonitosti, ki so se uveljavile pri obravnavi erozivnosti padavin so (Jošt, 2003):

- z večanjem intenzitete dežja se večja tudi srednja velikost dežnih kapelj

- z večanjem velikosti dežnih kapelj, se povečuje tudi njihova končna hitrost
- energija prosto padajočih kapelj je sorazmerna kvadratu njihove hitrosti

Potemtakem je energija padavin funkcija njihove intenzitete, torej lahko na podlagi intenzitete padavin in zveze med energijo in intenziteto ocenimo erozivnost padavin. Omenjene zakonitosti veljajo za padavine v tekoči obliki saj padavine v trdni obliki v fazi stika s površjem niso erozivne.

Naše hipoteze so:

- erozivnost padavin ni odvisna od količine padavin, temveč predvsem od njihove intenzitete
- erozivnost padavin se spreminja sezonsko
- erozivnost padavin se spreminja krajevno, saj je odvisna od lokalnih vremenskih razmer
- rezultati so odvisni od podatkov (njihove količine, natančnosti, nadomeščanja manjkajočih podatkov)

1.7 Cilji naloge

Cilji naloge je na podlagi analize padavinskih podatkov in opravljenih meritev in izračunov potrditi ali ovreči v prejšnji točki navedene hipoteze. V okviru naloge bomo poleg tega predstavili uporabo programa Rusle 2 za povodje Dragonje.

Padavine bomo analizirali za padavinski podatke s postaje Letališče Portorož (obdobje 2001-2005), ki je del merilne mreže Agencije Republike Slovenije, ravno tako bomo analizirali padavine z lokalnih postaj v povodju Dragonje (obdobje 1.1.2005 - 20.4.2006) in nato rezultate primerjali z namenom ugotoviti krajevno spreminjanje padavin. Namen primerjave podatkov z vseh postaj je pokazati na pomembnost lokalnih meritev padavin za namen raziskav njihove erozivnosti.

Na podlagi padavinskih podatkov z lokalne postaje Marezige bomo s pomočjo programa Rusle 2 ocenili sproščanje prsti za različne rabe tal in različne naklone pobočij. Dejanske

vrednosti sproščanja prsti bomo dobili na podlagi terenskih meritev z osmih poskusnih ploskev, ki so postavljene v Marezigah in so del raziskav Matije Zorna za doktorsko disertacijo z naslovom Recentni geomorfni procesi na rečno – denudacijskem reliefu na primeru povodja Dragonje.

Namen naloge je uporabiti program Rusle 2 za oceno sproščanja prsti, ter jo primerjati s terenskimi meritvami. Odstopanje oziroma primerljivost ocene in dejanskega sproščanja bo opredelila možnost uporabe programa Rusle 2 na povodju Dragonje.

2 MERITVE PADAVIN

2.1 Namen merjenja opazovanja padavin

Naravni pojavi, med katere spadajo tudi padavine, ki padajo na zemeljsko površino v obliki dežja, snega, toče, babjega pšena in v drugih oblikah, ali se nabirajo na predmetih na tleh ali v bližini tal v obliki rose, slane, ivja in poledice, so zelo pomembni za vse življenje na Zemlji. Voda, ki prihaja iz atmosfere, daje ljudem za njihovo vsakdanje delo energijo, daje možnost ekonomičnega transporta in je nujno potrebna v vseh vrstah proizvodnih dejavnosti.

Opazovanja in merjenja padavin so potrebna zaradi boljšega izkoriščanja vode na vsej zemeljski površini. Merjenja so potrebna na področjih, ki imajo dosti in celo preveč vode in na področjih, kjer vode stalno primanjkuje. To važno delo opravljajo na tisočih izbranih mestih - na padavinskih postajah.

Opazovanje in merjenje padavin omogoča, da z razpoložljivo vodo gospodarimo na najboljši možni način, to je da:

- pravočasno zaščitimo ljudi in imetje pred poplavami v krajih, kjer pade veliko padavin;
- planiramo in gradimo namakalne sisteme v krajih, kjer je višina padavin manjša, kot je potrebno za življenje ljudi, za poljedelstvo in za druge gospodarske panoge;
- projektiramo in gradimo hidroenergetske objekte na rekah, ki imajo zadosti vode za ekonomično proizvodnjo električne energije;
- zagotovimo za vedno večje število prebivalcev na deželi in v mestih zdravo in pitno vodo;
- zaščitimo obdelano zemljo pred erozijo;
- povečujemo in vzdržujemo plovne poti in opravljamo osuševalna dela na tleh, kjer prihaja na dan talna voda, itd. (Nav. za delo na pad. postaji, 2005)

2.2 Načini merjenja padavin

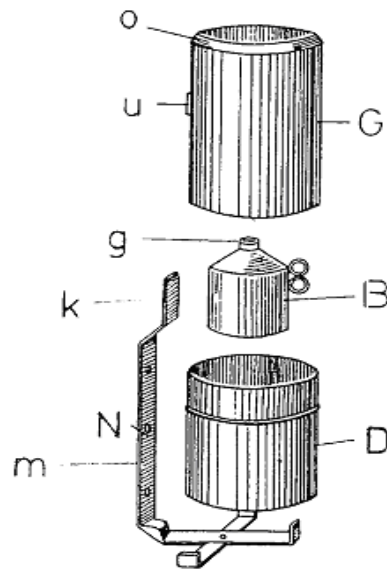
Mera za višino padavin je višina plasti vode, ki pade na vodoravno površino, če bi se na tej zadržala. Izmerjeno višino vode označujemo v milimetrih in desetinah milimetra. Višina plasti vode 1 mm predstavlja 1 liter vode na kvadratni meter vodoravne površine tal. Višino padavin določamo s posebno mero, ki jo imenujemo menzura.

2.2.1 Dežemer

Za merjenje višine padavin uporabljamo instrument, ki ga imenujemo dežemer. Vsaka postaja, na kateri merimo padavine, mora imeti dva dežemera. Eden je vedno postavljen na mestu, kjer merimo padavine, drugi pa je namenjen za zamenjavo. Na padavinskih postajah uporabljajo Hellmanove dežemere.

Dežemer je izdelan iz cinkove pločevine in je valjaste oblike. Visok je približno 1/2 metra. Dežemer sestavljajo štiri deli in to (Slika 5):

- Zgornji del dežemera (G), v katerega padajo padavine. Zgoraj je odprtina (o), na dnu lijak z ozkim grlom, skozi katerega odteka padavine v posebno zbiralno posodo -kanglico. Zgornji del dežemera postavimo na spodnji del;
- Kanglica za zbiranje padavin (B), v katero lahko pade okoli 74 mm vode v tekočem stanju;
- Spodnji del dežemera (D), ki ščiti kanglico, v kateri se zbirajo padavine, to je vodo, ki se je nabrala v njej. Ščiti jo pred segrevanjem in s tem zmanjšuje izhlapevanje. Spodnji del ima ravno dno, na katerem je pritrjeno posebno ležišče, kjer stoji kanglica za zbiranje padavin. To ležišče drži kanglico v središču posode, tako da pride lijak zgornjega dela dežemera natančno v grlo kanglice (g);
- Železni nosilni križ (N), na katerega postavljamo dno dežemera, in ki je pritrjen na stojalu dežemera z nosilcem (m) tako, da je dno dežemera vodoravno. Na zgornji konec nosilnega križa (k) nataknemo uho zgornjega dela dežemera (u).



Slika 5: Hellmanov dežemer (vir: Nav. za delo na pad. postaji, 2005)

Avtomatski dežemer ONSET RG2-M

Na lokalnih postajah, ki so del opazovalne mreže Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, uporabljajo avtomatske dežemere ONSET RG2-M.

Tehnični podatki:

- Merski način: prekucni sistem
- Kapaciteta spomina: do 1600 mm padavin oziroma 8000 prekucov
- Natančnost: 0,2 mm
- Časovna resolucija: 0,5 s
- Premer zbiralne površine 154 mm
- Velikost 165 x 254 mm
- Avtomatsko zbiranje in zapisovanje podatkov (HOBO logger)
- Temperatura delovanja: 0 do +50°C
- Teža: 1 kg

Opis

Sestavljen je iz dveh glavnih delov: zbirne posode s prekucnim sistemom (tipping bucket) merjenja količine padavin ter pomnilnika HOBO. Zbirni del dežemera je iz črnega aluminijastega obroča z ostrimi robovi in lijaka, ki usmerja vodo do prekucnega mehanizma. Vsak prekuc predstavlja 0,2 mm padavin. Prekuci se štejejo na principu magneta. Prekucni mehanizem je povezan s HOBO pomnilnikom, ki beleži čas vsakega prekuca. Zvrnjena voda odteka skozi dno ohišja. Ohišje je aluminijasto. Podatki se pobirajo enostavno s pomočjo majhnega prenosnega spomina (HOBO shuttle) (Povzeto po: Šraj, M., 2004).



Slika 6: Avtomatski dežemer ONSET RG2-M (vir: Šraj, 2004)

2.2.2 Ombrograf

Ombrograf je instrument, ki nam registrira (zapisuje) množino, čas trajanja in jakost padavin.

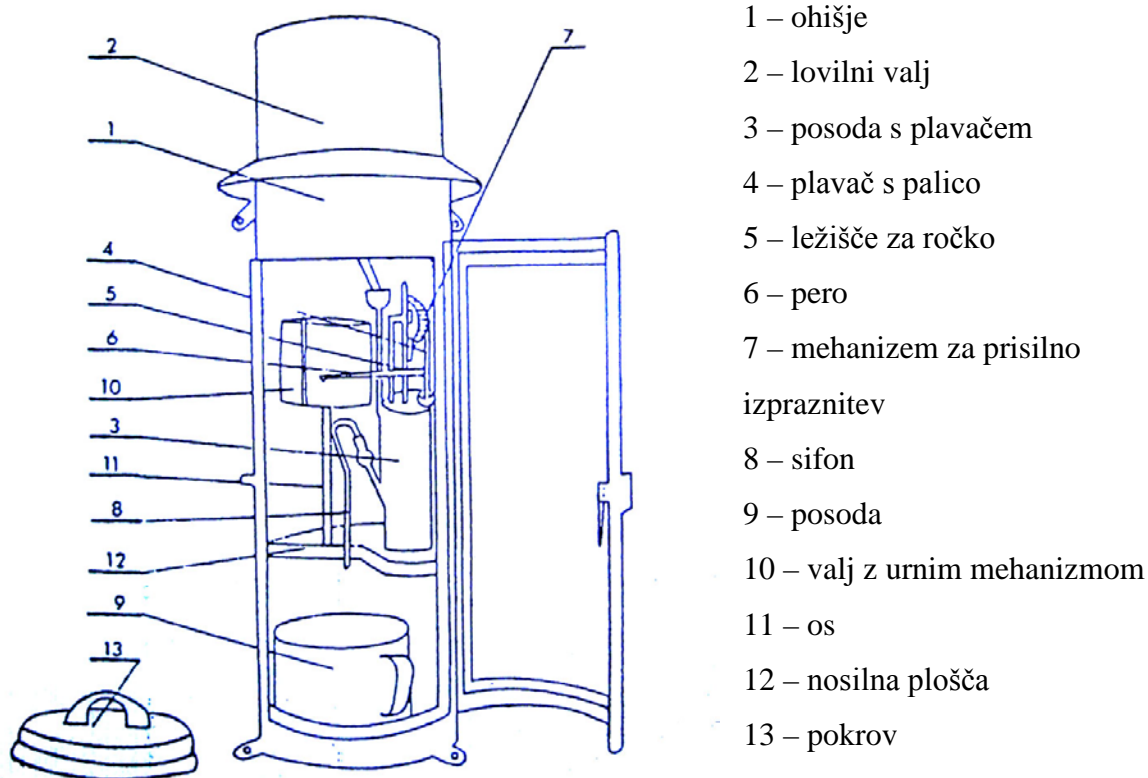
Lovilna odprtina ombrografa je enaka lovilni odprtini ombrometra. Padavinska voda, ki pada skozi lovilno odprtino teče po dovodni cevi v valjasto posodo, kjer dviga plovec, ki je povezan s peresom. Pero piše na diagramu (traku) črto, ki zaznamuje množino, jakost in čas padavin. Valj z uro se zavrti okoli svoje osi v 24 urah.

Diagram (trak) za ombrograf je razdeljen na cele in desetinke milimetra. Vodoravne, debele črte, ki pomenijo cele milimetre, so zaznamovane s številkami od 1 do 10; vmesne, tanjše črte pa pomenijo desetinke milimetra. Če ni padavin, piše pero vodoravno črto. Pokončne črte na diagramu pomenijo čas, in sicer debelejšje črte cele ure, tanjše, vmesne črte pa minute in to prva črta 10 minut, druga 20 minut, tretja 30 minut itd (Nav. za delo na pad. postaji, 2005).

Ombrograf na postaji Letališče Portorož

Na postaji Letališče Portorož merijo padavine z ombrografom tipa Ruski »P-2«, ki ima odprtino 500 cm^2 , mehansko uro in registracijo na trak.

Kadar dežuje, teče voda iz lovilnega valja po dovodni cevi in počasi polni posodo s plavačem. Pri tem se plavač dviga in kazalec s svojim peresom piše po traku krivuljo. Strmina krivulje kaže jakost padavin. Kadar doseže množina padavin v posodi s plavačem 500 cm^3 , pero pa doseže razdelek $100 \pm 0,5$ na diagramu, se plavač dvigne v zgornji položaj in pritisne na podporni vijak, tako premakne vzvod iz zareze na robu drsnega kolesa. Drсно kolo se začne pod vplivom uteži obračati in z izbočenim delom udari po ležišču, ki je pritrjeno na palico plavača ter ga potopi v vodo. Voda, ki jo je izstisnil plavač, izteče iz sifonske cevi in začne odtekati v lonec. Plavač, ki se spušča, sprosti podporni vijak, vzvod ponovno pride v zarezo na drsnem kolesu in ga drži v tem položaju, dokler se spet ne napolni posoda s plavačem. Pri tem se kazalec vrne v ničelno lego. Padavine, ki še naprej pritekajo v posodo s plavačem, spet dvigajo plavač in naprava nadaljuje z zapisovanjem padavin, ponavljajoč delovni krog. Ravne navpične črte, ki potekajo od zgornjega roba traku do njegove ničelne črte, ustrezajo trenutkom izliva vode skozi sifon. Po številu teh črt ugotovimo število praznitev. Vodo, ki se je nabrala v posodi, pri zamenjavi traku izlijemo. Če vodo iz posode izmerimo, lahko kontroliramo pravilnost zapisovanja praznitev (HZB, 1974, cit. po Jošt, 2003).



Slika 7: Ombrograf »P-2« (vir: Nav. za op. in m. na gl. meteo. postajah, 1974)

Tehnični podatki ruskega ombrografa »P-2« (HZB, 1974, cit. po Jošt, 2003):

- ombrograf lahko padavine registrira v kateremkoli časovnem obdobju in kakršnekoli jakosti, pri temperaturah od 0 do 45°C,
- valj z urnim mehanizmom se obrne enkrat v 26 urah, mehanizem navijemo enkrat tedensko,
- 500 cm³ vode se izprazni skozi sifon v največ 20 sekundah,
- najmanjši razmak med navpičnimi črtami na traku pomeni 10 minut, med vodoravnimi pa 0,1 mm padavin,
- debelina črte, ki jo piše pero na traku je 0,3 mm

2.3 Mreža postaj z ombrografi v Sloveniji

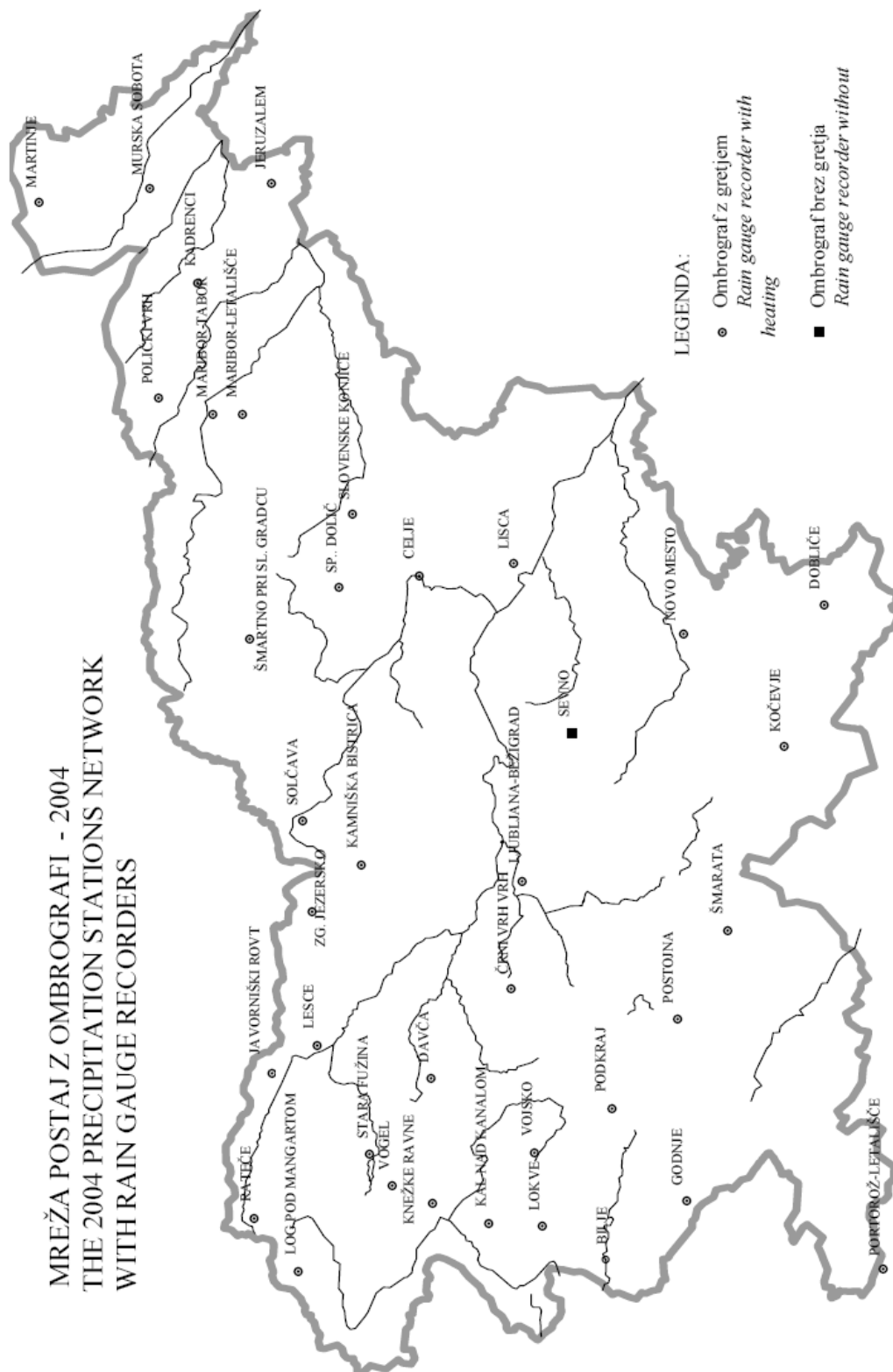
V Sloveniji trenutno deluje mreža postaj z ombrografi, ki obsega 37 merilnih mest (Slika 8). Prva ombrografa sta bila postavljena na postaji Ljubljana – Bežigrad in Maribor, ki neprekinjeno delujeta od leta 1948. Skupno je v Sloveniji vsaj 10 let ali več delovalo 56 postaj z ombrografi (Preglednica 1).

Preglednica 1: Postaje z ombrografi v Sloveniji, ki so delovale vsaj 10 let (Povr. dobe po G. metodi, 2005)

POSTAJA	NADMORSKA VIŠINA [m]	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DOLŽINA	OBDOBJE MERITEV
BABNO POLJE	756	46° 39′	14° 33′	1978 - 1991
BILJE	55	45° 54′	13° 38′	1991 →
BOVEC	452	46° 20′	13° 34′	1970 - 1988, 1990 - 1993, 1999→
BRNIK - LETALIŠČE	384	46° 13′	14° 29′	1970 - 1993
CELJE	244	46° 15′	15° 15′	1970 →
ČEPOVAN	607	46° 03′	13° 48′	1975 - 1991
ČRNI VRH (POLHOV GRADEC)	840	46° 05′	14° 16′	1976 →
ČRNIVEC	842	46° 16′	14° 41′	1977 - 1991
DIVAČA	420	46° 42′	13° 58′	1979 - 1990
DOBLIČE (ČRNOMELJ)	157	46° 34′	15° 09′	1970 →
DUH NA OSTREM VRHU	882	46° 37′	15° 28′	1975 - 1989
GORNJI LENART	150	46° 56′	15° 34′	1970 - 1990
ILIRSKA BISTRICA	414	46° 34′	14° 15′	1975 →
JAVORJE	695	46° 10′	14° 11′	1975 - 1990
JAVORNIŠKI ROVT	940	46° 28′	14° 06′	1975 →
JERUZALEM	345	46° 28′	16° 12′	1976 →
KADRENCI	316	46° 34′	15° 57′	1976 →
KAMNIŠKA BISTRICA	601	46° 20′	14° 36′	1977 →
KNEŠKE RAVNE	752	46° 13′	13° 50′	1975 - 1978, 1981 →
KOČA NAD ŠUMNIKOM	1070	46° 29′	15° 27′	1975 - 1997
KOČEVJE	461	46° 38′	14° 52′	1973 →
LESCE	515	46° 22′	14° 11′	1981 →
LISCA	943	46° 04′	15° 17′	1984 →
LJUBLJANA - BEŽIGRAD	299	46° 04′	14° 31′	1948 →
LJUBLJANA - KLEČE	300	46° 05′	14° 30′	1979 - 1989
MARIBOR	275	46° 32′	14° 39′	1948 →
MARTINJE	390	46° 51′	16° 08′	1976 →

nadaljevanje

MAŠUN	1027	46° 38′	14° 22′	1975 - 1986, 1988
MESTNI VRH	260	46° 28′	15° 53′	1970 -1974, 1976 - 1988
MURSKA SOBOTA	188	46° 38′	16° 11′	1970 -1974, 1976 →
NOVA GORICA	113	46° 57′	13° 39′	1970 -1991, 1976 →
NOVELO	350	45° 51′	13° 40′	1975 - 1991
NOVI LAZI	545	45° 34′	14° 51′	1975 -1990
NOVO MESTO	220	45° 48′	15° 11′	1970 →
PLANINA NAD SEVNICO	575	45° 06′	15° 24′	1975 - 1992
PODKRAJ	799	45° 52′	14° 04′	1984 →
PODPECA	950	46° 29′	14° 50′	1975 - 1992
POLIČKI VRH	280	46° 39′	15° 42′	1975 →
PORTOROŽ - LETALIŠČE	2	45° 28′	13° 37′	1970 →
POSTOJNA	533	45° 46′	14° 12′	1970 →
RADENCI	203	46° 39′	16° 03′	1976 →
RAKITNA	787	45° 53′	14° 26′	1975 - 1986
RATEČE	864	46° 30′	13° 43′	1975 →
ROGAŠKA SLATINA	235	46° 14′	15° 38′	1975 - 1991, 1998 - 2000
RUT	710	46° 12′	13° 54′	1975 - 1989
SEVNO	515	45° 59′	14° 55′	1975 →
SLOVENSKE KONJICE	332	46° 20′	15° 26′	1975 →
SOLČAVA	658	46° 25′	14° 42′	1990 →
STARA FUŽINA	547	46° 17′	13° 54′	1982 →
ŠMARATA	590	45° 41′	14° 29′	1975 →
ŠMARTNO PRI SLOVENJ GRADCU	452	46° 29′	15° 07′	1970 →
UKANC	530	46° 17′	13° 49′	1975 - 1997
VEDRIJAN	258	46° 01′	13° 33′	1975 - 1990
VOGEL	1535	46° 16′	13° 50′	1982 →
ZGORNJA ŠČAVNICA	358	46° 39′	15° 51′	1975 - 1993
ZGORNJE JEZERSKO	894	46° 24′	14° 30′	1977-1986, 1986 →



Slika 8: Mreža postaj z ombrografi, ki so delovali vsaj 10 let (ARSO, 2004)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 Opis modula za določanje erozivnosti padavin RF

Program RF je razvil Petkovšek (2002) za potrebe izračuna dejavnika erozivnosti padavin R, ki nastopa v enačbi USLE oziroma RUSLE. Kasneje se je program izboljšal, tako da lahko izračuna erozivnost po metodah, katerih osnovna enačba ima eksponentno obliko (Jošt, 2003).

