

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matjaž GLAVAN

**VPLIV SPREMENJENE RABE ZEMLJIŠČ
NA KOLIČINO IN KAKOVOST VODE
V REKI REKI V GORIŠKIH BRDIH IN REKI
DRAGONJI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Matjaž GLAVAN

**VPLIV SPREMENJENE RABE ZEMLJIŠČ
NA KOLIČINO IN KAKOVOST VODE
V REKI REKI V GORIŠKIH BRDIH IN REKI DRAGONJI**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**IMPACT OF CHANGED LAND USE
ON THE QUANTITY AND QUALITY OF WATER IN THE RIVER
REKA IN GORIŠKA BRDA AND THE RIVER DRAGONJA**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2011

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Senata Univerze z dne 12. 11. 2009 je bilo potrjeno, da kandidat(-ka) izpolnjuje pogoje za neposreden prehod (nima opravljenega magisterija) na doktorski **Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje doktorata znanosti s področja agronomije**. Za mentorico je bila imenovana izr. prof. dr. Marina Pintar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Lobnik
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Članica: izr. prof. dr. Marina Pintar
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Član: prof. dr. Franci Steinman
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Datum zagovora: 14. april 2011

Doktorska disertacija je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Doktorand
Matjaž Glavan

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 711.14:556.53:631.432:504.5:63(043.3)
KG	SWAT/ modeliranje/ tla/ raba zemljišč/ podnebje/ porečje/ reka/ Dragonja/ Reka/ Goriška Brda/ erozija/ sediment/ dušik/ fosfor/ okolje
KK	AGRIS P10/P30/T01
AV	GLAVAN, Matjaž
SA	PINTAR, Marina (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije
LI	2011
IN	VPLIV SPREMENJENE RABE ZEMLJIŠČ NA KOLIČINO IN KAKOVOST VODE V REKI REKI V GORIŠKIH BRDIH IN REKI DRAGONJI
TD	Doktorska disertacija
OP	XX, 222, [20] str., 80 pregl., 114 sl., 47 pril., 299 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Povečane vsebnosti sedimentov in hranil v vodotokih so lahko vzrok zmanjšanja kakovosti voda, ki vplivajo tudi na biodiverzitetu. Združitev različnih prostorsko-okoljskih podatkov je časovno zahtevna, zato si pomagamo z računalniškimi orodji za modeliranje. Za modeliranje vodnatosti in kakovosti površinskih voda smo uporabili model Soil and water assessment tool (SWAT). Obravnavali smo porečji Reke v Goriških Brdih (30 km ²) in Dragonje v Istri (100 km ²), ki ju zaznamujejo strmi nakloni in terasasta pokrajina. Na območjih prevladujejo tla na eocenskem flišu z izmenjujočimi plastmi peščenjaka in glinavca z značilnim površinskim odtokom in nevarnostjo erozije. Hipoteza naloge je bila, da imajo spremembe v rabi kmetijskih zemljišč, podnebne spremembe in kmetijsko okoljski ukrepi na raziskovalnih območjih s flišno geološko podlago pomemben vpliv na količinsko in kakovostno stanje vodotokov. Za izpolnitev hipoteze smo oblikovali scenarije preteklo rabe zemljišč (leto 1780, 1830, 1940, 1984, 2000), prihodnjih podnebnih sprememb (leto 2030, 2060, 2090) in učinkov kmetijsko-okoljskih ukrepov (sedem scenarijev). Opravili smo analizo senzitivnosti in izvedli ročno in avtomatsko kalibracijo modela za pretok, sediment in hranila ter glede na razpoložljivost podatkov, validacijo za pretok. Ugotovili smo, da metode izmere in ocene vodno-fizikalnih lastnosti tal ter uporaba radarsko zabeleženih padavin vplivajo na modeliranje pretoka in prenos sedimenta, dušika in fosforja. Scenariji preteklo kmetijske rabe zemljišč so pokazali, da bi njihova ohranitev oz. uresničitev v današnjih podnebnih razmerah po vsej verjetnosti povzročila povečanje vsebnosti sedimenta in hranil v vodah. Uresničitev podnebnih scenarijev bi se brez sprememb v rabi zemljišč in kmetijskih praks odrazila z zmanjšanjem povprečne letne vsebnosti sedimenta in hranil v porečju Reke ter vsebnosti sedimenta v porečju Dragonje. Večina kmetijsko okoljskih scenarijev bi prispevala k zmanjšanju sedimenta v reki Dragonji pod priporočeno vsebnost, medtem, ko bi za reko Reko vsebnost sedimenta ostala nad priporočeno vsebnostjo.

KEY WORD DOCUMENTATION

DN Dd
 DC UDC 711.14:556.53:631.432:504.5:63(043.3)
 CX SWAT/ modelling/ soil/ land use/ climate/ catchment/ river/ Dragonja/ Reka/
 Goriška brda/ erosion/ sediment/ nitrogen/ phosphorus/ environment
 CC AGRIS P10/P30/T01
 AU GLAVAN, Matjaž
 AA PINTAR, Marina (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological
 and Biotechnical Sciences, Field: Agronomy
 PY 2011
 TI IMPACT OF CHANGED LAND USE ON THE QUANTITY AND QUALITY
 OF WATER IN THE RIVER REKA IN GORIŠKA BRDA AND THE RIVER
 DRAGONJA
 DT Doctoral dissertation
 NO XX, 222, [20] p., 80 tab., 114 fig., 47 ann., 299 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB Increased concentrations of sediments and nutrients in rivers can cause a reduction
 in water quality, which also affect biodiversity. Merging the different spatial and
 environmental data is time consuming, so we utilize computer tools for modelling.
 For the modelling of water quantity and quality of surface water, we used a Soil
 and Water Assessment Tool (SWAT) model. We studied catchments of the river
 Reka in the Goriška Brda (30 km²) and Dragonja in Istria (100 km²), which are
 characterized by steep slopes and terraced landscape. Areas are dominated by soils
 of the Eocene flysch with alternating layers of sandstone and claystone with a
 distinctive surface runoff and erosion hazards. The hypothesis of the work was
 that the changes in land use, climate change and agri-environmental measures in
 the research areas with flysch geology have major influence on the quantity and
 quality status of watercourses. To meet the hypothesis we created scenarios of a
 historical land-use (year 1780, 1830, 1940, 1984, 2000), future climate change
 (2030, 2060, 2090) and the effects of agri-environmental measures (seven
 scenarios). Sensitivity analysis, manual and automatic calibration of the model
 was performed for river flow, sediment and nutrients, and depending on the
 availability of data, validation of the river flow. We found that the methods of
 measurement and evaluation of the soil water-physical properties and the use of
 radar precipitation are affecting the modelling of flow and transfer of sediment,
 nitrogen and phosphorus. Scenarios of past agricultural land use showed that their
 realisation in the present climate situation is likely to increase the levels of
 sediment and nutrients in the water. Realisation of climate scenarios without
 changes in land use and agricultural practices would lead to the decrease in
 average annual sediment and nutrient levels in the Reka catchment and sediment
 levels in the Dragonja catchment. Most agri-environmental scenarios would
 contribute to the reduction of the sediment in the river Dragonja below the guide
 level, whereas for the river Reka sediment content would stay above guide level.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORD DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	XII
KAZALO PRILOG.....	XVI
SEZNAM OKRAJŠAV IN SIMBOLOV.....	XVIII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN IN CILJI NALOGE.....	1
1.2 HIPOTEZA.....	2
1.3 PRIČAKOVANI REZULTATI IN PRISPEVEK DISERTACIJE K RAZVOJU ZNANOSTI.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 EKOSISTEM VODOTOKOV IN POREČIJ.....	3
2.2 GEOLOGIJA IN PEDOLOGIJA FLIŠA.....	6
2.2.1 Krajevno značilna krajina	6
2.2.2 Kmetijske terase	8
2.3 NETOČKOVNI VIRI HRANIL IN SEDIMENTA.....	9
2.3.1 Sediment	9
2.3.2 Dušik	12
2.3.3 Fosfor	15
2.4 PRENOS HRANIL IN SEDIMENTA IZ NETOČKOVNIH VIROV.....	16
2.4.1 Površinski odtok	17
2.4.2 Infiltracija in podpovršinski tok	18
2.4.3 Perkolacija in podzemna voda	19
2.5 VPLIV RABE TAL NA VODOTOKE.....	20
2.5.1 Skupna kmetijska in okoljska politika EU	21
2.5.2 Kmetijsko-okoljski ukrepi	22
2.5.2.1 Značilnosti kmetijske rabe ob KOP ukrepih.....	22
2.5.2.2 Vinogradništvo in KOP.....	24
2.5.3 Vplivi spremembe rabe zemljišč	25
2.6 VPLIV PODNEBJA NA VODOTOKE.....	26
2.6.1 Modeli podnebnih sprememb	27
2.7 MODELIRANJE PREMEŠČANJA SEDIMENTA IN HRANIL V POREČJU.....	29
2.7.1 Vrste modelov	30
2.7.2 SWAT	32
2.7.3 Uporaba SWAT	33
2.7.3.1 Pedologija in voda v tleh.....	34
2.7.3.2 Modeliranje sedimenta, dušika in fosforja.....	35
2.7.3.3 Raba zemljišč.....	36
2.7.3.4 Klimatske spremembe.....	37
2.7.3.5 Kmetijsko-okoljski ukrepi.....	37
3 MATERIALI IN METODE	39
3.1 OBMOČJI RAZISKOVANJA.....	39
3.1.1 Geografija in topografija	39