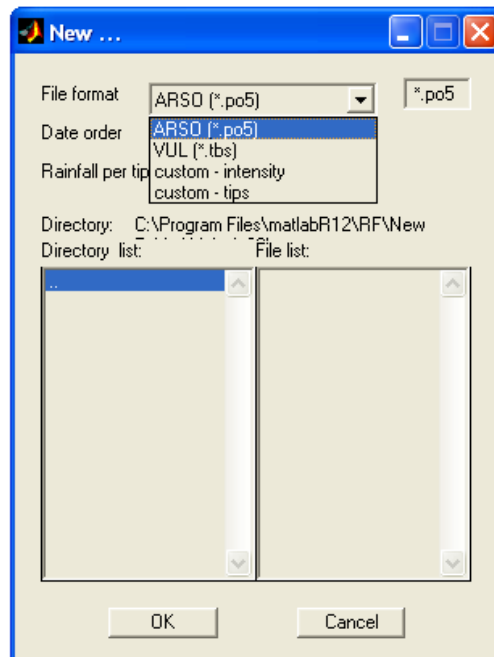
V orodni vrstici se imamo možnosti file, plot, tools in help. File (datoteka op. pisca) omogoča odpiranje novih ali obstoječih datotek in njihovo shranjevanje, ter zapiranje programa. Vhodna datoteka vsebuje podatke o padavinah. Program omogoča vnos podatkov različnih vrst padavinskih podatkov (Priloga A).

Vrsto podatkov, ki jih bomo uporabili v programu izberemo v pogovornem oknu »New« in nato odpremo datoteko s podatki (Slika 9):

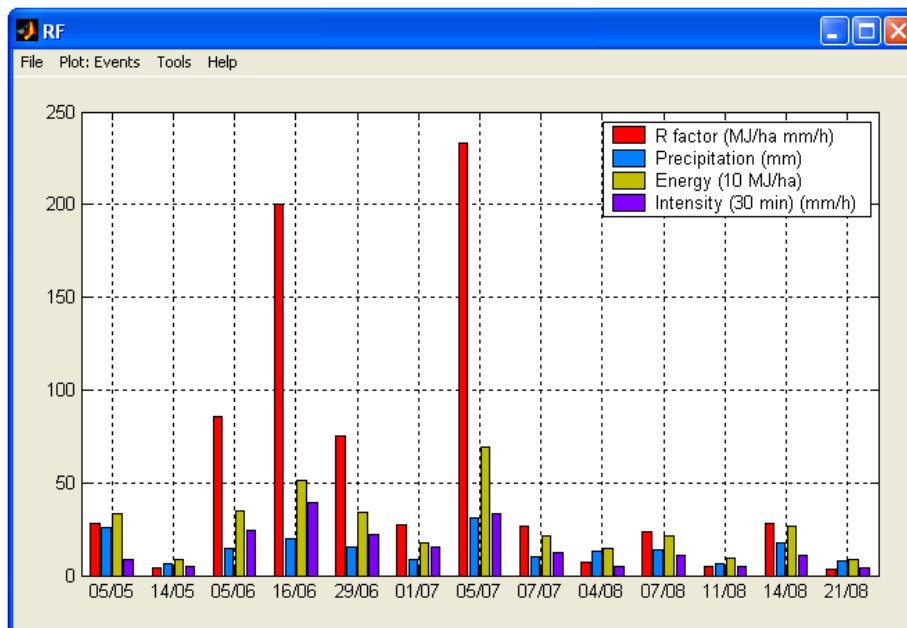
- ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor; podatki z avtomatski dežemerov, ki so merjeni v 5-minutnih časovnih obdobjih
- VUL - Vrije Universiteit Amsterdam; podatki podani v formatu .tbs
- custom - intensity; podatki o padavinah, ki so podani v poljubnih časovnih obdobjih
- custom - tips; časovni podatki, ko se je zgodil padavinski dogodek

Možnost plot v orodni vrstici nam v prvi vrsti omogoča izbiro prikaza spremenljivk. Grafično se lahko prikažejo vse spremenljivke naenkrat ali le posamezna. Program izračuna in prikaže 30-minutno intenziteto le v primeru, da so na časovni osi prikazani dogodki. V drugi vrsti lahko uporabnik nastavi t.i. časovno os (org. angl. time axis), kjer lahko izbira med prikazom dogodkov, dni, tednov, mesecev in let.

Program na podlagi vhodnih podatkov izračuna spremenljivke in jih grafično prikaže (Slika 10): dejavnik erozivnosti padavin R, količina padavin, energija in 30 – minutna intenziteta.



Slika 9: Pogovorno okno programa RF za določitev vhodnih podatkov

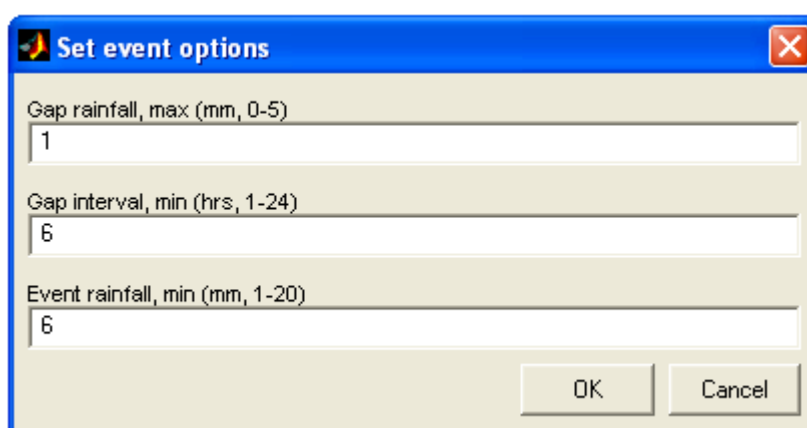


Slika 10: Grafičen prikaz rezultatov

Rezultate je mogoče izvoziti v obliki tekstovne datoteke, tako da lahko podatke obdelujemo za svoje potrebe v programih Wordpad, Excel ipd. (Priloga C).

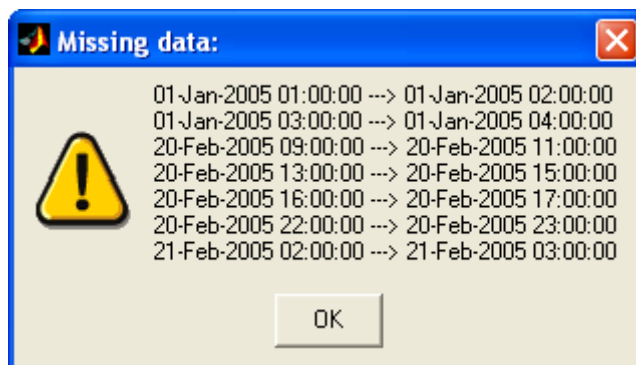
Uporabnik lahko sam določi kriterije za dogodke:

- trajanje dogodka glede na količino padavin (Gap rainfall)
- ločevanje dogodkov (Gap interval)
- količino padavin v dogodku (Event rainfall)



Slika 11: Okno programa RF, kjer lahko določimo kriterije dogodkov

Program omogoča izpis manjkajočih podatkov (Slika 12), pri čemer za manjkajočega šteje zapis z negativno vrednostjo (npr. -99, ki se pojavi če merilno mesto ARSO ne deluje ali -88, ki se pojavi če na merilnem mestu sneži).



Slika 12: Okno programa RF s prikazom manjkajočih podatkov

3.2 Opis in uporaba programa Rusle 2

Rusle 2 je programsko orodje, s katerim v sodobnem računalniškem okolju izračunamo izgubo zemljine, vplive različnih zaščitnih ukrepov itd. Če je predhodnica Rusle 2 enačba Rusle 1 še omogočala uporabo v papirni verziji, je Rusle 2 za to preveč kompleksna. Enačba Rusle 2 se od svojih predhodnic razlikuje po tem, da vrednosti računa za i -ti dan:

$$a_i = r_i * k_i * l_i * s * c_i * p_i, \text{ kjer je} \quad (4)$$

a_i ... poprečna letna izguba zemljine i -ti dan,

r_i ...dejavnik erozivnosti i -ti dan,

k_i ...dejavnik erodibilnosti zemljine i -ti dan,

l_i ...dejavnik dolžine pobočja i -ti dan,

s ...dejavnik naklona pobočja ,

c_i ...dejavnik pokrovnosti in obdelave tal i -ti dan,

p_i ...dejavnik kmetijskih zaščitnih ukrepov i -ti dan.

Rusle 2 se uporablja za pridelovalne površine, pašnike, travnike, prizadete gozdne površine, rudnike, regenerirane površine, gradbišča, nasipe, odlagališča, vojaška vadbena območja, parke, divjino in druga območja. Rusle 2 ni namenjena uporabi za neprizadete gozdne površine, površine kjer minerali zemljine niso izpostavljeni in je površinski odtok rezultat drugih mehanizmov kot je presežek padavin.

3.2.1 Dejavnik erozivnosti padavin R

Dejavnik poprečne letne erozivnosti R je pokazatelj erozivnosti padavin na določeni lokaciji. Za ZDA so vrednosti R dostopni pri USDA-NRCS, vendar gorska območja niso dobro pokrita z merskimi postajami, pa tudi vrednost R se zelo spreminja in moramo vrednost oceniti na podlagi podatkov za najbližjo lokacijo.

Dejavnik R posameznega naliva je enak produktu energije padavin E in največje 30 minutne intenzitete I_{30} :

$$R = E * I_{30} \text{ [MJ/ha mm/h]} \quad (5)$$

Rusle 2 ne računa erozije, ki jo povzroči topljenje snega. Rusle 2 računa erozijo, ki jo povzročijo padavine v obdobju brez snežne odeje. Letna erozivnost se iz leta v leto spreminja. Za doseg sprejemljive ocene poprečne letne erozivnosti so potrebni podatki za obdobje vsaj 15 let, še bolj zaželeno pa je obdobje 20 do 30 let. Ekstremni nalivi s povratno dobo 50 let lahko zelo vplivajo na poprečno letno erozivnost. Erozivnost za i-ti dan je izračunana z množenjem poprečne letne vrednosti R z frakcijo erozivnosti f_i , ki se zgodi na i-ti dan: $r_i = f_i * R$. Za območja v ZDA, ki so bolj občutljiva oziroma se erozija odraža v večji meri kot na ostalih območjih, se uporablja ekvivalentne R vrednosti - R_{eq} .

Pri izračunu dejavnika erozivnosti padavin R se upošteva le erozivne dogodke. Erozivni dogodek je definiran kot dogodek, če pade skupaj najmanj 12 mm padavin, oziroma največja skupna količina padavin v pol ure preseže 6 mm. Dva dogodka sta ločena, če med njima obstaja šest urni interval, v katerem pade manj kot 1,2 mm padavin (Petkovšek, 2002).

3.2.2 Dejavnik erodibilnosti zemljine K

Dejavnik erodibilnosti zemljine K predstavlja kombiniran vpliv dovzetnosti zemljine za sproščanje in transport, količino in razmerje odtoka, ki povzroči posamezno padavinsko erozivnost, kot je merjena v standardnih pogojih. Dejavnik K je popolnoma empirična mera erodibilnosti in ne temelji na procesih erozije. Zemljine s fino sestavo - visok delež gline - imajo nizke vrednosti K (0,04-0,2), ker je odtok majhen, kljub temu da niso odporne sproščanje (Foster in sod., 2003). Dejavnik K zmanjšujejo tudi organski delci v zemljini, saj povzročajo zlepljanje zemljine in večjo odpornost na sproščanje. Vrednosti dejavnika K za območje ZDA lahko najdemo v poročilu o zemljinah USDA-NRCS, kjer se nahajajo podatki za vse sloje obdelovalnih površin ter za nekatera ostala področja rabe. Za ostala območja, kot v našem primeru, Rusle 2 oceni K s pomočjo nomograma erodibilnosti zemljine Rusle 2.

3.2.3 Topografski dejavniki

Informacije o topografiji so shranjene kot komponente profila in delovnega lista v bazi podatkov Rusle 2. Topografija je v Rusle2 predstavljena z uporabo treh slojev: postopki obdelave, zemljina in geometrija profila pobočja. Segmenti so oblikovani za vsak sloj z določitvijo lokacije meja med segmenti. Vnosi so izbrani za vsak segment postopkov obdelave in zemljine, za vsak segment so vnešene vrednosti za naklon. Torej Rusle 2 lahko upošteva različne postopke obdelave in pokrovnosti, zemljine in spreminjanje naklona vzdolž pobočja, vse v medsebojni odvisnosti.

3.2.4 Dejavnik pokrovnosti in obdelave tal C

Dejavnik pokrovnosti in obdelave C je razmerje izgube zemljine, ki je izguba zemljine v danih pogojih pokrovnosti in obdelave deljena z izgubo zemljine z enotnega zemljišča na isti lokaciji na enakih tleh in delu pobočja in pri enakem naklonu kot so specifični pogoji območja. To razmerje izgube zemljine opisuje vpliv pokrovnosti in obdelovalnih postopkov na erozivnost in erodibilnost. Metoda delnih dejavnikov uporabljena v Rusle 2 za izračun vrednosti dejavnika pokrovnosti in obdelave tal C, mu daje njegovo neodvisnost. Na dejavnik C vplivajo: vegetacija, površinski pokrov, hrapavost tal, višina grebenov, biomasa tal, konsolidacija tal, prehodna vlažnosti tal.

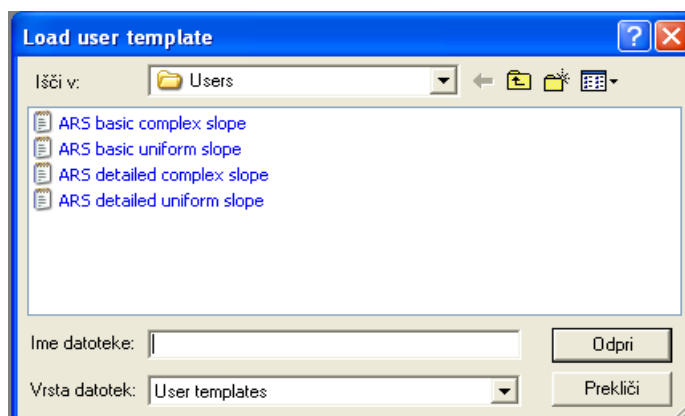
3.2.5 Uporaba Rusle 2

Program Rusle 2 je bil zadnjič posodobljen leta 2005. Na svetovnem spletu sta dostopni dve verziji:

- RUSLE2 ARS Version Jan 19 2005 (različica namenjena kmetijskim površinam in je delo ARS - Agricultural Research Service)
- RUSLE2 1.25.8.0 (Dec 19 2005) (različica namenjena tako kmetijskim, kot ostalim površinam in je delo NRCS - Natural Resources Conservation Service)

Verzija ARS je bolj fleksibilna, kar pomeni, da uporabnik ni omejen le na uporabo baz podatkov, ki jih vsebuje sam program, temveč lahko podatke spreminja in dodaja. Delovno okolje programa je zasnovano sodobno in prilagojeno programskemu okolju Windows.

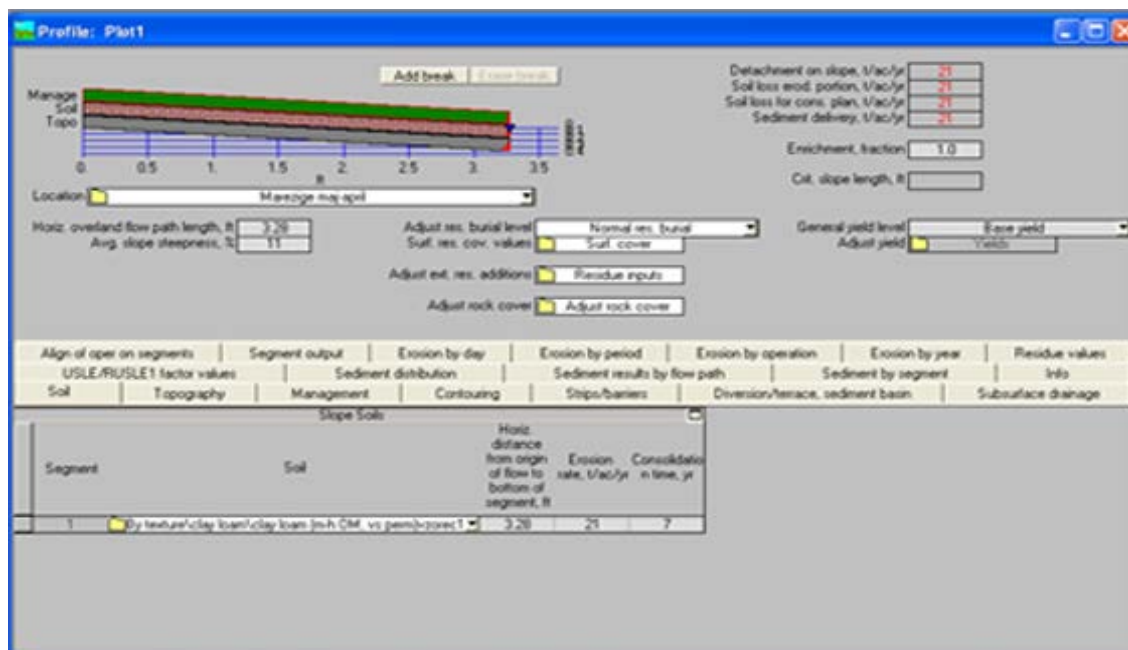
Delo z Rusle 2 pričnemo z izborom ustreznega delovnega profila, s čimer določimo obliko samega pobočja (enostavna, kompleksna) in količino podatkov, ki jih bomo uporabili v programu.



Slika 13: Izbor delovnega profila

V pogovornem oknu najprej določimo topografske lastnosti pobočja: naklon, dolžina. Če je pobočje kompleksno, lahko mesto spremembe naklona označimo na samem grafičnem prikazu profila.

V pogovornem oknu Tla (org. Soil) uporabnik določi lastnosti zemljine, način izračuna erodibilnosti in t.i. hidrološki razred, ki opredeljuje količino površinskega odtoka. Najprej je priporočljivo izbrati teksturni razred zemljine, količino organskih snovi in prepustnost, nato pa prilagoditi deleže v posameznih velikostnih razredih delcev.

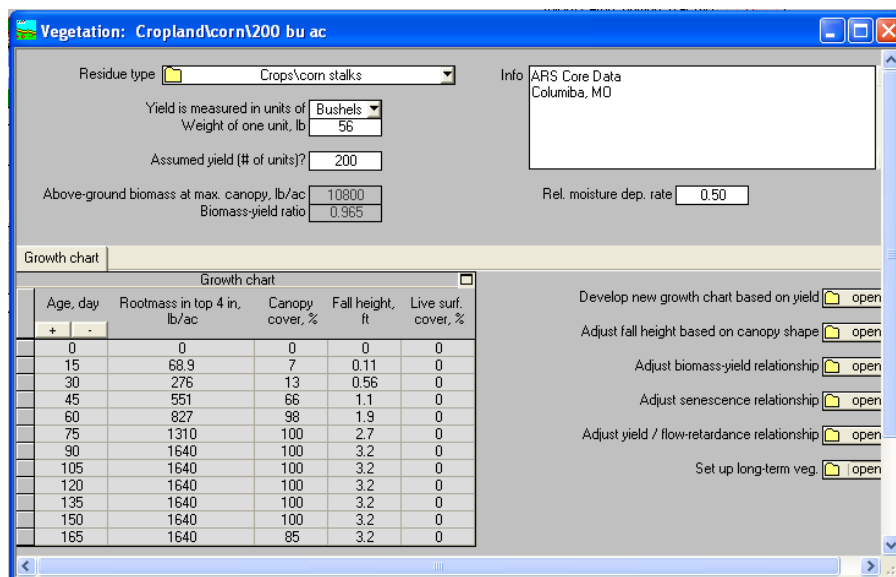


Slika 14: Detajlen kompleksen profil (org. ARS detailed complex slope)

The screenshot shows the 'Soil: By texture\clay loam\clay loam (m-h OM, vs perm)vzorec1' dialog box. It contains several input fields and buttons for adjusting soil properties. The 'Erodibility, US' field is set to 0.37. The 'Texture' is set to 'Clay loam'. The 'Hydrologic class' is set to 'D - highest runoff'. The 'T value, t/ac/yr' is set to 3.0. Below the input fields, there is an 'Info' section with a text area containing the following text: 'OM-organic matter content in unit plot condition', 'Structure typical for particular texture', 'Perm-SOIL PROFILE permeability rating in unit plot condition', 'MUST ASSIGN HYDROLOGIC SOIL GROUP to soil in site-specific situation to compute effect of subsurface drainage', 'Soil erodibility factor value computed with RUS LE2 modified soil erodibility nomograph', and 'Use for mixed soils and soils at construction sites, surface mine, landfills, and other similar highly disturbed areas'.