3.1.2 Tla, geologija in hidrogeologija	42
3.1.2.1 Tla	42
3.1.2.2 Geologija in hidrogeologija	44
3.1.3 Hidrologija	47
3.1.4 Podnebje	50
3.1.5 Raba zemljišč in obdelovanje tal	56
3.1.5.1 Ekstenzivna raba zemljišč	60
3.1.5.1 Vinogradništvo	60
3.1.6 Kakovost voda in izvori onesnaženja	62
3.1.7 Zaščitene naravne vrednote	70
3.2 ZBIRANJE PODATKOV, ANALIZA IN GRADNJA MODELA	72
3.2.1 Zahteve modela	72
3.2.2 Razdelitev na podporečja in vodozbirna območja	74
3.2.3 Podnebni podatki	75
3.2.4 Tla	77
3.2.4.1 Hidrološka skupina tal (A, B, C, D)	80
3.2.4.2 Gostota tal	81
3.2.4.3 Količina rastlinam dostopne vode – AWC	81
3.2.4.4 Nasičena hidravlična prevodnost – K_{sat}	82
3.2.4.5 Vsebnost organskega ogljika	82
3.2.4.6 Albedo	82
3.2.4.7 Faktor erozivnosti tal (K_{USLE})	83
3.2.5 Raba zemljišč	83
3.2.6 Kmetijske prakse	85
3.2.7 Odvzem vode	88
3.2.8 Točkovno onesnaževanje	89
3.2.9 Varovalni pasovi	89
3.2.10 Statistične metode uspešnosti modela in primerjave rezultatov	90
4 ANALIZA SENZITIVNOSTI, KALIBRACIJA IN VALIDACIJA	93
4.1 STRATEGIJA MODELIRANJA	94
4.2 ANALIZA SENZITIVNOSTI	95
4.2.1 Pretok	98
4.2.2 Sediment	99
4.2.3 Dušik	100
4.2.4 Fosfor	101
4.3 KALIBRACIJA – UMERJANJE MODELA	103
4.3.1 Hidrološka kalibracija	104
4.3.1.1 Letna kalibracija	105
4.3.1.2 Dnevna kalibracija	108
4.3.2 Indikatorji uspešnosti delovanja modela	111
4.3.2.1 Evapotranspiracija	111
4.3.2.2 Voda v tleh	112
4.3.2.3 Rast rastlin	113
4.3.3 Kalibracija modela za sediment	114
4.3.4 Kalibracija modela za dušik	118
4.3.5 Kalibracija modela za fosfor	121
4.4 VALIDACIJA – POTRDITEV MODELA	125

4.4.1 Hidrologija	125
4.4.2 Radarsko zabeležene padavine	128
5 SCENARIJI	131
5.1 SCENARIJI PRETEKLE KMETIJSKE RABE	132
5.1.1 Scenarij 1 – 1780	133
5.1.2 Scenarij 2 – 1830	133
5.1.3 Scenarij 3 – 1940	134
5.1.4 Scenarij 4 – 1984	135
5.1.5 Scenarij 5 – 2000 CORINE	136
5.2 PODNEBNI SCENARIJI	137
5.2.1 Scenarij 6 – 2030	138
5.2.2 Scenarij 7 – 2060	138
5.2.3 Scenarij 8 – 2090	139
5.3 KMETIJSKO-OKOLJSKI SCENARIJI	139
5.3.1 Scenarij 9 – Erozijski varovalni pasovi (EVP)	140
5.3.2 Scenarij 10 – Ekološko kmetijstvo 20 % (EKO20)	141
5.3.3 Scenarij 11 – Ekološko kmetijstvo 100 % (EKO100)	142
5.3.4 Scenarij 12 – Strmi travniki nad 35 % (S35)	142
5.3.5 Scenarij 13 – Strmi travniki nad 50 % (S50)	143
5.3.6 Scenarij 14 – Strmi vinogradi nad 35 % (STV35%)	144
5.3.7 Scenarij 15 – Ekstenzivno travinje (ETA)	145
6 REZULTATI IN RAZPRAVA	147
6.1 OSNOVNI SCENARIJ	148
6.1.1 Prispevek vodozbirnih območij podporečij	148
6.1.2 Količine v kontrolnih prerezihi reki	150
6.2 SCENARIJI	151
6.2.1 Scenariji pretekle kmetijske rabe	151
6.2.1.1 Pretok	151
6.2.1.2 Sediment	153
6.2.1.3 Celotni dušik	155
6.2.1.4 Celotni fosfor	157
6.2.1.5 Razprava o scenarijih pretekle kmetijske rabe	159
6.2.2 Podnebni scenariji	161
6.2.2.1 Pretok	162
6.2.2.2 Sediment	164
6.2.2.3 Celotni dušik	166
6.2.2.4 Celotni fosfor	168
6.2.2.5 Razprava o podnebnih scenarijih	169
6.2.3 Kmetijsko okoljski scenariji	171
6.2.3.1 Pretok	171
6.2.3.2 Sediment	172
6.2.3.3 Celotni dušik	174
6.2.3.4 Celotni fosfor	178
6.2.3.5 Razprava o kmetijsko okoljskih scenarijih	183
6.3 OVREDNOTENJE SCENARIJEV	185
7 SKLEPI	191

8 POVZETEK (SUMMARY)	193
8.1 POVZETEK	193
8.2 SUMMARY	196
9 VIRI	201

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 3.1: Površine (km ²) in nakloni (%) za obe raziskovani območji.....	41
Preglednica 3.2: Površine (km ² , %) posamezni pedokartografske enote na raziskovanih območjih rek Reke in Dragonje	44
Preglednica 3.3: Povprečni in maksimalni letni in mesečni pretoki (m ³ s ⁻¹) za reki Reko in Kožbanjšček.....	49
Preglednica 3.4: Povprečni in maksimalni letni in mesečni pretoki (m ³ s ⁻¹) za reko Dragonjo.....	49
Preglednica 3.5: Povprečna, maksimalna in minimalna temperatura (°C) za vremenski postaji Bilje in Portorož v obdobju april 1991–avgust 2009	51
Preglednica 3.6: Povprečne mesečne in letne padavine (mm) za merilno postajo Bilje (1992–2008).....	52
Preglednica 3.7: Povprečne mesečne in letne padavine (mm) za merilno postajo Portorož (1993–2008).....	53
Preglednica 3.8: Povprečne sončne ure na mesec in dan za postaji Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009)	55
Preglednica 3.9: Povprečna dnevna evapotranspiracija (ET) za postaji Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009)	56
Preglednica 3.10: Raba zemljišč v porečju reke Reke	57
Preglednica 3.11: Raba zemljišč v porečju reke Dragonje	59
Preglednica 3.12: Razširjenost kmetijsko okoljskih ukrepov programa razvoja podeželja v porečju reke Reke v letu 2008 (Kmetijsko okoljski ..., 2008)	59
Preglednica 3.13: Vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)	64
Preglednica 3.14: Vsebnost nitrata na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009) ..	65
Preglednica 3.15: Vsebnost celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)	66
Preglednica 3.16: Povprečna vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009).....	67
Preglednica 3.17: Vsebnost nitrata in skupnega dušika na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1999–2008) (Kakovost voda, 2009)	68
Preglednica 3.18: Vsebnost orto-fosforja in celotnega fosforja na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009).....	70
Preglednica 3.19: Površine zavarovanih območji v porečjih reke Reke in Dragonje	71
Preglednica 3.20: Povezava med površinskim pragom, številom HOE in odstotkom rabe tal za porečja reke Reke (9 podporečij) in Dragonje (16 podporečij).....	74
Preglednica 3.21: Razmerja med CORINE, GERK in SWAT razredi rabe zemljišč	84
Preglednica 3.22: Tehnologije pridelovanja (ha, %) na raziskovalnih območjih rek Reke in Dragonje	86
Preglednica 3.23: USLE P faktorji za kmetijske rabe na različnih naklonih in ob prisotnosti teras.....	87
Preglednica 4.1: Uporabljeni kalibracijski in validacijski podatki in njihova obdobja	95
Preglednica 4.2: Parametri in razponi vrednosti uporabljeni pri analizi senzitivnosti (po abecedi)	97
Preglednica 4.3: Analize senzitivnosti pretoka (SWAT) – porečje Reke (podporečje 8) (1998–2005).....	98
Preglednica 4.4: Analiza senzitivnosti pretoka (SWAT) – pritok Kožbanjšček v porečju Reke (podporečje 5) (1998–2005)	98
Preglednica 4.5: Analize senzitivnosti pretoka (SWAT) – porečje Dragonje (podporečje 14) (1998–2005) .	99
Preglednica 4.6: Analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005).....	100
Preglednica 4.7: Analize senzitivnosti vsebnosti nitrata (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005).....	101
Preglednica 4.8: Analize senzitivnosti vsebnosti orto-fosforja (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005).....	102
Preglednica 4.9: Analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja za pritok reke Reke Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in za reko Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005)	102
Preglednica 4.10: Hidrološki parametri, razponi in končne vrednosti izbrane za kalibracijo modelov (SWAT) za porečji Reke in Dragonje	104
Preglednica 4.11: Izračuni deležev baznega toka od celotnega toka z Baseflow Program za kalibracijsko obdobje 2001–2005 za reki Reko in Dragonjo	105

Preglednica 4.12: Primerjava vsot merjenih in simuliranih (SWAT) baznih tokov (mm) za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Reko in Dragonjo	107
Preglednica 4.13: Primerjava merjenih in simuliranih (SWAT) pretokov (mm) za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Reko in Dragonjo	107
Preglednica 4.14: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za dnevni pretok za reki Reko in Dragonjo (2001–2005)	108
Preglednica 4.15: Statistika za pretok v dnevnem časovnem koraku za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Dragonjo in Reko ter njen pritok Kožbanjšček	109
Preglednica 4.16: SWAT parametri kakovosti voda, njihovi razponi in končne vrednosti izbrane za kalibracijo modelov za porečji rek Reke (Kožbanjšček) (2008–2009) in Dragonje (1994–2008)	115
Preglednica 4.17: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos sediment ($t\ dan^{-1}$) v reki Reka – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonja (1994–2008) ..	116
Preglednica 4.18: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos nitratnega dušika ($kg\ dan^{-1}$) v rekah Reka – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonja (1994–2008)	119
Preglednica 4.19: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos orto-fosforja in celotnega fosforja za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008) ..	123
Preglednica 4.20: Validacijska statistika za pretok v dnevnem časovnem koraku za reki Dragonjo in Reko ter njen pritok Kožbanjšček	126
Preglednica 4.21: Primerjava rezultatov statističnih metod med uporabo klasičnih pluviometrijskih podatkov (RB in DB) in korigiranih radarsko zabeleženih podatkov o padavinah (RB Radar in DB Radar) za pretok za porečji Reke in Dragonje (2007–2008) v modelu SWAT	129
Preglednica 5.1: Primerjava razredov rabe zemljišč za karte porečja reke Reke	132
Preglednica 5.2: Primerjava razredov rabe zemljišč za karte porečja reke Dragonje	132
Preglednica 5.3: Primerjava razredov rabe zemljišč (ha) za karte porečja Reke po oblikovanju HOE	137
Preglednica 5.4: Primerjava razredov rabe zemljišč (ha) za karte porečja Dragonje po oblikovanju HOE ..	137
Preglednica 5.5: V podnebnih scenarijih uporabljeni podatki o temperaturi ($^{\circ}C$) in padavinah (%) – povzeto po Bergantu (2003)	138
Preglednica 5.6: Manningov koeficient hrapavosti (OV_N) za modeliranje površinskega odtoka za osnovni in ekološki scenarij	142
Preglednica 6.1: Povprečja povprečnih letnih količina sedimenta ($t\ ha^{-1}\ leto^{-1}$), celotnega dušika in celotnega fosforja ($kg\ ha^{-1}\ leto^{-1}$) prenesenih s površinskim odtokom v vodotoke za porečji rek Reke (RekaBase) in Dragonje (DragonjaBase) (1994–2008) (model SWAT)	148
Preglednica 6.2: Povprečni letni pretok ($m^3\ s^{-1}$) in povprečna letna količina sedimenta ($t\ leto^{-1}$), celotnega dušika in celotnega fosforja ($kg\ leto^{-1}$) v vodotoku za porečji Reke (RekaBase) in Dragonje (DragonjaBase) (1994–2008)	150
Preglednica 6.3: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na pretok; odstotek spremembe povprečnega letnega pretoka glede na osnovni scenarij	152
Preglednica 6.4: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij	153
Preglednica 6.5: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta v vodotoku glede na osnovni scenarij	154
Preglednica 6.6: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij	156
Preglednica 6.7: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	156
Preglednica 6.8: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij	158
Preglednica 6.9: Učinek scenarijev pretekla kmetijske rabe na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	158
Preglednica 6.10: Učinek podnebnih scenarijev na pretok; odstotek spremembe v povprečnem letnem pretoku glede na osnovni scenarij	162
Preglednica 6.11: Učinek podnebnih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij	164