Slika 15: Pogovorno okno za določitev lastnosti tal

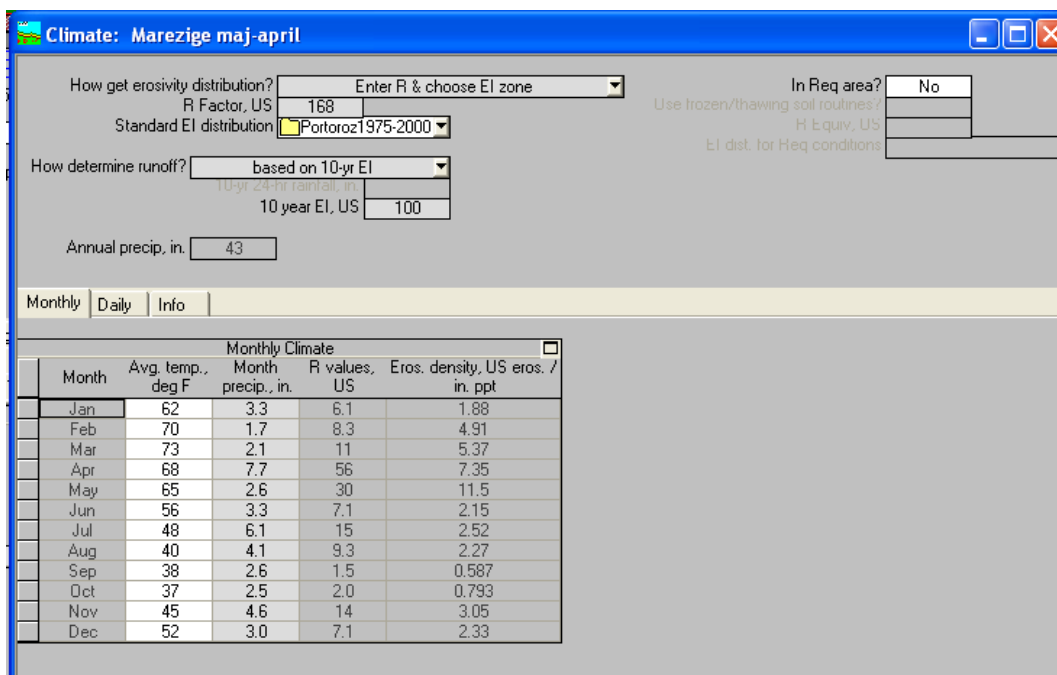
V pogovornem oknu Management določimo vrsto rabe tal (vegetacija) in obdelovalne postopke, ki jih izvajamo na pobočju. Slika 16 prikazuje okno, v katerem izberemo vrsto vegetacije, na podlagi česar nam program prikaže tudi sam potek rasti in vpliv vegetacije (količino biomase v zemljini, višino padca vodnih kapelj na površino, rastlinsko zaščito in zaščitenost površine).



Slika 16: Vegetacija (org. Vegetation)

V okviru lokacije našega pobočja določimo tudi lastnosti podnebja. V oknu Podnebje (org. Climate) določimo:

- način porazdelitve erozivnosti (izberemo iz baze podatkov ali jo ročno vnesemo v polmesečnih periodah)
- način izračuna odtoka
- mesečne in dnevne vrednosti padavin
- mesečne in dnevne temperature



Slika 17: Okno za določanje lastnosti podnebja (org. Climate)

3.3 Poskusne ploskve

Namen poskusnih ploskev v povodju Dragonje je meritev erozije prsti in jih lahko uvrstimo med erozijske plote. Pri Marezigah je bilo v marcu in aprilu leta 2005 v okviru raziskovalnega dela Matije Zorna postavljenih osem poskusnih ploskev. Poskusne ploskve so omejene s kovinskim okvirjem površine $1 \times 1 \text{ m}^2$ in višine 20 cm, ki se zaključuje z lijakom in lovilno posodo (Slika 18-25). Stranice ploskve so vkopane tako, da je poskusna ploskev fizično ločena od okolice.

Ploskvi št. 1 in 2 sta postavljeni na neobdelanem in neporaščenem delu mladega oljčnika. Ploskvi 3 in 4 sta postavljeni na travniku v zaraščanju. Ploskve 5, 6, 7, in 8 so postavljene v gozdu. S pantometrom so bili izmerjeni nakloni ploskev, ki se gibljejo od $4,6^\circ$ do $22,2^\circ$.

Preglednica 2: Kronološki pregled postavitve poskusnih ploskev in število opravljenih in obravnavanih meritev

Poskusna ploskev št.								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Datum postavitve ploskve	31.03.2005	31.03.2005	13.04.2005	13.04.2005	12.05.2005	12.05.2005	13.04.2005	12.05.2005
Zadnja opravljena meritev	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006	20.04.2006
Število vseh meritev	42	46	38	31	36	35	43	41
Število meritev v obdobju 21.04.2005 - 20.4.2006	39	43	38	31	36	35	42	41

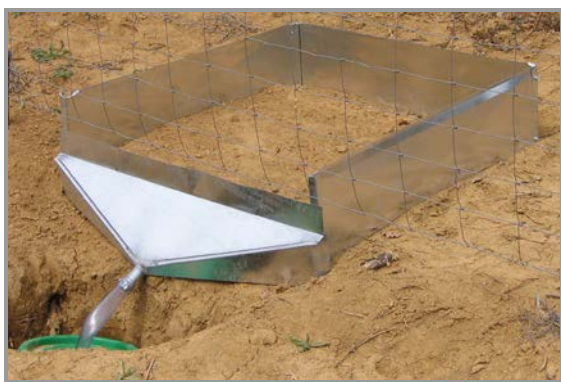
Na terenu so bili odvzeti štiri vzorci zemljine. V laboratoriju, kjer so opravili analizo, so vse štiri vzorce uvrstili v razred ilovnata glina. Med analizo so izmerili tudi organski ogljik v zemljini, katerega delež je bil zelo visok. Sam program ima varnostno opozorilo v primeru prevelike vsebnosti organskih snovi, kar posledično pomeni izredno majhno erodibilnost zemljine. Program Rusle 2 je na podlagi analize zemljine sam razvrstil vzorce v razrede. Morebitna odstopanja so lahko tudi posledice različnih klasifikacijskih razredov velikosti delcev (Preglednica 3). Erodibilnost zemljine je program izračunal po standardnem nomogramu, ki se opira predvsem na delež zelo drobnega peska (org. angl. very fine sand), ki ima premer od 0,05 do 0,1 mm. Zaradi različnih mej razreda je možno določeno odstopanje od realnih vrednosti.

V nalogi smo izračune opravili s programom Rusle 2, verzija ARS januar 2005. Verzija ARS (Agricultural Research Service) je namenjena predvsem kmetijskim površinam, vendar smo v nalogi obravnavali vse ploskve, pri čemer smo za ploskve v gozdu le prilagodili dejavnik C in nismo interpretirali letnega ciklusa rasti dreves.

V sklopu poskusnih ploskev je bil postavljen tudi dežemer Marezige, ki smo ga obravnavali v sklopu lokalnih postaj.

Preglednica 3: Analiza vzorcev zemljine in njihovo poimenovanje po MIT klasifikaciji in klasifikaciji Rusle 2 (Zorn, 2006)

Poskusna ploskev št.	1	2	3	4	5	6	7	8
tekstura zemljine	vzorec 1		vzorec 2		vzorec 3		vzorec 4	
glina G [%]	30,30		26,60		30,90		29,70	
melj M [%]	34,30		30,30		28,10		22,40	
droben pesek DP [%]	33,03		40,33		37,61		35,58	
grobi pesek GP [%]	2,37		2,77		3,39		12,32	
vsebnost ogljika C [%]	6,33		7,67		8,31		12,51	
organska snov [%] *	10,91		13,22		14,33		21,57	
klasifikacija zemljine MIT	IG (ilovnata glina)		IG (ilovnata glina)		IG (ilovnata glina)		IG (ilovnata glina)	
klasifikacija zemljine Rusle 2	ilovnata glina (org. clay loam)		ilovica (org. loam)		ilovnata glina (org. clay loam)		peščena glinasta ilovca (org. sandy clay loam)	



Slika 18: Poskusna ploskev št. 1



Slika 19: Poskusni ploskvi št. 1 in 2

* Opomba: organska snov = % C * 1,724 (vir: Zupanc et al., 2004)



Slika 20: Travnik v zaraščanju



Slika 21: Poskusna ploskev št. 3



Slika 22: Poskusna ploskev št. 5



Slika 23: Poskusna ploskev št. 7



Slika 24: Pogled z vrha na ploskev št. 5



Slika 25: Vtočni lijak in lovilna posoda

4 ANALIZE PADAVINSKIH PODATKOV

4.1 Analiza lokalnih postaj

4.1.1 Opis stanja

Na območju reke Dragonje oddelek Splošne hidrotehnike Fakultete za gradbeništvo in geodezijo razpolaga s šestimi avtomatskimi dežemeri ONSET RG2-M. Prvi štirje dežemeri so pričeli z delovanjem 29.10.2004 in sicer pri vaseh Boršt, Labor, Rokava in Stara Vala. Konec aprila 2005 je bil postavljen dežemer pri Marezigah predvsem za potrebe raziskovanja erozije tal. V oktobru istega leta je bil postavljen še dežemer v Kocjančičih, ki smo ga zaradi prekratkega obdobja delovanja izločili iz analize. V preglednici 4 so podane koordinate posameznih dežemerov. Dežemer v Marezigah je postavljen zraven poskusnih erozijskih ploskev.

V analizo lokalnih dežemerov smo zajeli pet dežemerov in jih dodatno primerjali tudi z podatki s postaje ARSO na Letališču Portorož. Z analizo prostorske in časovne spremenljivosti padavin in njihove erozivnosti smo želeli pokazati na pomembnost celostne obravnave erozije tal, ki vključuje tudi merjenje količine padavin na lokalnem območju, saj je sama mreža ARSO premalo gosta za tovrstno obravnavo.

Letne vrednosti erozivnost padavin in količine padavin ter število erozivnih dogodkov smo obravnavali dvakrat. Najprej smo naredili analizo leta 2005 za postaje Boršt, Labor, Rokava in Stara Vala. Drugič smo analizirali enoletno obdobje 21.04.2005 – 20.4.2006 za vse že prej naštete postaje in dodatno še Marezige.

Preglednica 4: Podatki o Gauss-Krügerjevih koordinatah lokalnih dežemerov na območju Dragonje

Lokacija	X	Y	Z	obdobje delovanja	obdobje nedelovanja
Boršt	5407324	5038481	333	29.10.2004 -	—
Kocjančiči	5410303	5041869	273	20.10.2005 -	—
Labor	5403202	5037352	228	29.04.2004 -	—
Marezige	5406105	5039998	187	21.04.2005 -	—
Rokava	5402949	5037488	74	29.04.2004 -	16.08.-16.09.2005
Stara Vala	5398205	5035301	30	29.04.2004 -	29.03.-13.06.2005

4.1.2 Leto 2005

4.1.2.1 Letne vrednosti

Postaje so razporejene v smeri JZ-SV. Največ padavin je v letu 2005 padlo v Borštu, ki je tudi najbolj severozahodna postaja, torej najbolj odmaknjena od obale (Preglednica 5). Na padavinski karti Slovenske Istre je Boršt v območju od 1100 do 1200 mm padavin na leto, kar pomeni da naj bi v poprečju tam padlo vsaj 100 mm padavin več. Postaji Rokava in Stara Vala imata praktično enako količino padavin. Postaja Labor je glede na geografsko lego med postajo Boršt in Rokavo, v letu 2005 pa je tam padlo najmanj padavin.

Preglednica 5: Pregled letnih vrednosti padavin P in erozivnosti padavin R za lokalne postaje

	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala
P [mm]	1013,2	964,6	879,3	863,4
R [MJ/ha mm/h]	2578,8	2058,5	2152,4	2173,3

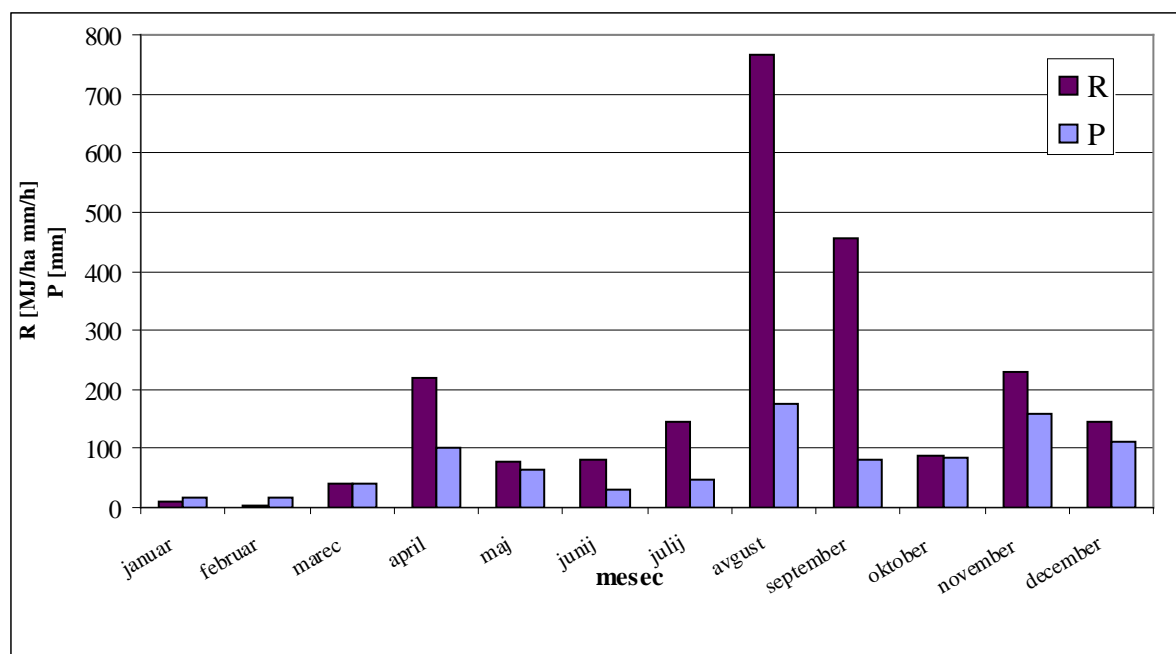
Dejavnik erozivnosti je bil največji na postaji Boršt, najmanjši na postaji Labor. Razlika med postajama Rokava in Stara Vala pri količini padavin je majhna (16 mm), enako tudi v dejavniku erozivnosti padavin (21 MJ/ha mm/h), vendar ima Stara Vala manj padavin z večjo erozivnostjo. Razlika v količini padavin med postajo Labor in Staro Valo je 100 mm, razlika v erozivnosti padavin je le 115 MJ/ha mm/h, med tem ko je razlika v količini padavin med postajo Boršt in Labor 50 mm in v dejavniku erozivnosti kar 520 MJ/ha mm/h.

4.1.2.2 Mesečne vrednosti

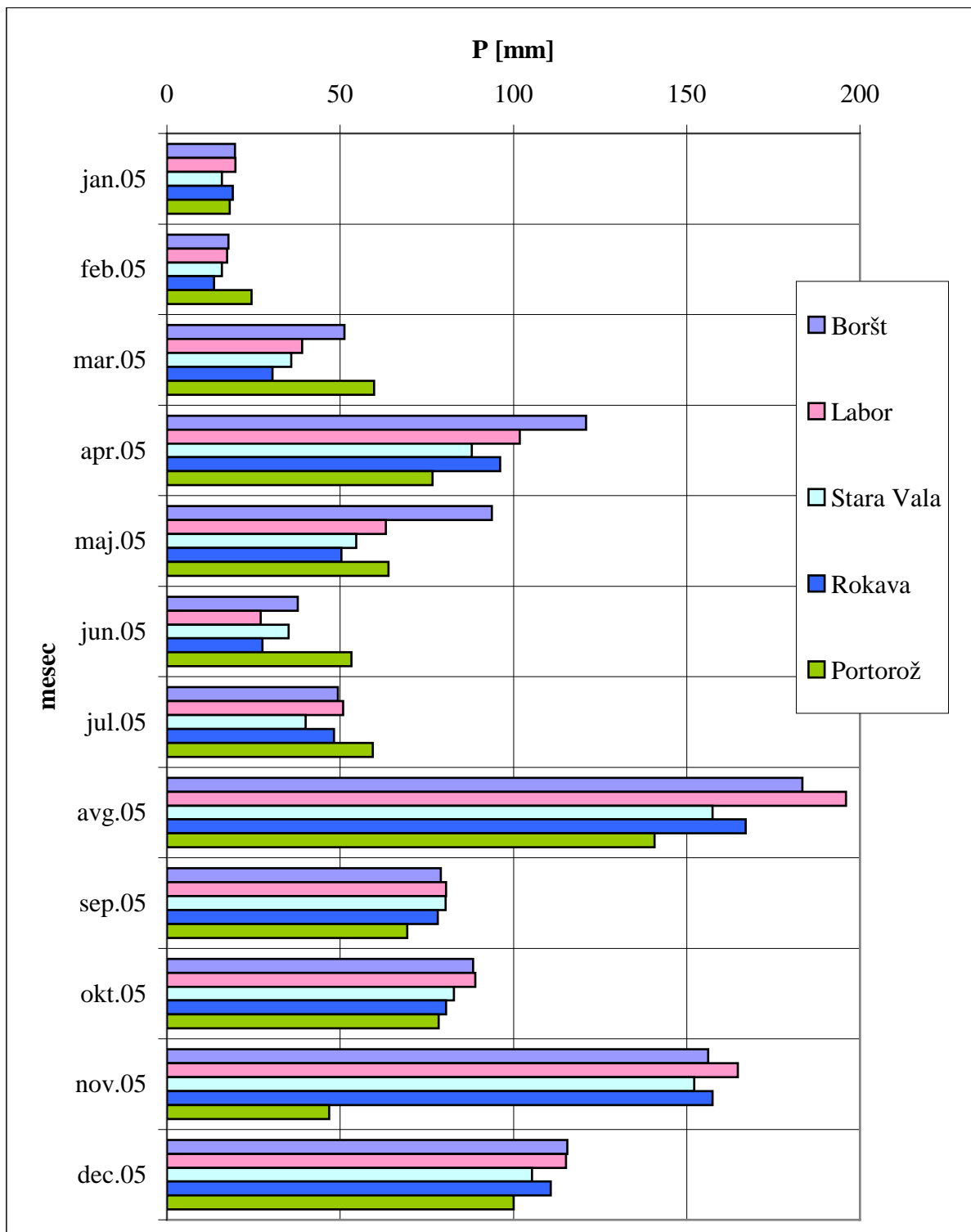
Na vseh postajah je bil avgust najbolj bogat mesec s padavinami (Preglednica 6). Največ jih je padlo na območju Laborja (196 mm). Februarja je padlo najmanj padavin, pri čemer jih je bilo najmanj na postaji Rokava (13,6 mm). Vse postaje so imele več kot 150 mm padavin v novembru in več kot 100 mm v decembru. Padavinsko bogati meseci so tudi april (nad 100 mm Boršt in Labor), ter september in oktober (vse postaje okoli 80 mm).

Preglednica 6: Pregled padavin po mesecih leta 2005 za lokalne dežemere

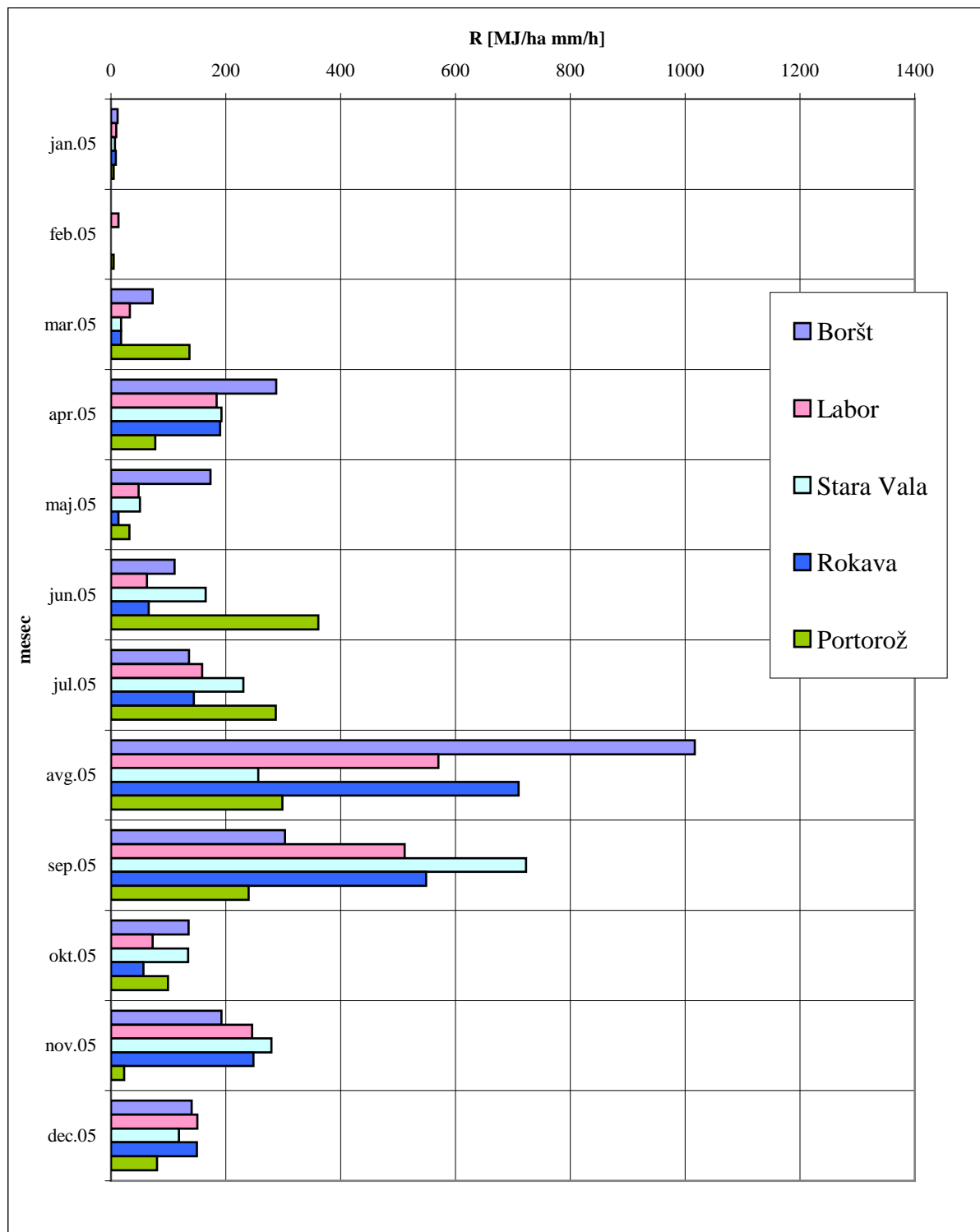
P [mm]					
mesec	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala	Poprečje
jan.05	19,6	19,8	19,0	15,8	18,6
feb.05	17,8	17,4	13,6	15,8	16,2
mar.05	51,2	39,0	30,4	35,9	39,1
apr.05	121,0	101,8	96,2	88,0	101,7
maj.05	93,8	63,2	50,4	54,6	65,5
jun.05	37,8	27,0	27,6	35,1	31,9
jul.05	49,4	50,8	48,2	40,0	47,1
avg.05	183,4	196,0	167,0	157,4	175,9
sep.05	79,0	80,6	78,2	80,4	79,5
okt.05	88,4	89,0	80,6	82,8	85,2
nov.05	156,2	164,8	157,4	152,2	157,7
dec.05	115,6	115,2	110,8	105,4	111,8
Skupaj	1013,2	964,6	879,3	863,4	930,1



Slika 26: Letna porazdelitev poprečnih mesečnih padavin in erozivnosti padavin za lokalne postaje v letu 2005



Slika 27: Mesečne količine padavin v letu 2005 za lokalne postaje in postajo Portorož Letališče



Slika 28: Mesečne količine erozivnosti padavin R v letu 2005 za lokalne postaje in postajo Portorož Letališče

V poprečju je bil najbolj eroziven mesec avgust, sledijo mu september, november in april (Preglednica 7). V avgustu je bila največja erozivnost padavin dosežena na postajah Boršt, Labor in Rokava. Dejavnik erozivnosti je bil največji na postaji Boršt, in sicer 1017 MJ/ha mm/h. Na območju Stare Vale je najvišja izračunana erozivnost padavin v septembru, in sicer 722,8 MJ/ha mm/h, v avgustu je bila skoraj trikrat manjša, 256,4 MJ/ha mm/h. Najmanjša poprečna vrednost erozivnosti padavin je bila v februarju, ko je bila na postajah Boršt, Rokava in Stara Vala ničelna. Na postaji Labor je bila najmanjša vrednost dosežena januarja, in sicer 9,5 MJ/ha mm/h.