Preglednica 6.12: Učinek podnebnih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v odtoku glede na osnovni scenarij	164
Preglednica 6.13: Učinek podnebnih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij	166
Preglednica 6.14: Učinek podnebnih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	166
Preglednica 6.15: Učinek podnebnih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij	168
Preglednica 6.16: Učinek podnebnih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	168
Preglednica 6.17: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na pretok; odstotek spremembe v povprečnega letnega pretoka glede na osnovni scenarij	171
Preglednica 6.18: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij	173
Preglednica 6.19: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	173
Preglednica 6.20: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij	175
Preglednica 6.21: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	175
Preglednica 6.22: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) na količino dušika (kg ha^{-1}) in smer prenosa v profilu tal iz podporečij v vodotok	177
Preglednica 6.23: Odstotek spremembe modeliranih povprečnih letnih količin različnih oblik dušika prenesenih v vodotoku iz podporečja 14 (Dragonja) in 5 (Reka)	178
Preglednica 6.24: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij	179
Preglednica 6.25: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij	179
Preglednica 6.26: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) na smeri prenosa fosforja iz podporečij v vodotok (1994–2008)	180
Preglednica 6.27: Odstotek spremembe modeliranih povprečnih letnih količin različnih oblik fosforja prenesenih v vodotoku iz podporečja 14 (Dragonja) in 5 (Reka)	181
Preglednica 6.28: Pregled statistično značilnih rezultatov po Studentovi t-statistiki za povprečni letni pretok in povprečne letne količine sedimenta, celotnega dušika in celotnega fosforja v vodotoku na iztoku iz podporečij 7 (D-Rokava), 14 (Dragonja), 8 (Reke) in 9 (R-Vedrijanšček) za vse obravnavane scenarije	182
Preglednica 6.29: Meje in priporočene vsebnosti (mg l^{-1}) za sediment, dušik in fosfor	185
Preglednica 6.30: Primerjava vplivov alternativnih scenarijev na povprečne letne vsebnosti (mg l^{-1}) sedimenta, nitrata in celotnega fosforja za podporečji 14 (Dragonja) in 5 (Reke)	187