Preglednica 7: Mesečne vrednosti erozivnosti padavina R v letu 2005 za lokalne dežemere in postajo Portorož Letališče

R [MJ/ha mm/h]					
mesec	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala	Poprečje
januar	11,7	9,5	8,7	6,6	10,0
februar	0,0	12,9	0,0	0,0	4,3
marec	72,2	32,8	17,4	17,3	40,8
april	287,4	184,0	190,1	192,6	220,5
maj	173,3	48,0	13,0	50,2	78,1
junij	111,0	62,6	65,5	164,9	79,7
julij	135,8	158,5	144,3	230,6	146,2
avgust	1017,0	570,4	709,9	256,4	765,8
september	302,8	511,1	549,1	722,8	454,3
oktober	134,8	72,4	56,7	134,2	88,0
november	192,3	246,2	248,1	279,1	228,8
december	140,6	150,2	149,6	118,6	146,8
Skupaj	2578,8	2058,5	2152,4	2173,3	2263,2

Preglednica 8: Število erozivnih dogodkov po mesecih za lokalne postaje v letu 2005

	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
Boršt	1	0	5	5	8	3	4	9	4	5	5	8
Labor	1	1	3	6	4	2	4	9	4	4	5	7
Rokava	1	0	3	6	1	2	3	6	4	3	5	8
Stara Vala	1	0	2	6	4	3	3	9	4	4	5	7
Skupaj	4	1	13	23	17	10	14	33	16	16	20	30
Poprečje	1	0	3	6	4	3	4	8	4	4	5	8

Pregled erozivnih dogodkov po mesecih (Preglednica 8) pokaže na zanimivo lastnost zimskih padavin. V mesecu avgustu se na vseh lokalnih postajah skupaj zvrsti 33 erozivnih dogodkov, v mesecu decembru pa 30. V avgustu je dejavnik erozivnosti padavin 767 MJ/ha mm/h, medtem ko je v decembru le 146 MJ/ha mm/h, kar je 5-krat manj. V februarju je bila erozivnost padavin najmanjša, saj se je zgodil le en dogodek na postaji Labor.

V poprečju se je največ (8) dogodkov zgodilo avgusta in decembra. V aprilu je bilo 6 dogodkov in novembra pet.

4.1.3 Obdobje 21.4.2005 – 21.04.2006

4.1.3.1 Letne vrednosti

Za obdobje od 21.04.2005 do 20.04.2006 smo se odločili zaradi pričetka delovanja dežemera pri Marezigah, ki je v nadaljevanju služil za izračun sproščanja prsti s pomočjo programa Rusle 2. V enoletnem obdobju smo obravnavali lokalne postaje Boršt, Marezige, Rokava in Stara Vala. Dežemer v Laborju je bil v okvari in podatki za obdobje 04.01.2006 – 20.04.2006 niso bili na voljo, zato smo postajo iz analize izločili.

Dejavnik erozivnosti je bil največji v Marezigah (2766 MJ/ha mm/h), kljub temu da je bilo v Borštu 40 mm padavin več (Preglednica 9). Zanimivo je bila v Marezigah kar 500 MJ/ha mm/h večja erozivnost kot v Rokavi, pri čemer je bila razlika v padavinah majhna (60mm). Postaji Rokava in Stara Vala sta imeli približno enako erozivnost, pri razliki padavin 60 mm. Iz teh podatkov lahko zopet potrdimo, da letna količina padavin ni poglavitni dejavnik za erozivnost padavin, temveč na to vplivajo erozivni dogodki. Podatki kažejo tudi na pomen lokalnih postaj ne toliko za merjenje same količine padavin, kot za njihovo intenziteto in posledično erozivnosti le-teh.

Preglednica 9: Enoletne vrednosti padavin in erozivnosti padavin za lokalne postaje

	Boršt	Marezige	Rokava	Stara Vala
P [mm]	1110,8	1069,6	1009,1	958,5
R [MJ/ha mm/h]	2543,0	2766,5	2270,7	2235,2

4.1.3.2 Mesečne vrednosti

Zaradi lažje in bolj smiselne analize smo mesečne vrednosti obravnavali v obdobju od 1.5.2005 do 30.4.2006. V poprečju je bil padavinsko najbogatejši mesec avgust, ko so svoj maksimum dosegle vse postaje. Največ padavin je padlo na območju vasi Marezige (195 mm). Veliko padavin je padlo tudi novembra, v poprečju kar 155 mm, tudi decembra in marca je padlo v poprečju nad 100 mm padavin (Preglednica 10).

Od avgusta do novembra, to je v štirih mesecih pade na vseh postajah skoraj polovica letnih padavin. V avgustu pade na vseh postajah približno 17 % letne količine padavin.

V poprečju je bil najbolj eroziven mesec avgust, sledijo mu september, november in marec. (Preglednica 11). V avgustu je bila največja erozivnost padavin dosežena na postajah Boršt, Marezige in Rokava. Na postaji Stara Vala je bil maksimum dosežen v septembru. Dejavnik erozivnosti je bil največji na postaji Marezige, in sicer 1398 MJ/ha mm/h. Na območju Stare Vale je najvišja izračunana erozivnost padavin v septembru, in sicer 722,8 MJ/ha mm/h, v

avgustu je bila kar skoraj trikrat manjša, 256,4 MJ/ha mm/h. Najmanjša poprečna vrednost erozivnosti padavin je bila v januarju, ko je bil dosežen minimum na postajah Boršt in Rokava. Najnižjo vrednost sta postaji Marezige in Stara Vala dosegli v februarju.

Preglednica 10: Mesečne vrednosti padavin P za lokalne dežemere, maj 2005 – april 2006

P [mm]					
mesec	Boršt	Merzige	Rokava	Stara Vala	Poprečje
maj	93,8	82,8	50,4	54,6	70,4
junij	37,8	42,8	27,6	35,1	35,8
julij	49,4	53,8	48,2	40,0	47,9
avgust	183,4	195,0	167,0	157,4	175,7
september	79,0	65,8	78,2	80,4	75,8
oktober	88,4	83,6	80,6	82,8	83,9
november	156,2	155,0	157,4	152,2	155,2
december	115,6	104,0	110,8	105,4	109,0
januar	64,0	66,2	68,4	59,8	64,6
februar	70,8	62,6	62,4	51,4	61,8
marec	121,0	115,8	118,0	104,6	114,9
april	86,8	77,4	75,2	73,6	78,3
Skupaj	1146,2	1104,8	1044,1	997,3	1073,1

Preglednica 11: Mesečne vrednosti erozivnosti padavin R na lokalnih postajah, maj 2005 – april 2006

R [MJ/ha mm/h]					
mesec	Boršt	Merzige	Rokava	Stara Vala	Poprečje
maj	173,3	131,0	13,0	50,2	91,9
junij	111,0	153,7	65,5	164,9	123,8
julij	135,8	170,5	144,3	230,6	170,3
avgust	1017,0	1397,8	709,9	256,4	845,3
september	302,8	209,4	549,1	722,8	446,0
oktober	134,8	97,4	56,7	134,2	105,8
november	192,3	200,0	248,1	279,1	229,9
december	140,6	148,2	149,6	118,6	139,3
januar	26,0	24,0	23,1	18,5	22,9
februar	59,3	16,2	26,7	14,8	29,3
marec	188,1	186,5	252,3	207,0	208,5
april	87,1	128,6	50,7	159,0	106,3
Skupaj	2568,0	2863,2	2289,0	2356,0	2519,1

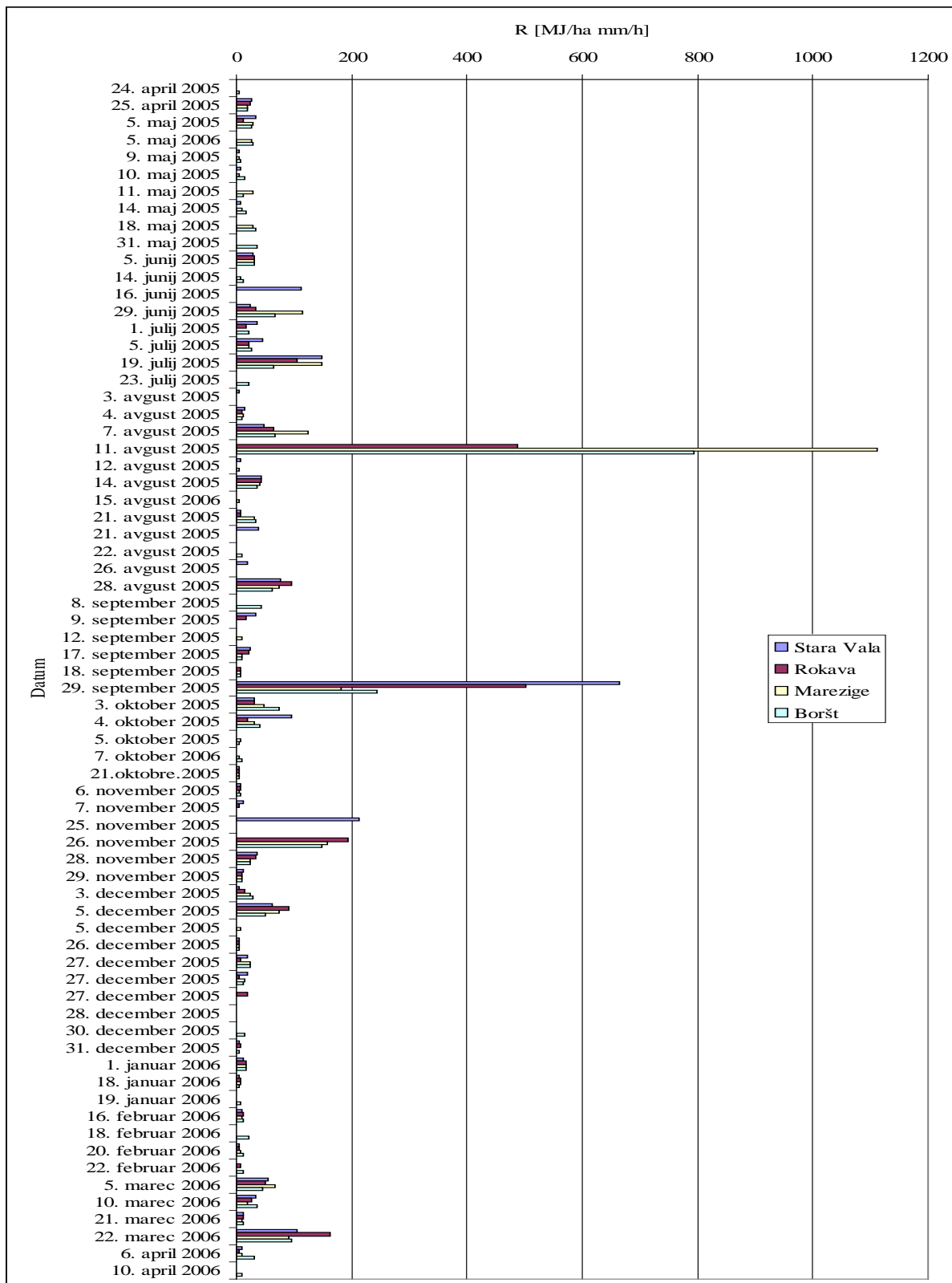
4.1.3.3 Erozivni dogodki

Kot je bilo razvidno iz preglednice 12, se največ dogodkov zgodi jeseni. Zanimivo je tudi, da se je leta 2005 na vseh postajah skupaj v zadnji tretjini aprila zgodilo 8 erozivnih dogodkov, medtem ko se jih je v prvih dveh tretjinah zgodilo le 5.

Preglednica 12: Porazdelitev erozivnih dogodkov po mesecih od 21.04.2005 do 20.04.2006

	21.- 30. april 05	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december	januar	februar	marec	1.- 20. april 06	Skupaj
Boršt	2	8	3	4	9	4	5	5	8	3	4	4	2	61
Marezige	2	7	3	2	7	4	5	5	7	2	2	4	1	51
Rokava	2	1	2	3	6	4	3	5	8	2	3	4	1	44
Stara Vala	2	4	3	3	9	4	4	5	7	2	2	4	1	50
Skupaj	8	20	11	12	31	16	17	20	30	9	11	16	5	
Poprečje	2	5	2,75	3	7,75	4	4,25	5	7,5	2,25	2,75	4	1,25	

Postaja Marezige je imela največjo letno erozivnost padavin, vendar se je zgodilo kar 9 erozivnih dogodkov manj kot na postaji Boršt (61 dogodkov). V Marezigah se je največji dogodek zgodil 11.avgusta 2005, ko je prispeval kar 40 % celotne letne erozivnosti ali 1100 MJ/ha mm/h. Istega dne se je največji dogodek zgodil na postaji Boršt, vendar je letni erozivnosti prispeval le 793 MJ/ha mm/h ali 31 %. Zanimivo je, da tistega dne na postaji Stara Vala sploh ni bilo zabeleženega erozivnega dogodka. Največji dogodek na postaji Stara Vala se je zgodil 29.septembra 2005.



Slika 29: Pregled erozivnih dogodkov na lokalnih postajah od 21.4.2005 do 20.04.2006

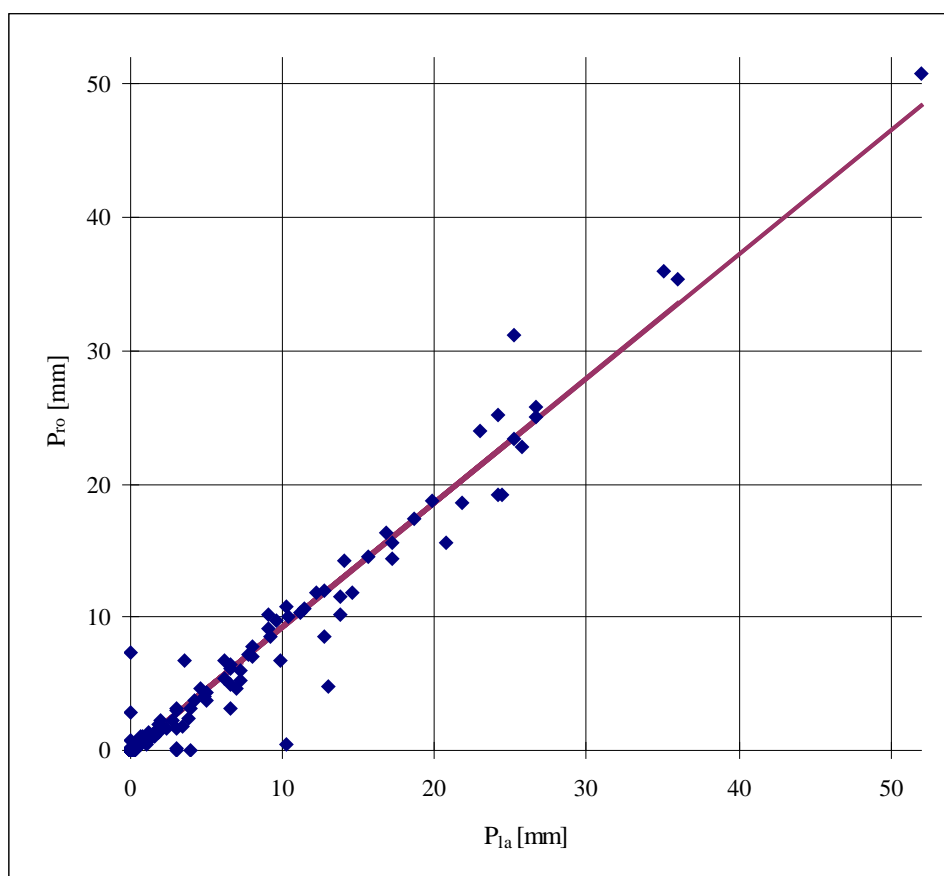
4.1.4 Določitev manjkajočega niza podatkov

V določenem obdobju dežmeri na dveh postaj niso delovali, zato smo manjkajoče podatke določili s korelacijo s podatki z delujočih postaj. Za določitev padavin P smo določili regresijske enačbe, pri čemer smo uporabili vse veljavne podatke o dnevnih padavinah v letu 2005.

$$P_{ro} = 0,930 P_{la}, \quad r^2 = 0,966, \quad n = 333 \quad (6)$$

$$P_{sv} = 0,869 P_{la}, \quad r^2 = 0,868, \quad n = 288 \quad (7)$$

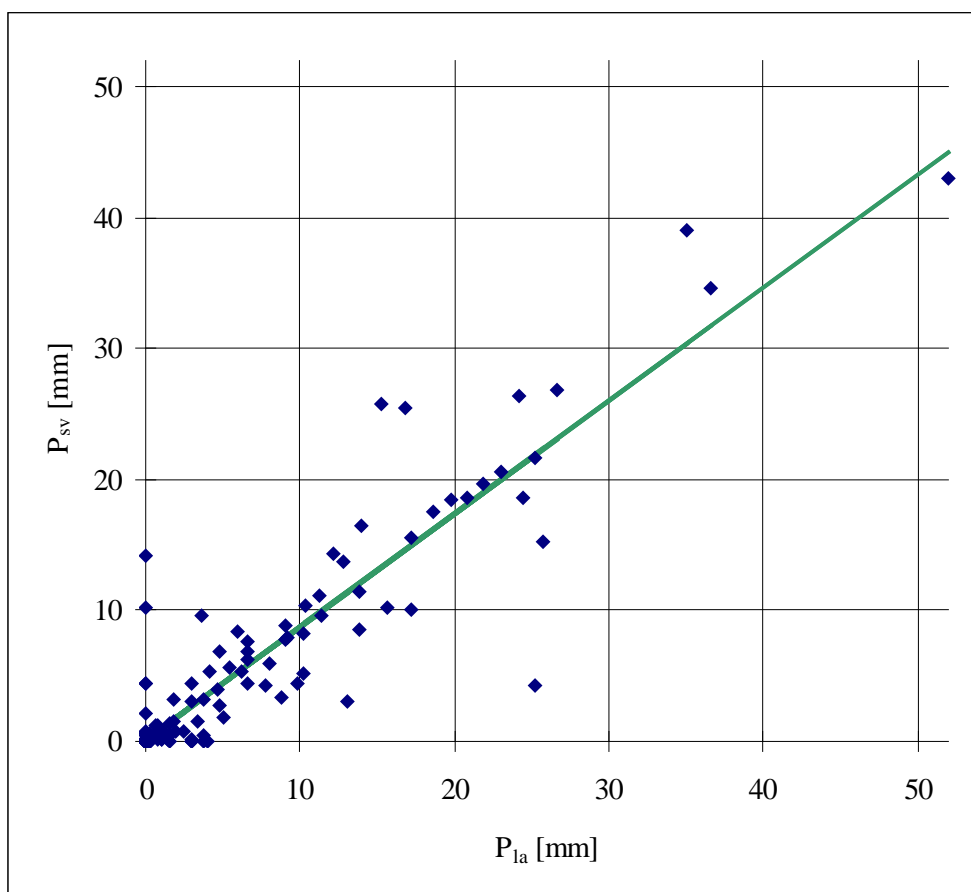
Indeksi posameznih postaj so: ro – Rokava, la – Labor in sv – Stara Vala. Število podatkov, ki so bili uporabljeni za določitev regresijske enačbe, je označeno z n.