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Pedosekvenca na mehkih karbonatnih kamninah – eocenski fliš (laporji in peščenjaki zahodne Slovenije) (Stritar, 1990)	7
Slika 2.2: Dinamika premeščanja sedimenta na nivoju rečnega odseka (Rusjan in Mikoš, 2006)	11
Slika 2.3: Hidrološke poti vode in erozijski procesi v Mediteranu (Butzer, 1976)	11
Slika 2.4: Širina varovalnih pasov in lovilna učinkovitost za sedimente (Yuan in sod., 2009)	12
Slika 2.5: Dušikov krog (Neitsch in sod., 2005)	13
Slika 2.6: Fosforjev cikel (Neitsch in sod., 2005)	16
Slika 2.7: Območja Natura 2000 v Sloveniji (ZRSVN, 2010)	21
Slika 2.8: Scenariji IPCC o podnebnih spremembah in projekcije razponov dviga temperatur površja (ICSF..., 2009; ChrisMartenson.com..., 2009)	28
Slika 2.9: Shematični prikaz gibanje vode v modelu SWAT (Neitsch in sod, 2005)	32
Slika 3.2: Terasasta pokrajina Goriških Brd	40
Slika 3.3: Opuščene terase v dolini Dragonje	40
Slika 3.4: Nadmorska višina raziskovanih območij rek Reke in Dragonje (Kart. podloga GURS, 2010)	41
Slika 3.5: Nakloni površja (%) raziskovanih območij rek Reke in Dragonje	41
Slika 3.6: Digitalna pedološka karta porečja reke Reke v Goriških Brdih (1:25.000) (Digitalna..., 2010)	43
Slika 3.7: Digitalna pedološka karta porečja reke Dragonje (1 : 25.000, 1 : 50.000) (Digitalna..., 2010)	43
Slika 3.8: Flišni klif v dolini Dragonje	45
Slika 3.9: Geologija in hidrogeologija porečja reke Reke (Geološka karta ..., 2010)	45
Slika 3.10: Geologija in hidrogeologija porečja reke Dragonje (Geološka karta ..., 2010)	46
Slika 3.11: Rečna mreža rek Reke in Dragonje, hidrološke postaje in čistilne naprave	47
Slika 3.12: Hidrogram reke Reke in njenega pritoka Kožbanjščka – Neblo za obdobje 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)	48
Slika 3.13: Hidrogram reke Dragonje – Podkaštel za obdobje 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)	48
Slika 3.14: Povprečna, maksimalna in minimalna mesečna temperatura (°C) za Bilje in Portorož v obdobju apr. 1991 – avg. 2009 (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	50
Slika 3.15: Povprečne mesečne padavine (mm) in skupna letna količina padavin (mm) za postaje Bilje, Vedrijan (1992–2008) in Brdice (1992–2006) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	52
Slika 3.16: Povprečne mesečne padavine (mm) za padavinske postaje Portorož, Movraž, Dekani (1993–2008) in Labor (2007–2008) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	53
Slika 3.17: Grafična razporeditev povprečnih letnih padavin iz radarske slike padavin za raziskovalni območji (jan. 2007 – avg. 2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	54
Slika 3.18: Sončne ure za Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	55
Slika 3.19: Povprečna, minimalna in maksimalna evapotranspiracija (Penman Monteith) za Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)	56
Slika 3.20: Raba zemljišč in rastlinski pokrov porečja reke Reke (Grafičnih podatki RABA..., 2009)	57
Slika 3.21: Raba zemljišč in rastlinski pokrov porečja reke Dragonje (Grafičnih podatki RABA..., 2009; CORINE..., 2009)	58
Slika 3.22: Merilno mesto Agencije Republike Slovenije za okolje Neblo 8700 na potoku Kožbanjšček	62
Slika 3.23: Oprema za vzorčenje ISCO vzorčevalnik in HydroLab sonda	62
Slika 3.24: Vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009). Priporočena vrednost je 25 mg SS l ⁻¹	64
Slika 3.25: Vsebnost nitrata na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)	65
Slika 3.26: Vsebnost celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1.7.2008–30.6.2009) – najvišja izmerjena vrednost (16,65 mg l ⁻¹) ni prikazana zaradi boljše preglednosti slike	66
Slika 3.27: Merilno mesto Agencije Republike Slovenija za okolje Podkaštel 9300 na reki Dragonji	67
Slika 3.28: Povprečne mesečne vsebnosti suspendiranega sedimenta (mg l ⁻¹) na merilnem mestu Agencije Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)	68
Slika 3.29: Povprečne mesečne vsebnosti skupnega dušika in nitrata na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)	69

Slika 3.30: Povprečne mesečne vsebnosti celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009).....	69
Slika 3.31: Zavarovana območja porečij rek Reke in Dragonje (Atlas okolja, 2010)	71
Slika 3.32: Razdelitev porečij Reke in Dragonje na podporečja	75
Slika 3.33: Lokacije pri modeliranju uporabljenih padavinskih postaj za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje	76
Slika 3.34: Točke izkopanih profilov tal za porečje reke Reke in profil številka 7	79
Slika 3.35: Točke izkopanih profilov tal za porečje reke Dragonje in slikovni prikaz profila številka 7	80
Slika 3.36: Modificirani karti rabe zemljišč uporabljeni pri modeliranju s SWAT modelom za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje	85
Slika 3.37: Vodna dovoljenja in komunalne čistilne naprave v porečjih rek Reke in Dragonje.....	88
Slika 4.1: Ločitev baznega toka od merjenega srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko (1998–2005)	106
Slika 4.2: Ločitev baznega toka od merjenega srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo (1998–2005)	106
Slika 4.3: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za modele RB, RBN, RBP	110
Slika 4.4: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za modele DB, DBN, DBP	110
Slika 4.5: Razmerje med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reki Reko in Dragonjo za kalibracijsko obdobje (2001–2005) in ustreznim koeficientom determinacije (R^2) za modela RekaBase (RB) in DragonjaBase (DB)	111
Slika 4.6: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za modele rek Reke in Dragonje za kalibracijsko obdobje (2001–2005).....	111
Slika 4.7: Primerjava povprečne dnevne temperature ($^{\circ}\text{C}$) in ET (Penman-Monteith metoda) (mm) za porečje Reke (HOE 38) in Dragonje (HOE 182) v kalibracijskem obdobju (2001–2005)	112
Slika 4.8: Primerjava simulirane vodne bilance (2001–2005) (mm) za podporečji 8 (Reka) in 14 (Dragonja) s podatki ARSO o vodni bilanci (1971–2000) za Bilje in Portorož.....	112
Slika 4.9: Primerjava simulirane vsebnosti vode v tleh (mm) za HOE 38 (Reka) in HOE 182 (Dragonja) in merjenih padavin (mm) za Bilje in Portorož v kalibracijskem obdobju (2001–2005)	113
Slika 4.10: Simulirana (SWAT) rast vinograda (kg ha^{-1}) in indeks listne površine ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) (HOE 38) v porečju reke Reke.....	114
Slika 4.11: Primerjava simuliranih in merjenih dnevnih količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) RB, RBN, RBP modelov za reko Reko – Kožbanjšček (2008–2009)	117
Slika 4.12: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) za reki Reko – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)	117
Slika 4.13: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) DB, DBN, DBP modelov za reko Dragonjo (1994–2008)	117
Slika 4.14: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) RB, RBN, RBP modelov za reko Reko (2008–2009).....	120
Slika 4.15: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008).....	120
Slika 4.16: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) DB, DBN, DBP modelov za reko Dragonjo (1994–2008).....	120
Slika 4.17: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih količin orto-fosforja (kg dan^{-1}) za RB, RBN, RBP modele za reko Reko (2008–2009)	122
Slika 4.18: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin orto-fosforja (kg dan^{-1}) za DB, DBN, DBP modele za reko Dragonjo (1994–2008).....	123
Slika 4.19: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih količin celotnega fosforja (kg dan^{-1}) za RB, RBN, RBP modelov za reko Reko (2008–2009).....	124
Slika 4.20: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin celotnega fosforja (kg dan^{-1}) za DB, DBN, DBP modele za reko Dragonjo (1994–2008).....	124
Slika 4.21: Primerjava kumulativne distribucije količin (kg dan^{-1}) orto-fosforja (kg dan^{-1}) za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)	124

Slika 4.22: Primerjava kumulativne distribucije količin (kg dan^{-1}) celotnega fosforja za reko Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)	125
Slika 4.23: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim (ARSO) dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko (model RekaBase – RB) za validacijski obdobji (1993–1997, 2006–2008)	127
Slika 4.24: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim (ARSO) dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo (model DragonjaBase – DB) za validacijski obdobji (1994–1996, 2006–2008)	127
Slika 4.25: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za validacijski obdobji za reko Reko (1993–1997, 2006–2008)	127
Slika 4.26: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za validacijski obdobji za reko Reko (1993–1997, 2006–2008) in Dragonjo (1994–1996, 2006–2008)	128
Slika 4.27: Primerjava merjenega (ARSO) in simuliranega (SWAT) srednjega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za RB in RB_Radar modela za reko Reko (2007–2008)	129
Slika 4.28: Primerjava merjenega (ARSO) in simuliranega (SWAT) srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za DB in DB_Radar modela za reko Dragonjo (2007–2008)	130
Slika 5.1: Jožefinska avstro-ogrška vojaška karta (1780) za porečje reke Reke	133
Slika 5.2: Karta Franciscejskega katastra (1830) za porečje reke Reke	134
Slika 5.3: Karta Franciscejskega katastra (1830) za območje reke Dragonje	134
Slika 5.4: Karta Catasto Forestale (1940) za porečje reke Reke	135
Slika 5.5: Agro karta (1984) za porečje reke Reke	135
Slika 5.6: Karta rabe zemljišč CORINE 2000 za porečje reke Reke	136
Slika 5.7: Karta rabe zemljišč CORINE 2000 za območje reke Dragonje	136
Slika 5.8: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in nakloni večjimi od 35 % in 50 % za porečje reke Reke	143
Slika 5.9: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in nakloni večjimi od 35 % in 50 % za porečje reke Dragonje	143
Slika 5.10: Hidrološke odzivne enote z rabo vinograd in naklonom večjim od 35 % za porečje reke Reke	144
Slika 5.11: Hidrološke odzivne enote z rabo vinograd in naklonom večjim od 35 % za območje reke Dragonje	145
Slika 5.12: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in razredi naklona za porečje reke Reke	146
Slika 5.13: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in razredi naklona za območje reke Dragonje	146
Slika 6.1: Povprečna letna količina sedimenta ($\text{t ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovna scenarija RekaBase in DragonjaBase (1994–2008)	149
Slika 6.2: Povprečna letna količina celotnega dušika ($\text{kg N ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovni scenariji RekaBase in Dragonja Base za obdobje 1994–2008	149
Slika 6.3: Povprečna letna količina celotnega fosforja ($\text{kg P ha}^{-1} \text{leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovni scenariji RekaBase in Dragonja Base za obdobje 1994–2008	149
Slika 6.4: Sprememba v povprečnem mesečnem pretoku ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekla kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	152
Slika 6.5: Primerjava scenarijev pretekla kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne pretoke ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	153
Slika 6.6: Sprememba v povprečni mesečni količini sedimenta (t , %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekla kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	154
Slika 6.7: Primerjava scenarijev pretekla kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta (t ha^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	155
Slika 6.8: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg , %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekla kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	156
Slika 6.9: Grafični prikaz podatkov scenarijev pretekla kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)	157

Slika 6.10: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekle kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008).....	158
Slika 6.11: Primerjava scenarijev pretekle kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008).....	159
Slika 6.12: Sprememba v povprečnih mesečnih pretokih (m ³ s ⁻¹ , %) med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	163
Slika 6.13: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne pretoke (m ³ s ⁻¹) z okvirji z ročaji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	163
Slika 6.14: Sprememba v povprečni mesečni količini sedimenta (t, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	165
Slika 6.15: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta (t leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	165
Slika 6.16: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	167
Slika 6.17: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	167
Slika 6.18: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	169
Slika 6.19: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	169
Slika 6.20: Odstotek spremembe povprečnih mesečnih pretokov (m ³ s ⁻¹ , %) med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	172
Slika 6.21: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letni pretok (m ³ s ⁻¹) z okvirji z ročaji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	172
Slika 6.22: Sprememba v povprečni mesečni količini sedimenta (t, %) (SWAT) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	174
Slika 6.23: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta (t leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	174
Slika 6.24: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	176
Slika 6.25: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	176
Slika 6.26: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto ⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	179
Slika 6.27: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008).....	180