Slika 30: Določitev manjkajočih padavinskih podatkov za postajo Rokava (enačba 6)

Preglednica 13: Manjkajoči niz podatkov in niz za določitev manjkajočega niza padavin P in erozivnosti padavin R

lokacija	manjkajoči niz podatkov	niz za določitev manjkajočega niza
Rokava	16.8.2005 – 16.9.2005	1.1.2005 – 15.8.2005, 17.9.2005 – 31.12.2005
Stara Vala	29.3.2005 – 13.6.2005	1.1.2005 – 28.3.2005, 14.6.2005 – 31.12.2006



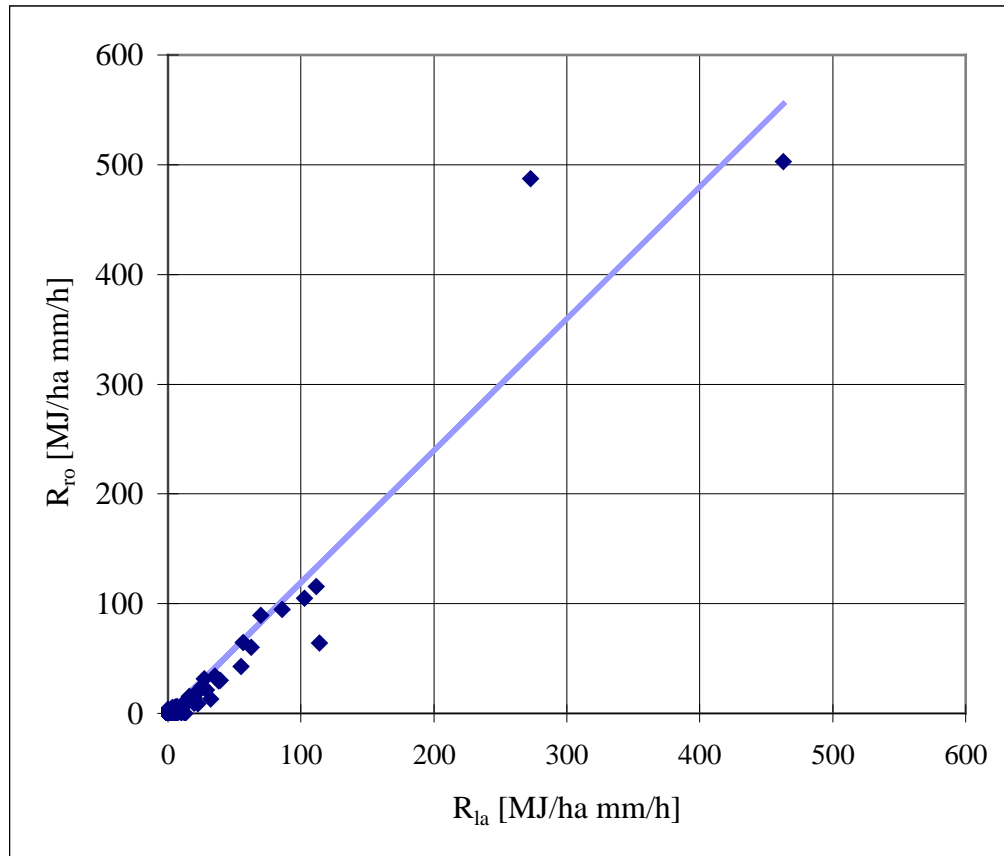
Slika 31: Določitev manjkajočih padavinskih podatkov za postajo Stara Vala (enačba 7)

Določitev erozivnosti padavin R z regresijskimi enačbami ni bila najboljša, saj je bilo ujemanje slabše kot pri določitvi padavin. Določitev manjkajočega niza z delom podatkov, ki

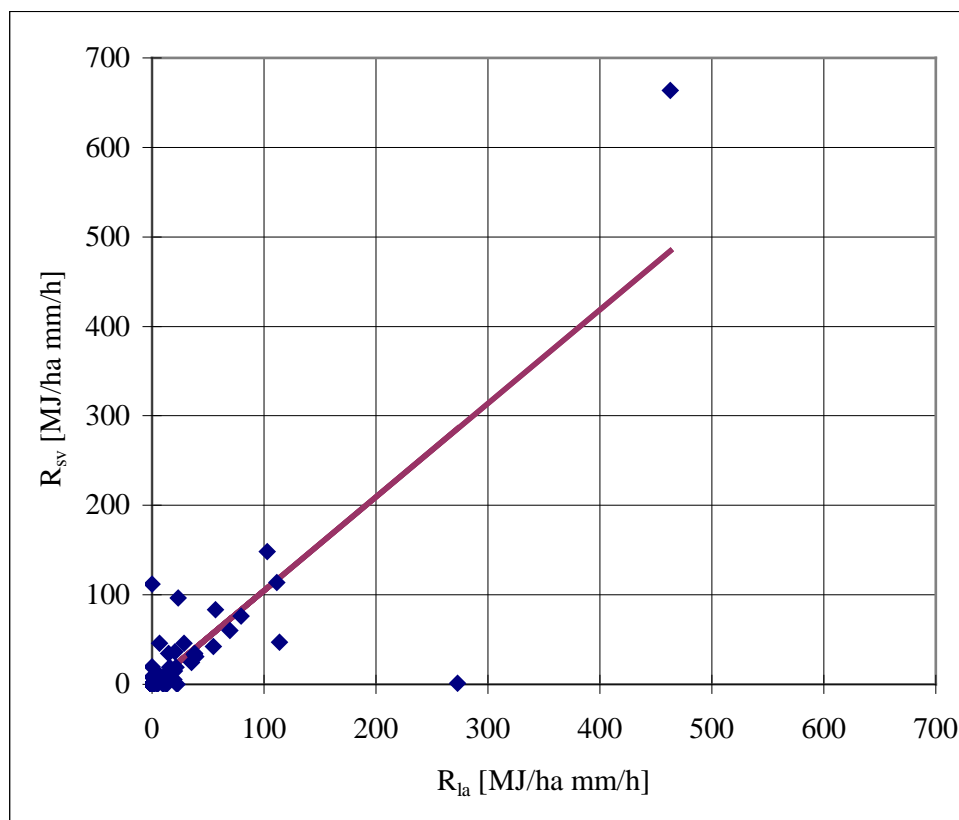
je bil pridobljen v času meseca pred oziroma po prenehanju delovanja dežemera, je za postajo Stara Vala dalo še slabše rezultate, kot uporaba vseh podatkov.

$$R_{ro} = 1,197 R_{la}, \quad r^2 = 0,93, \quad n = 333 \quad (8)$$

$$R_{sv} = 1,047 R_{la}, \quad r^2 = 0,723, \quad n = 288 \quad (9)$$



Slika 32: Določitev erozivnosti padavin za postajo Rokava (enačba 8)



Slika 33: Določitev erozivnosti padavin za postajo Stara Vala (enačba 9)

4.2 Analiza padavin na postaji Portorož

4.2.1 Letne vrednosti

Petkovšek (2002) je analiziral letne vrednosti na postaji Portorož – Beli Križ za obdobje 1975 – 1992 in Portorož – Letališče za obdobje 1992 - 2000. V Portorožu je od leta 1975 delovala postaja za avtomatskim dežemerom, ob kateri je bil postavljen tudi ombrometer. Postaja je od 1.1.1975 do 31.5.1992 delovala na lokaciji Beli Križ pri Piranu, od 1.6.1992 naprej pa na Letališču Portorož. (Petkovšek, 2002). S podatki zadnjih petih let (2001 – 2005) smo nadaljevali analizo.

Preglednica 14: Podatki o Gauss-Krügerjevih koordinatah postaje Portorož Beli Križ in Letališče Portorož (Petkovšek, 2002)

Lokacija	X	Y	Z	obdobje delovanja
Beli Križ	5388075	5044200	92	1.1.1975 – 30.4.1992
Letališče	5391850	5036725	2	1.6.1992 -

Obe postaji sta delovali v obdobju 1.1.1987 in 31.8.1987 ter od 1.6.1988 do 31.5.1992. Ti dve obdobji delovanja sta služili za primerjavo značilnosti padavin. Petkovšek (2002) je primerjal niza in ugotovil, da jih ne moremo obravnavati kot en niz, zato bi lahko prišlo pri določanju časovnih trendov do napačnih zaključkov. Razlika v vsoti padavin v obravnavanem obdobju je bila približno 10%.

Pregled letne količine padavin P, erozivnosti padavin R in število erozivnih dogodkov v letu so podani v preglednici 16. Letne vrednosti za obdobje 1975 – 2000 smo povzeli po Petkovšku (2002). Erozivnost padavin R in število erozivnih dogodkov n za obdobje 2001 – 2005 so rezultati programa RF.

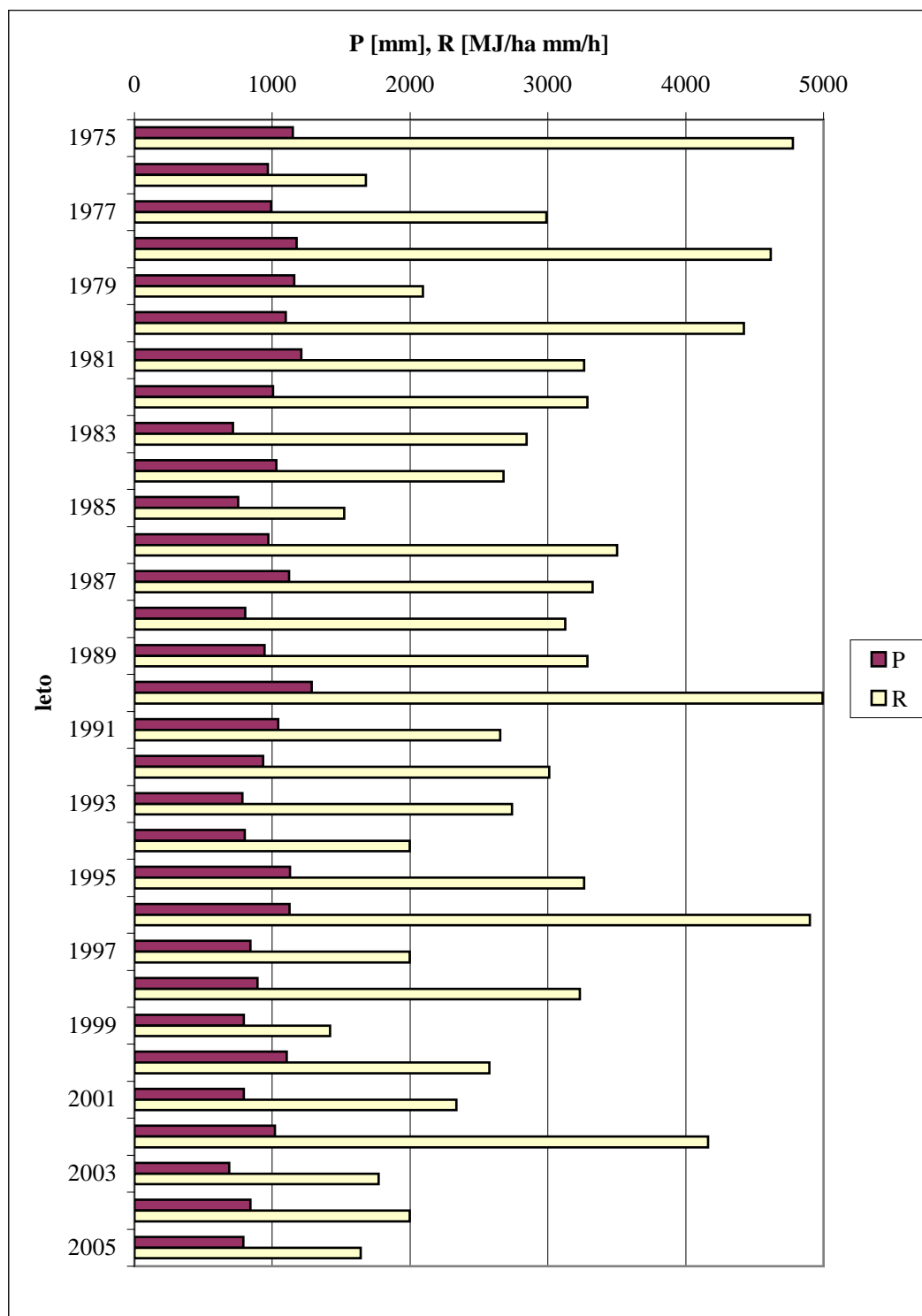
Iz slike 33 je razvidno, da število erozivnih dogodkov ni povezano z letno erozivnostjo. Leta 1995 je bilo kar 61 erozivnih dogodkov, vendar letna erozivnost ni izstopala iz poprečja. Leto 1990 je z največjo letno erozivnostjo 4993 MJ/ha mm/h leto 1995 preseglo za kar 50 %, kljub temu da se je takrat dogodilo le 48 erozivnih dogodkov.

Preglednica 15: Letna erozivnost padavin R glede na količino letnih padavin

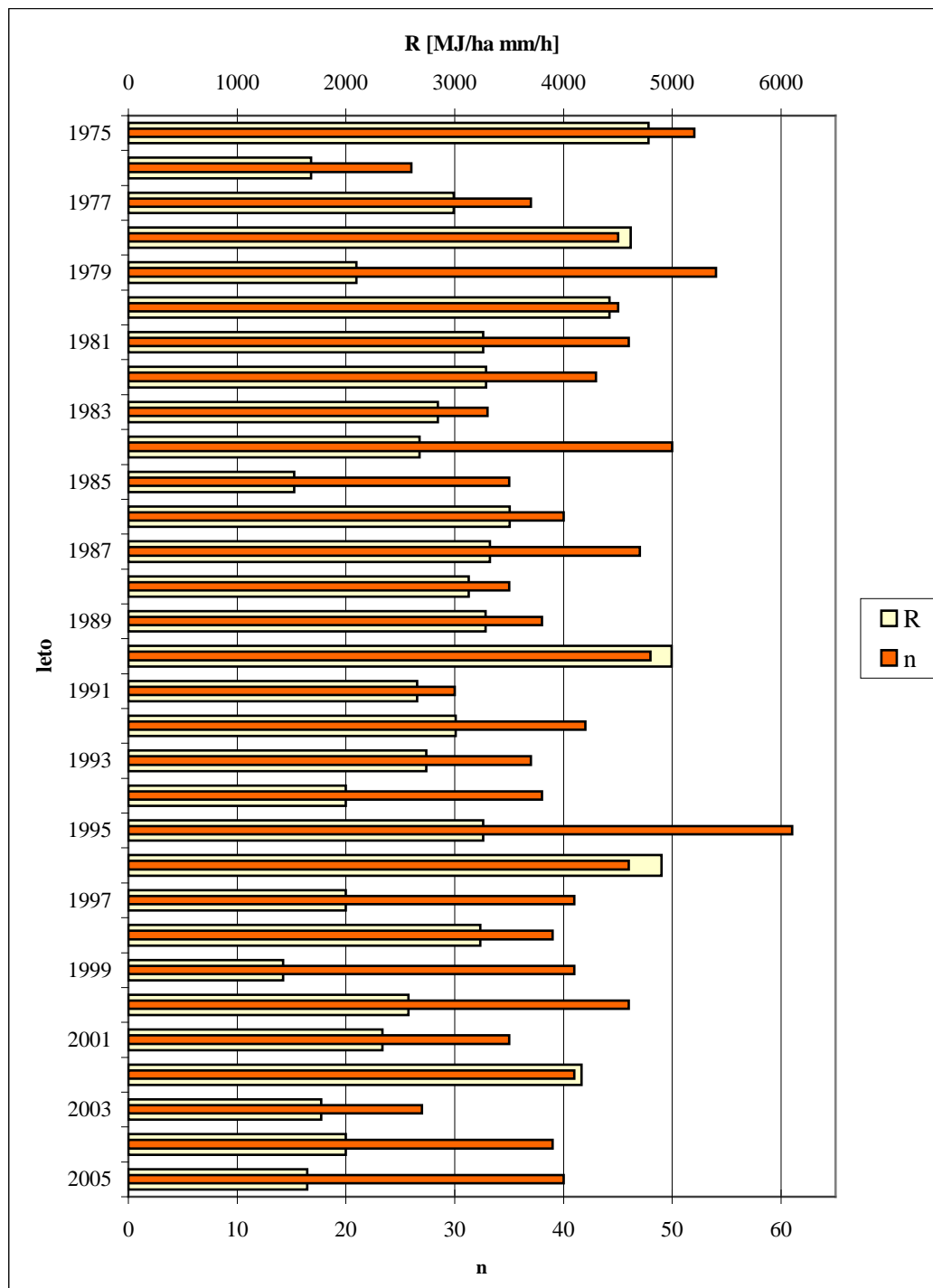
Letne padavine 1975-2005	N	sr. vrednost	minimum	maksimum
mm				
do 800	6	2039,20	1420,10	2844,60
800-900	5	2470,90	1997,10	3233,20
900-1000	5	2892,64	1678,10	3502,70
1000-1100	5	3440,96	2654,90	4423,70
nad 1100	9	3756,73	2094,50	4993,30

Preglednica 16: Letna količina padavin P, letna erozivnost padavin R in število erozivnih dogodkov n za postajo Portorož od 1975 do 2005

Leto	P [mm]	R [MJ/ha mm/h]	n
1975	1150,10	4779,40	52
1976	967,90	1678,10	26
1977	992,60	2989,30	37
1978	1177,90	4617,10	45
1979	1159,20	2094,50	54
1980	1096,60	4423,70	45
1981	1211,70	3263,10	46
1982	1004,80	3286,40	43
1983	713,50	2844,60	33
1984	1029,20	2676,30	50
1985	753,70	1523,00	35
1986	971,90	3502,70	40
1987	1121,10	3323,20	47
1988	804,10	3126,70	35
1989	944,90	3285,00	38
1990	1287,60	4993,30	48
1991	1043,90	2654,90	30
1992	932,40	3008,10	42
1993	783,20	2737,80	37
1994	801,30	1998,60	38
1995	1128,60	3262,90	61
1996	1126,60	4901,00	46
1997	841,70	1998,90	41
1998	891,10	3233,20	39
1999	794,20	1420,10	41
2000	1103,20	2576,10	46
2001	794,60	2335,20	35
2002	1018,40	4163,50	41
2003	688,70	1770,40	27
2004	842,10	1997,10	39
2005	790,90	1643,10	40



Slika 34: Letna količina padavin P in letna erozivnost padavin R v Portorožu od 1975 do 2005



Slika 35: Letne vrednosti letne erozivnosti padavin R in letno število erozivnih dogodkov n v Portorožu

4.2.2 Mesečne vrednosti

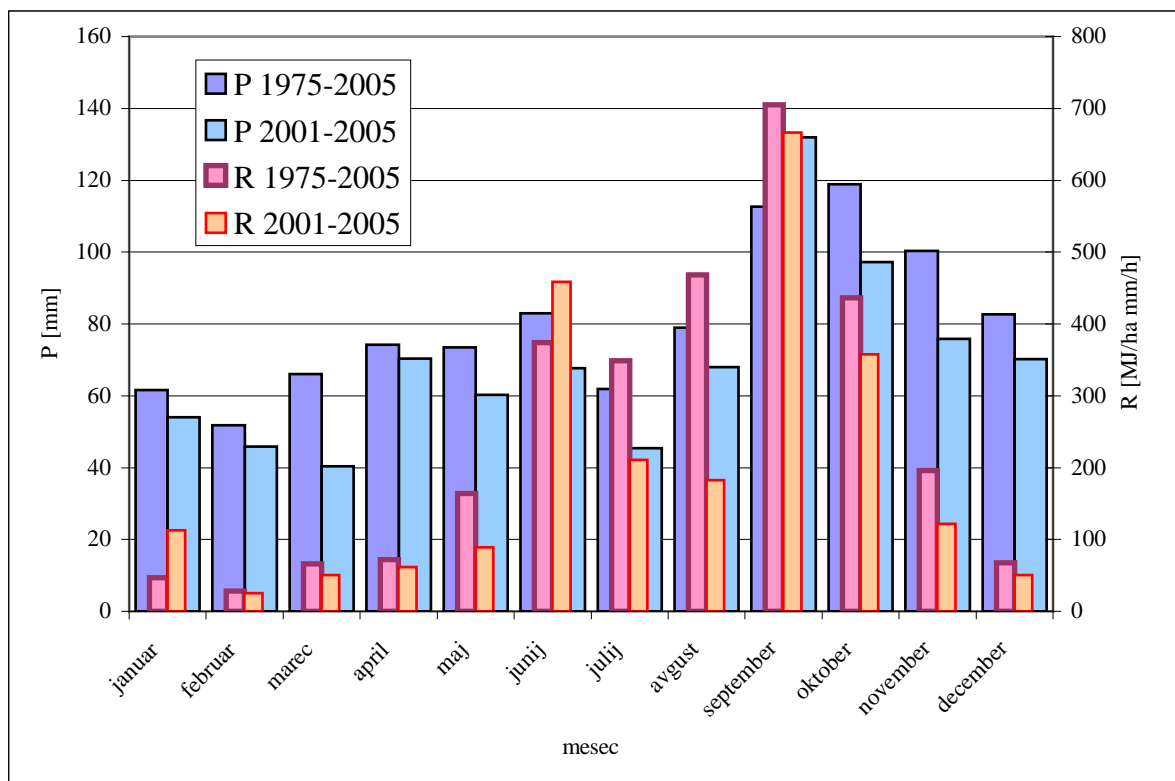
V analizi padavin obdobja 2001 – 2005 je bil padavinsko najbolj bogat mesec september, kateremu sledita oktober in november, ter junij (Preglednica 17). Seveda je omenjeno obdobje prekratko za podrobne zaključke, vendar se rezultati ujemajo z analizo obdobja 1961 – 1995 (Globevnik, 2001). Globevnikova podaja poprečne vrednosti Portorož za obdobje 1951 – 1995, kjer je razvidno, da največ padavin pade v jesenskih mesecih (september – november) in junija.

Poprečna mesečna erozivnost padavin je največja v septembru (666,40 MJ/ha mm/h), medtem ko je maksimalna vrednost mesečne erozivnosti dosežena v juniju (1409,10 MJ/ha mm/h). Najmanjša mesečna erozivnost padavin je bila avgusta 2001 in marca 2002 in 2003 in sicer 0 MJ/ha mm/h.

Preglednica 17: Najmanjše, največje in poprečne vrednosti padavin P in erozivnosti padavin R porazdeljene po mesecih za obdobje 2001-2005

dejavnik / mesec	P [mm]				R [MJ/ha mm/h]			
	min	max	poprečje	standardna deviacija	min	max	poprečje	standardna deviacija
januar	18,10	129,80	54,02	45,74	3,48	510,06	112,86	222,26
februar	18,10	82,30	45,92	26,78	2,85	60,34	25,12	23,85
marec	0,60	87,60	40,30	37,28	0,00	136,27	50,83	63,06
april	33,30	108,00	70,36	27,53	14,14	137,95	61,24	51,22
maj	21,70	91,80	60,22	25,03	22,25	263,66	88,78	99,50
junij	40,00	123,70	67,64	35,15	133,28	1409,10	458,91	538,97
julij	17,70	72,40	45,38	22,65	19,37	589,96	210,85	235,74
avgust	7,20	140,70	68,02	60,49	0,00	468,41	182,89	195,81
september	27,10	252,30	131,88	94,08	21,53	1207,20	666,40	509,75
oktober	44,00	161,70	97,16	43,22	99,24	921,34	357,44	340,88
november	31,20	112,50	75,86	35,71	11,97	257,44	121,39	121,33
december	20,70	100,00	70,18	33,22	20,06	79,92	50,43	25,53
Poprečje	23,31	121,90	68,91	40,57	29,01	503,47	198,93	202,32

Porazdelitev poprečne mesečne erozivnosti padavin za obdobje zadnjih 31 let v primerjavi z zadnjimi petimi leti kaže na bolj erozivne padavine v juniju in zelo nizko erozivnost v poletnih v juliju in avgustu v zadnjem obdobju. Poprečne padavine v celotnem obdobju so bile v avgustu v primerjavi z zadnjimi petimi leti veliko bolj erozivne. Ker je obdobje 5-ih let zelo kratko, ne moremo govoriti o trendu.



Slika 36: Spreminjanje poprečne erozivnosti R in padavin P po mesecih za obdobje 1975 – 2000 in 2001 - 2005

4.2.3 Ekstremni dogodki

Petkovšek (2002) je podal analizo ekstremnih dogodkov po posameznih letih. Zaradi nadaljevanja niza, ki podaja končno nižjo vrednost poprečnega leta se je posamezen delež R v poprečnem letu v primerjavi z nizom 1975 – 2000 povečal (Preglednica 18), vendar se je

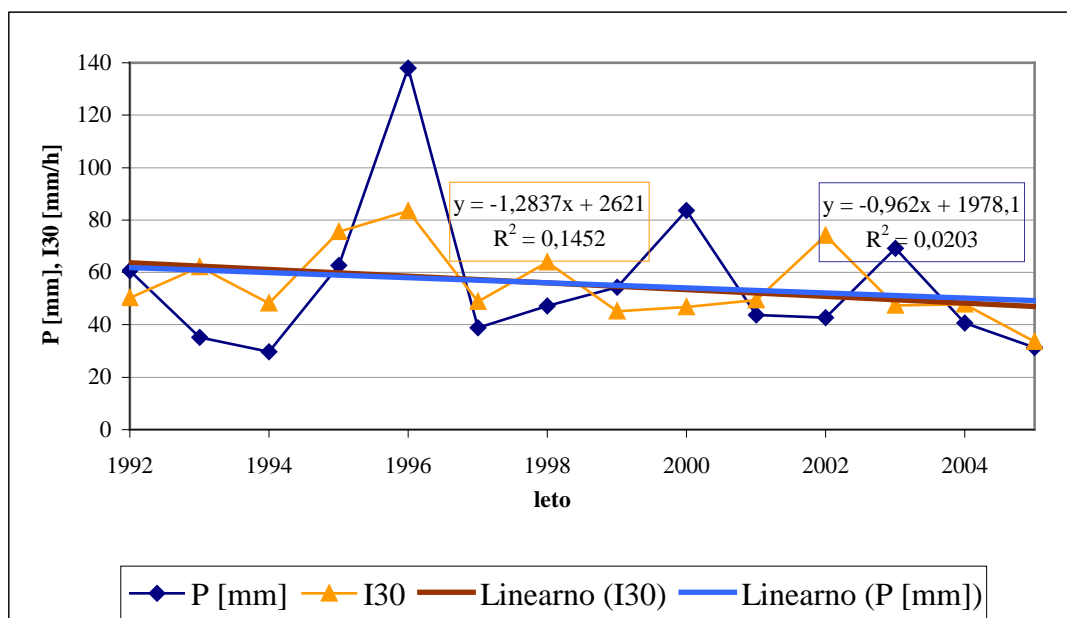
poprečje prispevka k letni erozivnosti zmanjšalo z 28 na 27 odstotkov. Poprečno leto, ki je rezultat obdobja 1975 – 2005 ima letno erozivnost 2971 MJ/ha mm/h.

Preglednica 18: Največji letni dogodki v obdobju 1975 - 2005

datum	P [mm]	R [MJ/ha mm/h]	I ₃₀ [mm/h]	delež R v letu [%]	delež R v popr. letu [%]
7.9.1975	55	1218	84	25	41
30.10.1976	72	341	26	20	11
8.7.1977	35	511	58	17	17
27.9.1978	140	2319	73	50	78
22.7.1979	40	294	32	14	10
31.8.1980	60	1084	72	24	36
10/11.9.1981	59	375	32	11	13
9/10.11.1982	90	1006	48	31	34
3.9.1983	63	1170	71	41	39
16.7.1984	33	566	63	21	19
26.8.1985	33	328	43	22	11
29/30.5.1986	55	855	60	24	29
26.7.1987	46	540	49	16	18
6.10.1988	64	1040	63	33	35
22/23.6.1989	66	545	39	17	18
17/18.8.1990	73	976	54	20	33
14/15.10.1991	111	972	43	37	33
11/12.7.1992	61	690	50	23	23
11/12.9.1993	35	592	62	22	20
13/14.9.1994	30	360	48	18	12
22.6.1995	63	1127	76	35	38
21/22.9.1996	138	3084	83	63	104
17/18.7.1997	39	433	49	22	15
27/28.8.1998	47	711	64	22	24
23.10.1999	54	515	45	36	17
10/11.10.2000	84	822	47	32	28
8.1.2001	44	477	49	20	16
28.6.2002	43	830	74	20	28
24.9.2003	69	828	47	47	28
31.10.2004	41	464	48	23	16
5.7.2005	31	233	34	14	8
Poprečje	60	816	54	26	27

Poprečje polurne intenzitete I_{30} se je v primerjavi z nizom do leta 2000 zmanjšalo za 1 mm/h. Polurna intenziteta je v poprečju 54 mm/h zelo visoka. Pri dveh dogodkih je preseгла 80 mm/h, kar je po VGI (2000) pojav z desetletno povratno dobo (Petkovšek, 2002). Leta 2002 se je zgodil dogodek s polurno intenziteto 74 mm/h, kar ga uvršča med štiri največje dogodke zadnjih 31 let. Poprečni vrednosti letne erozivnosti R in padavin P niza 1975 - 2005 sta se v primerjavi z nizom 1975 – 2000 zmanjšali. Najbolj ekstremna dogodka sta bila leta 1978, ki je imel kar 77 % delež R v poprečnem letu in 50 odstoten delež v letu 1978 in dogodek v septembru 1996, ki je prispeval kar 104 % delež R v poprečnem letu in 63 % delež R v letu 1996. V primerjavi s tema dvema dogodkoma izstopa ekstremen dogodek leta 2003, ki ima sicer le 28 odstoten delež R v poprečnem letu, a je prispeval kar 47 % delež R v letu 2003.

V obdobju merjenja padavin na postaji Portorož Letališče 1992 – 2005 se kažejo trendi zmanjševanja količine padavin in tudi 30-minutne intenzitete pri ekstremnih letnih dogodkih (Slika 37). V celotnem obravnavanem 31-letnem obdobju so trendi padanja manj intenzivni, vendar je opazen večji trend padanja količine padavin kot intenzitete.

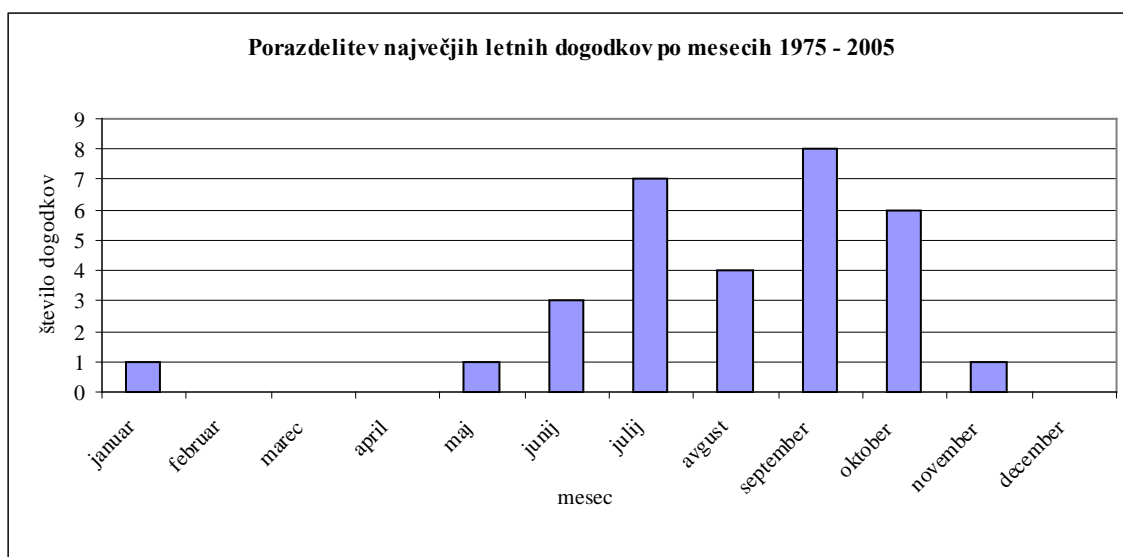


Slika 37: Padavine P in 30-minutna intenziteta I_{30} za postajo Portorož Letališče

Porazdelitev največjih dogodkov po mesecih je prikazana v preglednici 19. Največ ekstremnih dogodkov je v mesecu septembru, sledita mu julij in oktober. V petih mesecih od junija do oktobra se dogodi 90 % največjih dogodkov.

Preglednica 19: Število največjih letnih dogodkov po mesecih za obdobje 1975-2005

mesec	število največjih letnih dogodkov
januar	1
februar	0
marec	0
april	0
maj	1
junij	3
julij	7
avgust	4
september	8
oktober	6
november	1
december	0
Skupaj	31



Slika 38: Porazdelitev največjih letnih dogodkov po mesecih za obdobje 1975 – 2005

4.3 Primerjava postaje Letališče Portorož z lokalnimi postajami

4.3.1 Letne vrednosti

Postaja Letališče Portorož ima od vseh obravnavanih postaj najmanjšo količino padavin, ter tudi zelo nizko erozivnost padavin (Preglednica 20). Kljub relativno majhni razliki (70 mm) v količini padavin v primerjavi s postajama Stara Vala in Rokava je zelo velika razlika v njihovi erozivnosti (500 MJ/ha mm/h).

Preglednica 20: Letne vrednosti za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005

	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala	Portorož
P [mm]	1013,2	964,6	879,3	863,4	790,9
R [MJ/ha mm/h]	2578,8	2058,5	2152,4	2173,3	1643,3

Zaradi same analize in nadaljnje uporabe podatkov postaje Marezige, smo primerjali tudi obdobje od 21.4.2005 do 31.12.2005. V tem obdobju je v Marezigah padlo za 30 odstotkov več padavin, erozivnost padavin je bila za kar 78 % večja kot na Letališču Portorož.

Preglednica 21: Padavine P in erozivnost padavin R za postajo Letališče Portorož in Marezige za obdobje 21.4.2005 – 31.12.2005

	Letališče Portorož	Marezige
P [mm]	622,0	802,6
R [MJ/ha mm/h]	1422,3	2530,0

4.3.2 Mesečne vrednosti

Na vseh postajah je padavinsko najbogatejši je mesec avgust. Na lokalnih postajah je bilo v novembru nad 150 mm padavin, medtem ko jih je v Portorožu padlo le 46,8 mm. Na vseh

postajah je padlo več kot 100 mm decembra. Najmanj padavin je v poprečju padlo februarja, Letališče Portorož je dosegel minimum januarja.

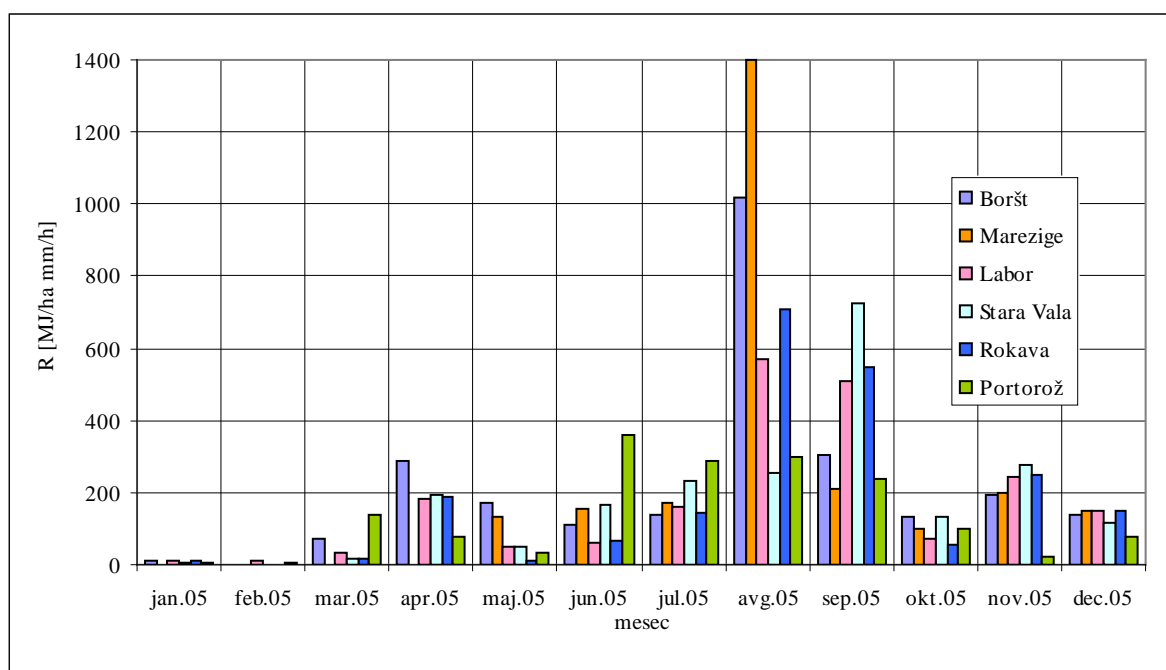
Preglednica 22: Pregled količin po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005

P [mm]						
mesec	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala	Portorož	Poprečje
januar	19,6	19,8	19,0	15,8	18,1	18,5
februar	17,8	17,4	13,6	15,8	24,4	17,8
marec	51,2	39,0	30,4	35,9	59,8	43,3
april	121,0	101,8	96,2	88,0	76,6	96,7
maj	93,8	63,2	50,4	54,6	64	65,2
junij	37,8	27,0	27,6	35,1	53,3	36,2
julij	49,4	50,8	48,2	40,0	59,4	49,6
avgust	183,4	196,0	167,0	157,4	140,7	168,9
september	79,0	80,6	78,2	80,4	69,4	77,5
oktober	88,4	89,0	80,6	82,8	78,4	83,8
november	156,2	164,8	157,4	152,2	46,8	135,5
december	115,6	115,2	110,8	105,4	100	109,4
Skupaj	1013,2	964,6	879,3	863,4	790,9	902,3

Najbolj eroziven mesec na lokalnih postajah je avgust, oziroma za postajo Stara Vala september. Na Letališču Portorož so bile najbolj erozivne padavine v juniju. V juniju je imel Boršt dejavnik erozivnosti padavin 111 MJ/ha mm/h, Letališče Portorož pa kar 361 MJ/ha mm/h. V avgustu je bil R v Borštu 1017 MJ/ha mm/h in na Letališču Portorož 298 MJ/ha mm/h. Na lokalnih postajah mesec avgust (september) izredno izstopa s svojim deležem letne erozivnosti (okoli 30 %), na Letališču Portorož je od junija do septembra približno enaka. Na sliki 38 je prikazana erozivnost po mesecih. Za postajo Marezige erozivnost do 21.4. 2005 je bila enaka nič, ker tam še ni bilo postaje.

Preglednica 23: Pregled mesečnih vrednosti za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005

R [MJ/ha mm/h]						
mesec	Boršt	Labor	Rokava	Stara Vala	Portorož	Poprečje
januar	11,7	9,5	8,7	6,6	4,8	10,0
februar	0,0	12,9	0,0	0,0	4,6	4,3
marec	72,2	32,8	17,4	17,3	136,3	40,8
april	287,4	184,0	190,1	192,6	77,3	220,5
maj	173,3	48,0	13,0	50,2	31,8	78,1
junij	111,0	62,6	65,5	164,9	361,2	79,7
julij	135,8	158,5	144,3	230,6	286,7	146,2
avgust	1017,0	570,4	709,9	256,4	298,7	765,8
september	302,8	511,1	549,1	722,8	240,0	454,3
oktober	134,8	72,4	56,7	134,2	99,2	88,0
november	192,3	246,2	248,1	279,1	22,9	228,8
december	140,6	150,2	149,6	118,6	79,9	146,8
Skupaj	2578,8	2058,5	2152,4	2173,3	1643,3	2263,2



Slika 39: Erozivnost R po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje za leto 2005

4.3.3 Erozivni dogodki

Avgusta se je na vseh postajah skupaj zgodilo največ erozivnih dogodkov (Preglednica 24). Tudi na postaji Letališče Portorož je bil avgusta kar 7 erozivnih dogodkov, kljub temu da mesec avgust ni mesec z največjo erozivnostjo padavin. V juniju, ko je bila erozivnost na Letališču Portorož največja so se zgodili le trije dogodki, ki so bili zelo erozivni. Drugi mesec z največjim številom erozivnih dogodkov je marec. Najmanj erozivnih dogodkov je bilo februarja in sicer le dva – na postaji Letališče Portorož in Labor. Glede na število dogodkov Letališče Portorož zaostaja v jesenskih mesecih od septembra do novembra, v splošnem pa ta primerjava ne pokaže velike razlike v erozivnosti padavin med postajami. Na podlagi števila erozivnih dogodkov ne moremo sklepati kolikšna je letna erozivnost padavin.

Preglednica 24: Porazdelitev erozivnih dogodkov po mesecih za Letališče Portorož in lokalne postaje v letu 2005

	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december	skupaj
Boršt	1	0	5	5	8	3	4	9	4	5	5	8	57
Labor	1	1	3	6	4	2	4	9	4	4	5	7	50
Marezige	/	/	/	/	7	3	2	7	4	5	5	7	40
Rokava	1	0	3	6	1	2	3	6	4	3	5	8	42
Stara Vala	1	0	2	6	4	3	3	9	4	4	5	7	48
Portorož	1	1	3	5	2	3	3	7	3	3	3	6	40
Skupaj	5	2	16	28	26	16	19	47	23	24	28	43	
Poprečje	1	0	3	6	4	3	3	8	4	4	5	7	

5 ANALIZA SPROŠČANJA PRSTI

5.1 Izračun erozivnega sproščanja prsti s programom Rusle 2

V programu Rusle 2 smo ocenili erozivno sproščanje prsti za osem poskusnih ploskev v povodju Dragonje. Na poskusnih ploskvah so zastopane tri rabe tal: oljčnik (gola tla), travnik v zaraščanju in gozd. Naklon se giblje od 4,6° do 22,18°, dolžina vseh ploskev je 1 m in površina 1 m² (Preglednica 25).

Preglednica 25: Pregled naklona in rabe tal za poskusne ploskve v povodju Dragonje

Poskusna ploskev št.	1	2	3	4	5	6	7	8
naklon (°)	6,45	4,6	9,25	9,45	8,875	6,65	22,18	20,6
pokrovnost tal	neporaščena tla - mlad oljčnik		travnik v zaraščanju		gozd			

5.1.1 Hidro-meteorološki podatki

Za delo s programom Rusle 2 smo morali ustrezno pripraviti padavinske podatke z lokalne postaje Marezige ter podatke o dnevni temperaturah s postaje Letališče Portorož. Podatke o padavinah in erozivnosti padavin smo obdelali z modulom RF. V programu Rusle 2 smo nato uporabili naslednje podatke:

- dnevne padavine
- poprečne mesečne padavine
- poprečne dnevne temperature
- poprečne mesečne temperature
- letna erozivnost padavin R
- porazdelitev letne erozivnosti padavin preko leta

5.1.2 Topografski podatki

Vse poskusne ploskve so dolžine 1 m, pri čemer je treba upoštevati, da je dejanska horizontalna razdalja od vrha ploskve do iztoka manjša, saj je odvisna od naklona posamezne ploskve. Naklon se po vsej dolžini ploskev ne spreminja.

5.1.3 Raba tal

Rusle 2, verzija ARS ponuja širok spekter možne vegetacije in obdelovalnih postopkov za kmetijska zemljišča, vendar ne pokriva gozdnih površin, zato smo za štiri ploskve, ki so postavljene v gozdu prilagodili osnoven tip vegetacije (org. default) do te mere, da je dejavnik C na začetku v poprečju na vseh ploskvah 0,001. S takšnim izračunom porazdelitev erozije prsti preko leta dejansko ni takšna, kot bi bila, če bi bila kot vegetacija upoštevan gozd, vendar pa je letna količina sproščene zemljine primerljiv rezultat glede na meritve.

5.1.4 Zemljina

Na območju plotov so bili odvzeti štirje vzorci prsti, ki so bili na podlagi analize vsi uvrščeni v razred ilovnata glina (IG). Program Rusle je na podlagi podatkov o teksturi zemljine razvrstil drugače (Preglednica 3). Glede na vsebnost organskega ogljika smo vse vzorce zemljine uvrstili visok razred vsebnosti organskih snovi (Zupan et al., 2004). Vzorec 1, ki je bil odvzet na območju mladega oljčnika ima visok delež ogljika, ker je bila predhodna raba tal pašnik. Tla v mladem oljčniku smo obravnavali kot gola, vendar smo dodali prisotnost koreninske mase kot ostanek predhodne rabe. Delež organskih snovi (ogljika) se bo z leti zmanjševal. Rusle 2 ocenjuje količino koreninske biomase v zgornjih 10-ih cm za travnike in pašnike med 1000 in 5000 kg/ha. Za izračun sproščanja prsti na oljčniku smo uporabili vrednost 1000 kg/ha.

5.2 Primerjava izračunov programa Rusle 2 in meritev na poskusnih ploskvah

5.2.1 Meritve sproščanja prsti na poskusnih ploskvah

Meritve na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje so dejansko potekale od 31.3.2005, ko sta bili postavljeni prvi poskusni ploskvi, do 20.4.2006. V tem obdobju so bile meritve opravljene 46-krat. Meritve smo analizirali v obdobju enoletnega delovanja lokalnega ombrografa v Marzigah od 21.4.2005 do 20.4.2006.

Na poskusnih ploskvah št. 1, 3, 4, 5 in 6 je več meritev izpadlo zaradi talne vode, ki je premaknila vtočno cev (Preglednica 2). To se je zgodilo predvsem pri večjih erozivnih dogodkih, zato so končne vrednosti podane v preglednici 26 nižje od dejanskih. Problem se kaže predvsem na poskusni ploskvi št. 1 v primerjavi s ploskvijo št. 2, kjer je bilo sproščanje prsti največje in potemtakem tudi razlika med obema ploskvama zaradi izpada meritev. Z nadomestitvijo manjkajočih podatkov smo dobili primerljive vrednosti za obe ploskvi (Poglavje 5.2.2).

Program Rusle 2 računa sproščanje prsti na podlagi porazdelitve erozivnosti padavin preko leta, zato analiza posameznih dogodkov (zaenkrat) še ni mogoča. Rezultate nam sicer program poda tako v dnevni, kot mesečni periodah.

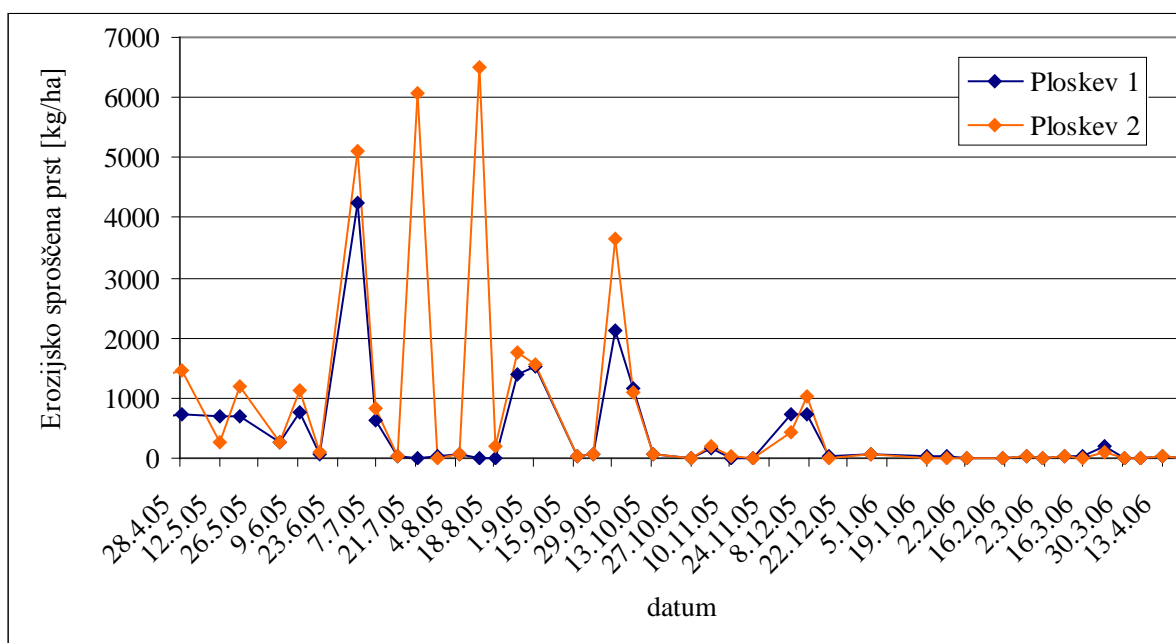
Preglednica 26: Pregled količine erozijsko sproščene prsti glede na merjene in izračunane vrednosti za poskusne ploskve št. 1 – 8

Erozijsko sproščanje prsti [kg/ha/leto]	Poskusna ploskev št.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Meritve	16.797	33.459	425	193	231	388	250	289
Rusle 2	34.832	29.475	264	265	236	222	304	297

5.2.2 Primerjava poskusnih ploskev št. 1 in 2 na oljčniku

Na območju mladega oljčnika sta bili postavljeni dve poskusni ploskvi. Dejansko so bila tla gola. Pred postavitvijo poskusnih ploskev so tla mirovala (niso bila obdelana) 6 mesecev. Poskusna ploskev št. 1 ima naklon $6,4^\circ$ in ploskev št. 2 $4,6^\circ$, kar je program Rusle 2 upošteval in ocenil večje sproščanje prsti na poskusni ploskvi 1. Meritve na terenu so pokazale nasprotno. Erozijsko sproščene prsti je bilo na poskusni ploskvi 2 enkrat več kot na ploskvi 1.

Analiza meritev je pokazala izpad dveh meritev na poskusni ploskvi 1, in sicer 21.7. in 12.8. ravno v času največje erozivnosti padavin, ko je bilo skupaj na poskusni ploskvi 2 izmerjene 12.000 kg/ha sproščene prsti (Slika 40). Enajstega avgusta se je zgodil največji erozivni dogodek v letu 2005, padavine so dosegle 5 letno povratno dobo (Zorn, 2006).



Slika 40: Primerjava posameznih meritev sproščene prsti na poskusnih ploskvah št. 1 in 2

Vzrok za izpada meritev je že prej omenjena talna voda. Manjkajoče meritve za ploskev št. 1 smo določili s korelacijo s podatki s ploskve št. 2. Sproščeno prst S smo določili z regresijsko premico:

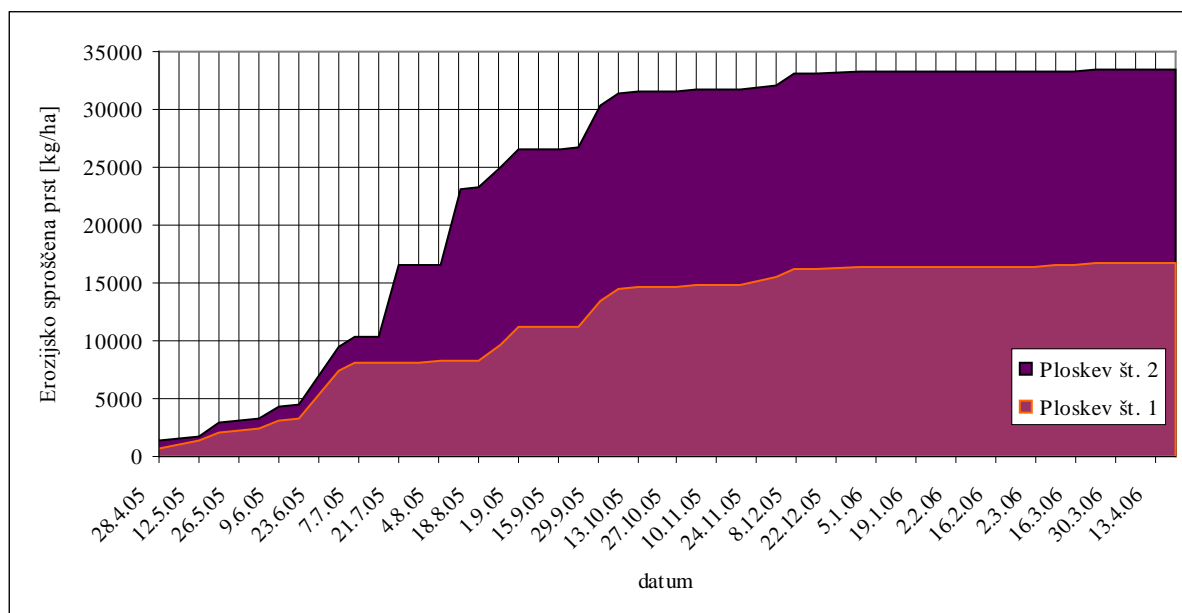
$$S_{P1} = 0.758 S_{P2}, \quad r^2 = 0,94, \quad n = 39 \quad (10)$$

Z nadomestitvijo manjkajočih podatkov se sproščanje prsti na ploskvah št. 1 in 2 razlikuje za 25 % (Preglednica 27). Ploskev št. 1 ima večji naklon kot ploskev 2, kar bi moralo pomeniti tudi večje sproščanje.

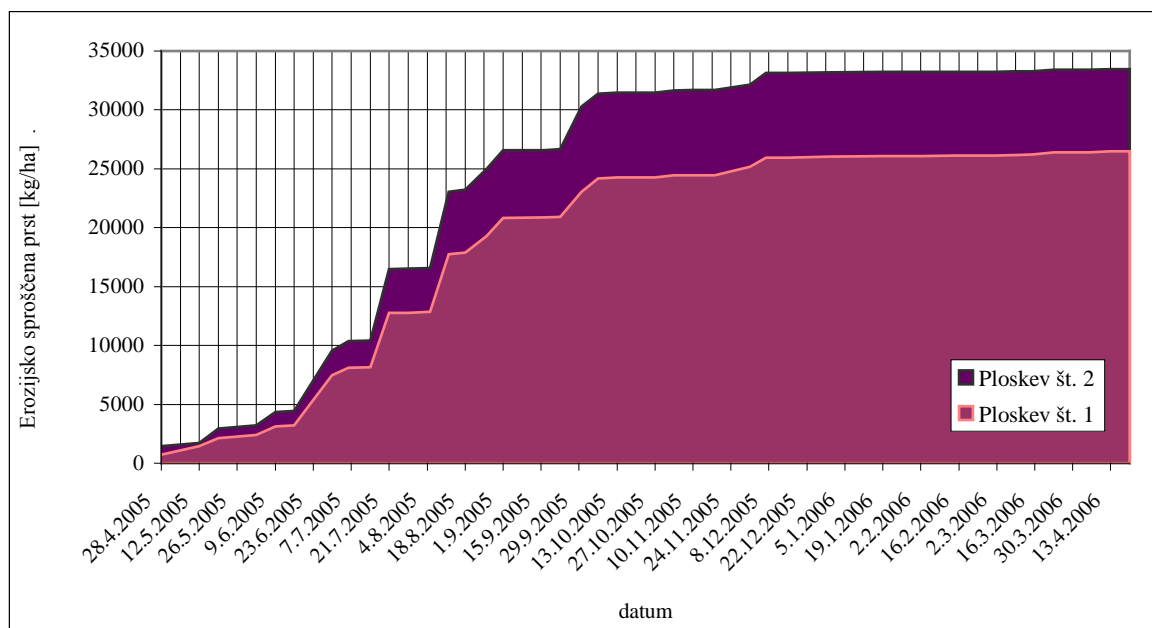
Preglednica 27: Letna količina erozijsko sproščene prsti na poskusnih ploskvah št. 1 in 2 z nadomestitvijo manjkajočih podatkov

	Poskusna ploskev št.	
	1	2
Letna količina sproščene prsti [kg/ha]	26.467	33.459

Na sliki 40 so prikazane dejanske meritve sproščene prsti na poskusnih ploskvah št. 1 in 2, kjer so vidni tudi izostanki meritev 21.7. in 12.8. Nadomestitev manjkajočih podatkov je izostanke odpravila in na sliki 42 je vidno sproščanje prsti na obeh ploskvah istočasno, pri čemer se na ploskvi št. 1 sprosti manj prsti kot na ploskvi št. 2.



Slika 41: Erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah št. 1 in 2



Slika 42: Erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah št. 1 in 2 z nadomestitvijo manjkajočih podatkov

5.2.3 Erozijsko sproščanje prsti glede na naklon ploskev

Na oljčniku sta bili postavljeni dve ploskvi, ravno tako na travniku v zaraščanju, v gozdu so bile postavljene štiri poskusne ploskve z različnimi nakloni (od 6,65° do 22,18°), zato smo se odločili za analizo sproščanja prsti v gozdu glede na naklon (Preglednica 28).

Preglednica 28: Pregled erozijsko sproščene prsti glede na naklon za poskusne ploskve v gozdu

Erozijsko sproščena prst [kg/ha/leto]	Poskusna ploskev št.			
	6	5	8	7
<i>Rusle 2 (C = 0,001)</i>	92,86	98,50	104,66	107,31
<i>Rusle 2 (C = 0,0025)</i>	222,18	236,62	296,62	303,78
<i>Meritev</i>	388,38	231,45	289,36	250,17
Naklon [°]	6,65	8,88	20,60	22,18

Meritve glede na naklon niso dale pričakovanega zaključka, saj je bilo sproščanje prsti večje na ploskvah za manjšim naklonom (Slika 43). Samo razliko med ploskvama 5 in 6 ter 7 in 8 lahko pojasnimo z različnima zemljinama. Zemljina na poskusnih ploskvah 5 in 6 (vzorec 3) je bolj erodibilna kot na ploskvah 7 in 8 (vzorec 4).

5.2.4 Erozijsko sproščanje prsti glede na rabo tal

Meritve so prikazale pričakovano: največje sproščanje prsti je bilo v mladem oljčniku, najmanjše pa v gozdu (Slika 44). Zanimiva je majhna razlika med gozdom in travnikom v zaraščanju. Poprečna izmerjena razlika v sproščanju med oljčnikom (golimi tlemi) in gozdom / travnikom v zaraščanju je 100-kratna, kar pomeni da se je na mladem oljčniku sprostil 30.000 kg/ha/leto in v gozdu 290 kg/ha/leto prst (Preglednica 31). Izračunana poprečna razlika med oljčnikom in travnikom v zaraščanju ter gozdom je 100-kratna.

Petkovšek (2002) navaja vrednost dejavnika C za gozd 0,001 (Preglednica 29), vendar menimo, da je vrednost glede na terenske meritve prenizka za povodje Dragonje (Preglednica 27). Vrednost dejavnika C je približno 0,0025, kar je skoraj toliko, kot za travnik v zaraščanju (Preglednica 30).

Preglednica 29: Vrednosti koeficienta C za različne rabe tal. Viri so: 1 – Petkovšek (2002), 2 – Richter (1991), 3 – Auerswald & Schmidt (1986) (Povzeto po: Petkovšek, G. 2002, str. 36.)

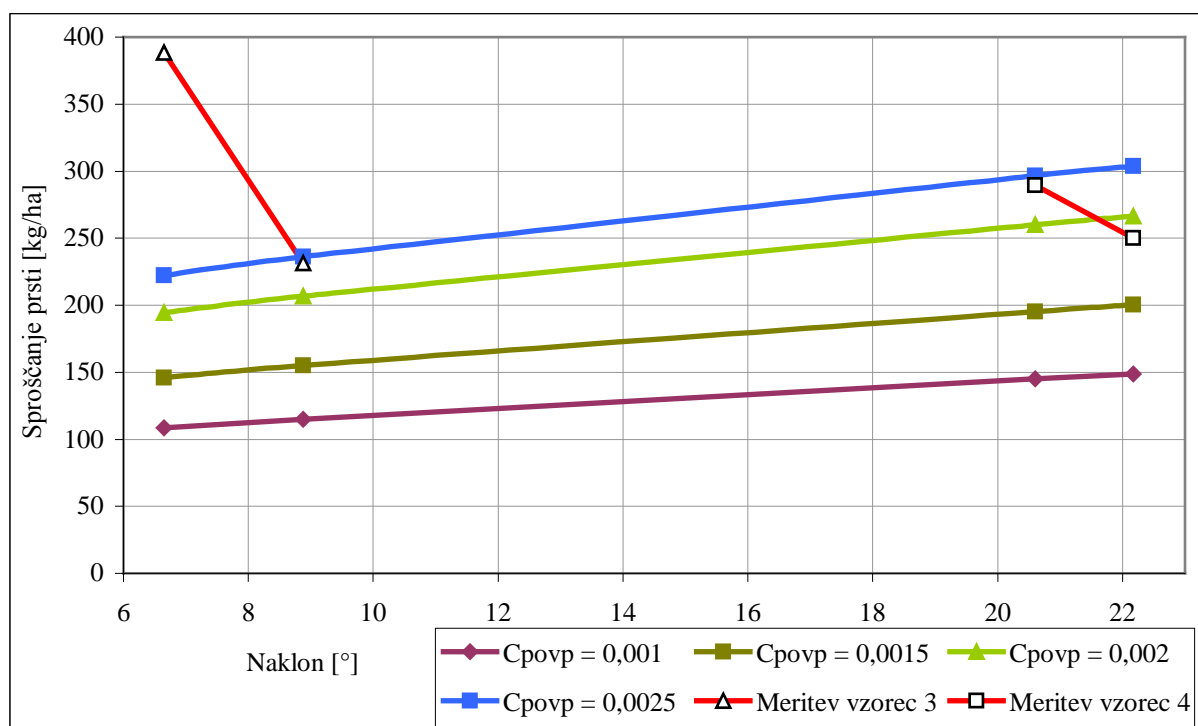
Šifra	Opis	C	Vir
101	Njiva	0,10	1
104	Ekstenzivni sadovnjak	0,20	2
105	Vinograd	0,20	2
107	Travnik	0,004	3
109	Pašnik	0,002	3
112	Gozd	0,001	3
razno	Vrt, dvorišče, ostalo	0,004	3

Preglednica 30: Dejavnik pokrovnosti in obdelave tal C na poskusnih ploskvah

Poskusna ploskev št.								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Dejavnik C	0,31	0,31	0,0026	0,0026	0,0027	0,0029	0,0023	0,0023

Za poskusne ploskve na mladem oljčniku in travniku v zraščanju smo rabo tal izbrali v bazi podatkov rabe tal in obdelovalnih postopkov, na podlagi česar je program podal tudi dejavnik C. Dejavnik C za gola tla na mladem oljčniku brez dodane koreninske mase je bil 0,45, z upoštevanjem 1000 kg/ha biomase se je dejavnik C znižal na 0,31. Ker gozdnih površin v bazi podatkov ARS ni, smo prilagodili lastnosti stalne vegetacije tako, da smo v poprečju za vse štiri ploskve dobili dejavnik C enak 0,001. Ker so bili izračuni 2 do 3-krat manjši od meritev smo sklepali, da je dejanski C večji. Izračun smo ponovili z različnimi vrednostmi in najbolj realen rezultat dobili z $C = 0,0025$. Rusle 2 spreminja dejavnik C tudi glede na naklon same površine tal. V preglednici 30 prikazan dejavnik C za ploskve 5 – 8 je v poprečju enak 0,0025.

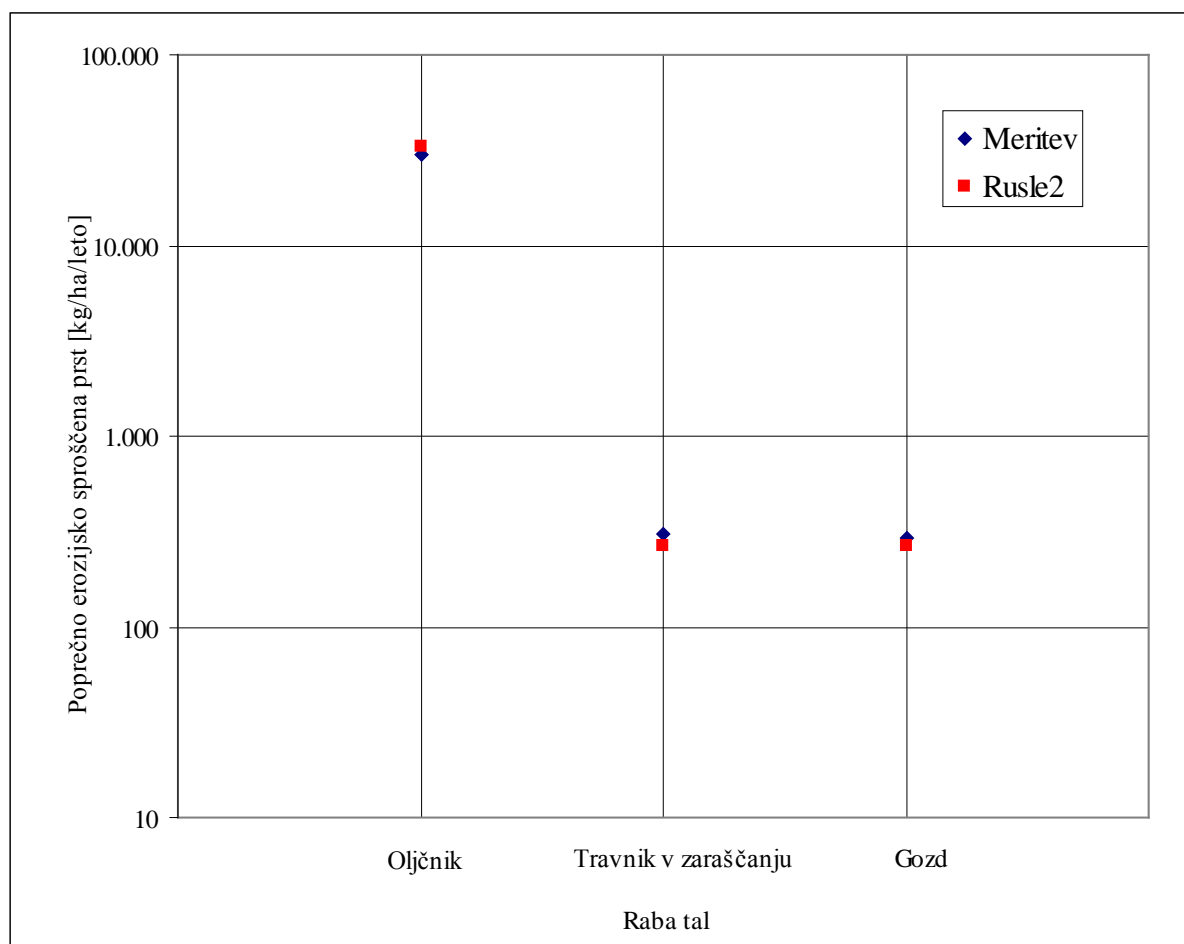
Klik in Zartl (2001) sta v svojih raziskavah ugotovila, da Rusle oceni večje poprečno letno sproščanje, kot se dejansko zgodi. Izračunano sproščanje je bilo v poprečju 7 % večje za gola tla, za travnik v zaraščanju je Rusle 2 ocenil 14 % premajhno sproščanje in za gozd smo z umerjanjem dejavnika C dobili le slabih 9 % manjše sproščanje od izmerjenega. Meritve na gozdnih površinah so se v splošnem razlikovale tudi od pričakovanj, saj naj bi se v gozdu sproščalo manj prsti, kot na travnikih.



Slika 43: Sproščanje prsti glede na naklon in na vrednost dejavnika C za poskusne ploskve v gozdu

Preglednica 31: Poprečno erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah in dejavnik C za različne rabe tal

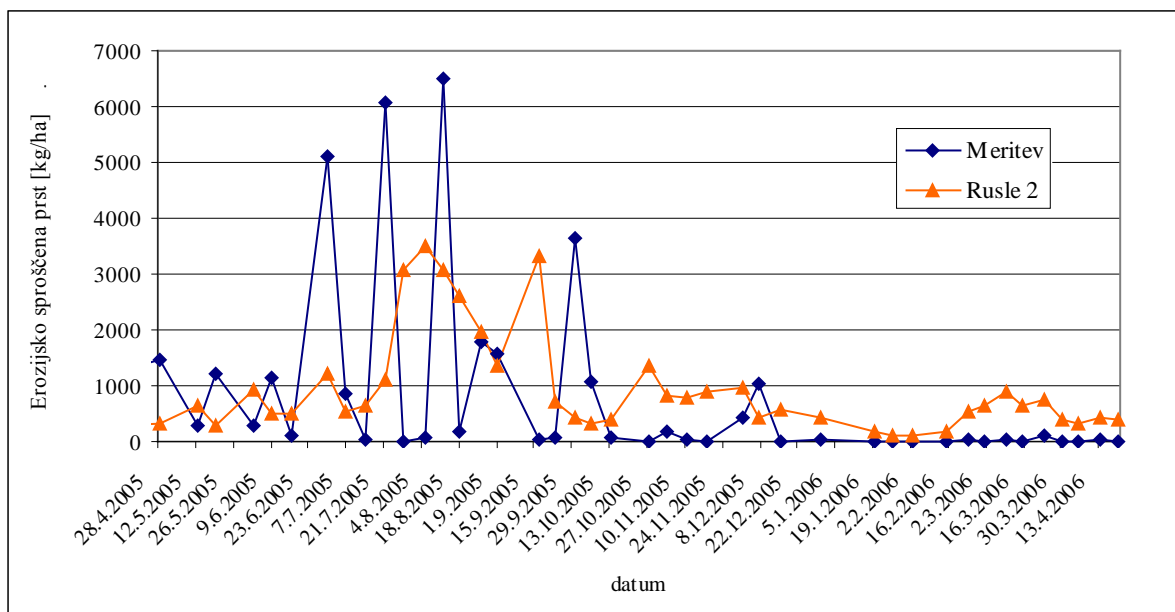
Poprečna erozijsko sproščena prst [kg/ha/leto]	Oljčnik	Travnik v zaraščanju	Gozd
<i>Meritev</i>	29.963	309	290
<i>Rusle 2</i>	32.154	264	265
Dejavnik C	0,31	0,0026	0,0025



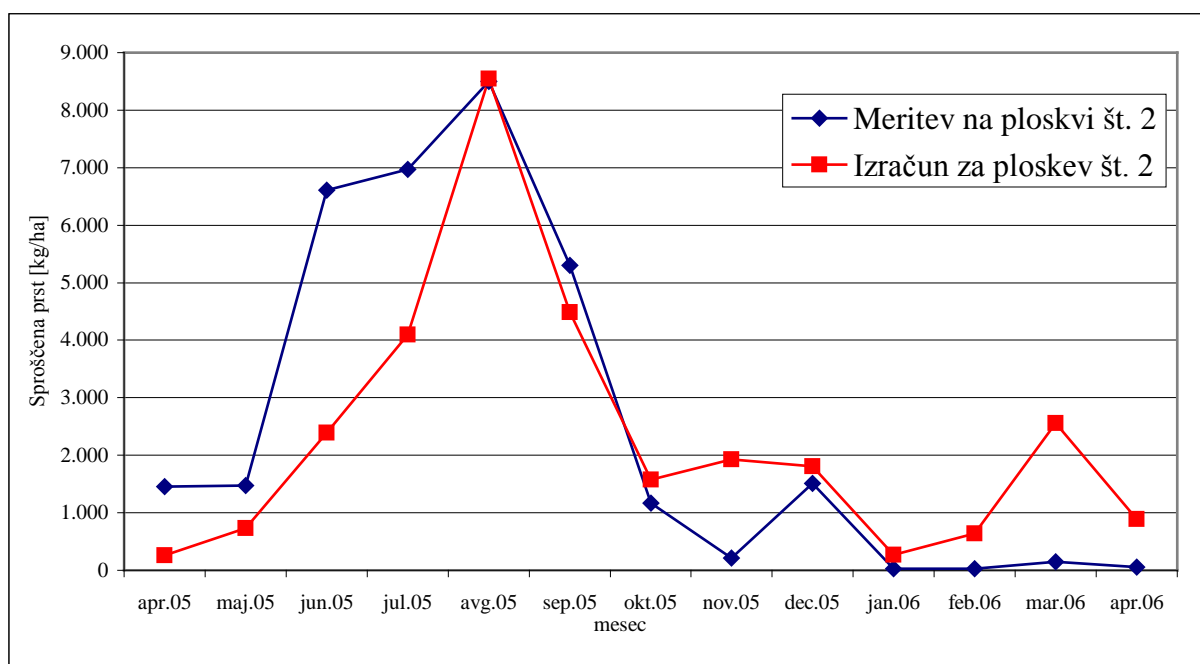
Slika 44: Poprečno erozijsko sproščena prst na poskusnih ploskvah za različne rabe tal

5.2.5 Ocenjeno in merjeno sproščanje prsti

Kot smo omenili v poglavju 5.2, Rusle 2 še ne omogoča ocenjevanja sproščene prsti za posamezne dogodke (Slika 46). Ker je program odvisen predvsem od porazdelitve erozivnosti preko leta, je smiselna primerjava letnih, mesečnih in sezonskih vrednosti, nikakor pa ne za krajše časovna obdobja ali celo posamezen dogodek.



Slika 45: Primerjava izmerjene in ocenjene erozije prsti na poskusni ploskvi št. 2, na oljčniku



Slika 46: Sproščena prst na poskusni ploskvi 2, raba tal: oljčnik

6 Zaključek

V okviru naloge smo obravnavali erozijo prsti na poskusnih ploskvah v povodje Dragonje. Z analizo podatkov s padavinske postaje Letališče Portorož ter podatkov z lokalnih postaj smo določili lastnosti padavin v letnem ciklu. Primerjava postaje državne mreže ARSO in lokalnih postaj je pokazala na pomembnost lokalnih meritev zaradi spreminjanja lastnosti padavin na majhnem prostoru. Nadalje smo opravili izračune sproščanja prsti s programom Rusle 2 in jih primerjali s terenskimi meritvami na poskusnih ploskvah.

6.1 Sezonsko in krajevno spreminjanje erozivnosti padavin

Sezonsko spreminjanje erozivnosti padavin na postaji Letališče Portorož se je po pričakovanjih razlikovalo od lokalnih postaj. Največja erozivnost padavin na lokalnih postajah v primerjavi s postajo Letališče Portorož nastopi en mesec prej.

V Portorožu je največ padavin padlo v jesenskih mesecih, od septembra do novembra, padavinsko bogat je tudi junij. V septembru je bila tudi največja poprečna erozivnost padavin, medtem ko je maksimalna vrednost mesečne erozivnosti dosežena v juniju. Padavine v zimskih in pomladanskih mesecih imajo zelo nizko erozivnost. Največ ekstremnih dogodkov se je zgodilo v mesecu septembru, sledita mu julij in oktober. V petih mesecih od junija do oktobra se dogodi 90 % največjih dogodkov. V obdobju zadnjih 31 let se je na postaji Portorož največ največjih letnih dogodkov zgodilo septembra, julija in oktobra, takrat ko so padavine tudi najbolj erozivne.

Analiza padavin za lokalne postaje v povodju Dragonje je pokazala, da je največja erozivnost padavin pozno poleti in zgodaj jeseni. Avgust je padavinsko najbolj bogat mesec, kateremu sledi november. Vendar je erozivnost novembra v poprečju skoraj 4-krat nižja kot avgusta, kar kaže na različne karakteristike padavin. Poletne padavinske dogodke zaznamuje visoka

intenziteta padavin, kar pomeni, da v kratkem času pade velika količina padavin, medtem ko jeseni padavine nastopijo z manjšo intenziteto, ki je posledica daljšega časa trajanja padavin.

Na podlagi števila erozivnih dogodkov v posameznem letu ne moremo sklepati na letno erozivnost padavin. Tudi letna količina padavin ne vpliva poglavitno na letno erozivnost padavin. Bistven dejavnik, ki vpliva na erozivnost padavin, je njihova intenziteta.

Primerjava podatkov s postaje Portorož in lokalnih postaj je poleg večanja količine padavin od morja proti notranjosti dokazala, da se poveča predvsem erozivnost padavin. Krajevno se spreminja tudi sama porazdelitev padavin preko leta in tudi število erozivnih dogodkov v posameznih mesecih.

6.2 Meritve na poskusnih ploskvah in rezultati programa Rusle 2

Izračuni s programom Rusle 2 so se izkazali za primerljive s terenskimi meritvami. Terenske meritve so se izvajale eno leto, kar je relativno kratko obdobje. Kljub temu da smo vse ploskve obravnavali, kot da niso bile izpostavljene obdelovalnim postopkom, so bili okvirji ploskev vkopani v tla – tla so bila prizadeta. Meritve je na nekaterih ploskvah ovirala talna voda.

Rezultati meritev in Rusle 2 se gibljejo v enakih velikostnih razredih. Program Rusle 2 je za gola tla izračunal večje sproščanje prsti, kot je bila dejansko izmerjena, za poraščena tla pa je bilo ocenjeno sproščanje manjše od dejanskega. Program računa sproščanje prsti na podlagi porazdelitve erozivnosti padavin preko leta, zato analiza posameznih dogodkov ni bila mogoča.

Z izvajanjem terenskih meritev ter izračunov s programom Rusle 2 smo dokazali, da je uporaba programa v povodju Dragonje možna, saj nam daje primerljive rezultate. Smiselno bi bilo podaljšati obdobje terenskih raziskav, da bi se izognil vplivom človeškega faktorja. Prostorsko spreminjanje padavin pogojuje vzporedno merjenje padavin, saj je erozivnost padavin odvisna predvsem od lokalnih nalivov z visoko intenziteto.

VIRI

ARSO. 2002. Poročila o stanju okolja v Sloveniji – tla.

http://www.arso.gov.si/poro~cila/Poro~cila_o_stanju_okolja_v_Sloveniji/tla.pdf (17.3.2006).

ARSO. 2004. Meteorološki letopis – mreža postaj.

http://www.arso.gov.si/podro~cja/vreme_in_podnebje/podnebje/2004mreza.pdf (17.03.2006).

ARSO. 2006. Podatki o 5-minutnih padavinah za postajo Portorož-Letališče. Osebna korespondenca.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 186 str.

Brilly, M., Šraj, M. 2000. Osnove hidrologije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 234 str.

Cegnar, T., Dolinar, M., Ovsenik-Jeglič, T., et-al. 2003. Meritve, spremljanje in prikazi podnebnih razmer v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje: 64 str.

Globevnik, L. 2001. Celosten pristop k urejanju voda v povodjih. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 176 str.

Foster G. R., Yoder D. C., Weesies G. A., McCool D. K., McGregor K. C., Bingner R. L. 2003. User's guide Revised universal soil loss equation version 2. Washington, D.C., USDA-Agricultural Research Service: 76 str.

Jošt, D. 2003. Analiza merjenih padavin v Solčavi za določanje erozivnosti padavin. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 88 f.

Kirkby, M. J. (ur.), Morgan, R.P.C. (ur.), Bubenzer G. D., Cooke R. U., De Ploey J., Evans R., Gabriels D., Mitchell J. K., Thornes J. B., Wilson S. J. 1980. Soil erosion. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, John Wiley & Sons, Ltd: 312 str.

Klik, A., Zartl, A. S. Comparison of Soil Erosion Simulations Using WEPP and RUSLE with Field Measurements. St. Joseph, Michingan, American Society of Agricultural and Biological Engineers.

<http://asae.frymulti.com/abstract.asp?aid=3278&t=2> (08.06.2006).

Klimatografija Slovenije. Zvezek 1: Padavine. 1995. Ljubljana, ARSO: str. 226.

Komac, B., Zorn, M. 2005. Erozijska prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji – Meritve žlebične erozije prsti v dolini Besnice = Soil erosion on agricultural land in Slovenia – Measurements of rill erosion in the Besnica valley. Acta geographica Slovenica, 45-1: 53-86. (28.02.2006).

Miko, G. 2006. Popravek skripta programa Matlab. Osebna korespondenca.

Miko, M. 2006. Površinska erozija tal. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Vodarstvo in komunalno inženirstvo: 56 f.

Mikoš, M. 1995. Soodvisnost erozijskih pojavov v prostoru. Gozdarski vestnik 53, 9: 342-351.

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov – skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 182 str.

Mikoš, M., Zupanc, V. 2000. Erozijska tal na kmetijskih površinah. Sodobno kmetijstvo, 30, 10: 419-423.

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje = Terminology in hidrology. Acta hydrotechnica 20, 32: 323 str.
<http://ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/acta/> (27. 3. 2004).

Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation, tretja izdaja. Malden, Oxford, Carlton, Blackwell Publishing Ltd: 304 str.

Navodila za opazovanja in merjenja na glavnih meteoroloških postajah. 1974. HZB (Zvezni hidrometeorološki zavod Beograd): str. 160 -169.

Navodilo za delo na padavinski postaji. 2005. Ljubljana, ARSO: 26 str.

Ogrin, D.1995. Podnebje Slovenske Istre. Koper, Knjižnica Annales: 381 str.

Osnove za izračun erozije tal na območju Hočkega vodnega vozlišča. 1999. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 8 str.

Petkovšek, G. 2000. Procesno utemeljeno modeliranje erozije tal = Process based soil erosion modelling. Acta hydrotechnica 18, 28: 41-60.

Petkovšek, G. 2002. Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 205 str.

Petkovšek, G., Mikoš M. 2004. Estimating the R factor from daily data in the sub-Mediterranean climate of southwest Slovenia. Hydrological Sciences-Journal-Des- Sciences Hydrologiques, 49 (5): 869-877.

ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/students/urejanje_povirij/Petkovsek_Mikos_HSJ_2004.pdf
(17.01.2006).

Petkovšek, G. RE: Borst 29.10.-6.11.2004. Prejemnik: Miko, M. 2. april 2006. Osebna korespondenca.

Povratne dobe za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi. 2005. Ljubljana, ARSO: 60 str.

Toy, T. J., Foster, G. R., Renard, K. G. 2002. Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. New York, John Wiley & Sons, Inc.: 338 str.

Troeh, F. R., Hobbs J. A., Donahue R. L. 1999. Soil and water conservation: productivity and enviromental protection, tretja izdaja. New Jersey, Prentice Hall, Inc.: str. 1-41, 68-90.

Santos, L.N., Azevedo, C.M. 2001. A new procedure to estimate the RUSLE EI30 index, based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal. Journal of Hidrology, 250, str. 12-18.

Skube, G. 2006. Analiza merjenih padavin v Zgornjesavski dolini. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer: 54 str.

Staut, M. 2004. Recentni procesi v porečju Dragonje. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 135 str.

Šraj, M. 2003. Modeliranje in merjenje prestreženih padavin. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 236 str.

Šraj, M. 2004. Avtomatski dežemer ONSET RG2-M. <http://ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/> (06.04.2006).

UL FGG. 2006. Podatki o 10-minutnih in dnevnih padavinah za postaje Bošt, Labor, Kocijančiči, Marezige, Rokava in Stara Vala. Osebna korespondenca.

Zorn, M., Komac, B. 2005. Erozijska prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. *Ujma*, 19, 19: 163-174.

Zorn, M. 2006. Podatki o terenskih meritvah na porečju Dragonje. Osebna korespondenca.

Zorn, M. V pripravi. Recentni geomorfni procesi na rečno – denudacijskem reliefu na primeru porečja Dragonje. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: - str.

Zupan, M., Grčman, H., Kočevar, H. 2004. Navodila za vaje iz pedologije - Organska snov. http://www.student-info.net/ntf/fgg/baza-student/geol4/17409/datoteke/4_orgsnov.pdf (27.06.2006).

Zupanc, V., Mikoš, M. 2000: Protierozijski ukrepi na kmetijskih površinah. *Sodobno kmetijstvo*, 30, 11-12: 489-493.

PRILOGE

Priloga A: Prikaz datoteke s podatki o padavinah s postaje Portorož Letališče, posredovane z ARSO

1.1.2001	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.1.2001	22	0	0	1	1	0	2	2	1	2	0	2	3
2.1.2001	23	3	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	2
2.1.2001	24	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	0	1
3.1.2001	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
3.1.2001	2	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
3.1.2001	3	2	1	2	1	0	0	0	0	1	1	1	1
3.1.2001	4	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3	8	9
3.1.2001	5	8	4	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3
3.1.2001	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3.1.2001	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3.1.2001	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
3.1.2001	11	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	2	0
3.1.2001	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4.1.2001	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.1.2001	18	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3
4.1.2001	19	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
4.1.2001	20	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
4.1.2001	21	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4.1.2001	22	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
4.1.2001	23	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
5.1.2001	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5.1.2001	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6.1.2001	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
6.1.2001	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
6.1.2001	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.1.2001	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.1.2001	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
7.1.2001	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.1.2001	13	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	1
7.1.2001	14	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
7.1.2001	15	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
7.1.2001	16	1	2	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0
7.1.2001	17	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7.1.2001	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
8.1.2001	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.1.2001	10	0	0	0	6	14	14	14	14	15	36	71	72
8.1.2001	11	39	14	8	8	7	5	5	8	10	5	1	0
8.1.2001	12	0	0	1	0	1	2	0	1	0	1	4	3
8.1.2001	13	1	1	1	3	6	6	1	1	1	0	1	1
8.1.2001	14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8.1.2001	15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
8.1.2001	16	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Priloga C: Prikaz izhodne datoteke programa RF

03-Jan-2001	04:05:00	12.034	15	1.7192	7
04-Jan-2001	17:30:00	2.3151	6.1	0.64307	3.6
08-Jan-2001	09:50:00	476.84	43.7	9.6526	49.4
25-Jan-2001	19:45:00	10.347	18.6	2.1556	4.8
26-Jan-2001	07:50:00	8.523	8.1	1.1518	7.4
24-Feb-2001	08:50:00	2.851	6.7	0.75026	3.8
02-Mar-2001	23:35:00	5.3196	12.2	1.2666	4.2
13-Mar-2001	14:00:00	71.884	24.8	4.0843	17.6
17-Mar-2001	19:10:00	4.2866	9.3	1.0206	4.2
22-Mar-2001	09:55:00	8.9057	11.6	1.4364	6.2
28-Mar-2001	21:35:00	9.1981	10.5	1.3936	6.6
05-Apr-2001	11:40:00	4.3274	8.9	0.94074	4.6
07-Apr-2001	18:15:00	3.7821	7.5	0.82219	4.6
16-Apr-2001	15:45:00	6.0348	11.8	1.3119	4.6
06-May-2001	13:50:00	157.63	18.1	4.5559	34.6
18-May-2001	22:55:00	42.958	11.8	2.6849	16
21-May-2001	17:40:00	1.1709	6.7	0.6505	1.8
31-May-2001	17:15:00	62.05	18	3.6934	16.8
03-Jun-2001	18:10:00	209.05	51.4	9.5023	22
18-Jun-2001	01:55:00	34.984	20.6	3.0688	11.4
20-Jul-2001	11:30:00	52.178	17.6	3.1816	16.4
02-Sep-2001	01:30:00	9.6901	17	1.938	5
05-Sep-2001	00:30:00	113.18	28.4	5.4943	20.6
14-Sep-2001	16:50:00	331.64	56.9	12.854	25.8
16-Sep-2001	16:00:00	149.67	34.9	5.8467	25.6
17-Sep-2001	09:45:00	1.2968	6.7	0.64841	2
23-Sep-2001	06:15:00	309.04	65.6	12.167	25.4
25-Sep-2001	03:50:00	48.356	12.8	2.5721	18.8
25-Sep-2001	10:35:00	33.937	9.8	2.121	16
04-Oct-2001	22:20:00	37.286	17.1	3.1071	12
07-Oct-2001	02:40:00	13.11	6.7	1.1918	11
21-Oct-2001	05:10:00	69.295	14.2	3.2686	21.2
12-Nov-2001	02:40:00	8.5733	7.9	1.1281	7.6
18-Nov-2001	22:55:00	3.3976	9	0.94377	3.6
26-Dec-2001	20:20:00	20.056	20.5	2.3876	8.4

Priloga D: Prikaz skripta programa Matlab za pripravo 10-minutnih podatkov o padavinah
(Miko, G., 2006, Petkovšek, 2006)

```
function int2mat
[fnamein,pathin]= uigetfile({'*.*', 'Intensity File (*.*)'},'Open intensity
file DD:MM:YYYY hh:mm:ss i');
if(fnamein==0) return, end
format='%d.%d.%d %d:%d:%d %f';
fid= fopen([pathin fnamein],'r');
if(fid==-1)
    msgbox('Ne morem odpreti datoteke. '); return;
end
x= fscanf(fid, format, [7,inf]);
t= datenum(x(:,3), x(:,2), x(:,1), x(:,4), x(:,5), x(:,6));
p= x(:,7);
fclose(fid);
save p.mat
% [fnameout,pathout]= uigetfile({'*.mat', 'MAT-Files (*.mat)'},'Save MAT
file');
% if(fnameout~=0)
%     save([pathout fnameout], 't', 'p');
% end
```

Priloga E: Prikaz izhodne datoteke programa Rusle 2

RUSLE2 Expanded Profile Erosion Calculation Record

Info: Profile is default that RUSLE2 uses when you have not specified a profile.

File: profiles\Plot1

Inputs:

Location: Marezige maj-april

Soil: clay loam (m-h OM, vs perm)vzorec1

Horiz. overland flow path length: 1.00 m

Avg. slope steepness: 11 %

Management	Vegetation	Yield units	Yield (# of units)
smooth bare, no disturbance	defaultprazno	Bushels	112

Contouring: default

Strips/barriers: (none)

Diversion/terrace, sediment basin: (none)

Subsurface drainage: (none)

Adjust res. burial level: Normal res. burial

Outputs:

Soil loss erod. portion: 35 Mg/ha/yr

Detachment on slope: 34.832 Mg/ha/yr

Soil loss for cons. plan: 35 Mg/ha/yr

Sediment delivery: 35 Mg/ha/yr

Crit. slope length:

Surf. cover after planting: 0 %

Date	Operation	Vegetation	Surf. res. cov. after op, %
1/1/0	basic/general\no operation	defaultprazno	0

Period Start Date	Operation	PLU	Avg. surf. cover, %	Avg. SC subfactor	Avg. CC subfactor	Avg. roughness, cm	Avg. SR subfactor	Avg. C factor	El, %
1/1/0	no operation => default prazno	0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	1.8
1/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	1.8
2/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	2.5
2/15/0		0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	2.5
3/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	3.4
3/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.61	1.00	0.31	3.8
4/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	17
4/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	17
5/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	8.7

nadaljevanje

5/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	8.7
6/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.1
6/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.2
7/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	4.6
7/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	4.5
8/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.7
8/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.7
9/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	0.45
9/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	0.46
10/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	0.58
10/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	0.69
11/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	4.1
11/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	4.1
12/1/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.1
12/16/0		0.31	0	1.0	1.0	0.60	1.00	0.31	2.1

<i>Period Start Date, m/d/y</i>	<i>Operation Name</i>	<i>Erosion rate, Mg/ha/yr</i>	<i>Average upslope erosion rate</i>	<i>EI, %</i>
1/1/0	no operation => defaultprazno	12	12	1.8
1/16/0		11	11	1.8
2/1/0		11	11	2.5
2/15/0		12	12	2.5
3/1/0		15	15	3.4
3/16/0		19	19	3.8
4/1/0		210	210	17
4/16/0		180	180	17
5/1/0		44	44	8.7
5/16/0		47	47	8.7
6/1/0		14	14	2.1
6/16/0		16	16	2.2
7/1/0		49	49	4.6
7/16/0		43	43	4.5
8/1/0		24	24	2.7
8/16/0		20	20	2.7
9/1/0		3.1	3.1	0.45
9/16/0		3.1	3.1	0.46
10/1/0		3.8	3.8	0.58
10/16/0		4.4	4.4	0.69
11/1/0		38	38	4.1
11/16/0		35	35	4.1
12/1/0		14	14	2.1
12/16/0		13	13	2.1