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Podatki o skupni letni količini padavin (mm) za padavinske postaje uporabljene v SWAT modelu za porečji Reke in Dragonje
- Priloga B1: Podatki potrebi za zagon hidrološkega modela SWAT
- Priloga C1: Nova karta tal za porečje reke Reke
- Priloga C2: Nova karta tal za porečje reke Dragonje
- Priloga D1: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol.file za horizont 1
- Priloga D2: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
- Priloga D3: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 4 in 5
- Priloga D4: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizont 1
- Priloga D5: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
- Priloga D6: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizont 4
- Priloga D7: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizont 1
- Priloga D8: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
- Priloga D9: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 4 in 5
- Priloga D10: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizont 6
- Priloga E1: Parametri rasti rastlin v SWAT crop.dat
- Priloga E2: Parametri rasti rastlin v SWAT crop.dat
- Priloga F1: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRR, AGRC), ekstenzivni (ORCE) in intenzivni (ORCI) sadovnjak za osnovni scenarij RekaBase
- Priloga F2: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VINO) in travnik (TRAV) za osnovni scenarij RekaBase
- Priloga F3: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRE), ekstenzivni (ORCE) in intenzivni (OINE) sadovnjak za ekološka scenarija RekaEKO20 in RekaEKO100
- Priloga F4: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VIEK) in travnik (TRVE) za ekološka scenarija EKO20 in EKO100
- Priloga F5: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRR, AGRC), in intenzivni (ORCI) sadovnjak za osnovni scenarij DragonjaBase
- Priloga F6: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VINE), oljčnik (OLEA) in travnik (TRAV) za osnovni scenarij DragonjaBase
- Priloga F7: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRE) in intenzivni (OINE) sadovnjak za ekološka scenarija DragonjaEKO20 in DragonjaEKO100
- Priloga F8: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VIEK), oljčnik (OLEE) in travnik (TRVE) za ekološka scenarija DragonjaEKO20 in DragonjaEKO100
- Priloga G1: Gnojila uporabljena v SWAT fert.dat
- Priloga H1: Podatki o znanih virih točkovnih izpustov (čistilne naprave)
- Priloga I1: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za porečje reke Reke (podporečje 8) za obdobje (1998-2005)
- Priloga I2: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za pritok reke Reke Kožbanjšček (podporečje 5) za obdobje (2008-2009)
- Priloga I3: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za reko Dragonje (podporečje 14) (1998-2005)
- Priloga I4: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)
- Priloga I5: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
- Priloga I6: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti nitrata za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) za obdobje (2008 – 2009)
- Priloga I7: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti nitrata (NO_3^-) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
- Priloga I8: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega dušika (TN) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)

Priloga I9: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti mineralnega fosforja (PO_4^{3-}) za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)

Priloga I10: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti mineralnega fosforja (PO_4^{3-}) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)

Priloga I11: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja (TP) za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)

Priloga I12: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja (TP) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)

Priloga I13: Parametri, razponi in končne vrednosti izbrane za kalibracijski postopek pretoka za porečji Reke in Dragonje

Priloga J1: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Priloga J2 : Učinek podnebnih scenarijev na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Priloga J3: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Priloga K1: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v površinskem odtoku za porečje Reke (območji do podporečij 9 in 8) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

Priloga K2: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v površinskem odtoku za porečje Dragonje (območji do podporečij 7 in 14) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

Priloga K3: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v vodotoku za porečje Reke (območji do podporečja 9 in podporečja 8) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

Priloga K4: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v vodotoku za porečje Dragonje (območji do podporečja 7 in podporečja 14) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

Priloga K5: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečni letni pretok za porečji Reke (območji do podporečij 9 in 8) in Dragonje (območji do podporečij 7 in 14) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

SEZNAM OKRAJŠAV IN SIMBOLOV

OKRAJŠAVE

AGNPS	Agricultural non-point source pollution model
ALMANAC	Agricultural land management alternatives with numerical assessment criteria model
APEX	The agricultural policy environmental extender
ARS	Agricultural researches
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ASTM	American society for testing and materials
BPK	Biokemijska potreba po kisiku
CAP	Common agricultural policy
CN	Curve number – krivulja odtoka
CORINE	Coordination of information on the environment
CPVO	Center za pedologijo in varstvo okolja
CREAMS	Chemicals, runoff and from agricultural management system
DMV	Digitalni model višin
EEA / EOA	European environmental agency / Evropska okoljska agencija
EK	Ekološko kmetijstvo
EPIC	Erosion productivity impact calculator
EPO	Ekološko pomembno območje
EU	Evropska unija
FAO	Food and agriculture organisation
GCM	Global circulation model
GeoZS	Geološki zavod Slovenije
GERK	Grafična enota rabe kmetijskih gospodarstev
GIS	Geo-informacijski sistem
GLEAMS	Groundwater loading effects of agricultural management systems
HOE	hidrološka odzivna enota
HRU	Hidrologic response unit
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
IPS	Integrirano sadjarstvo
ISO	International organization for standardization
IVG	Integrirano vinogradništvo
KČN	Komunalna čistilna naprava
KGZS	Kmetijsko gozdarski zavod Slovenije
KOP	Kmetijsko okoljski program
KPK	Kemijska potreba po kisiku
KSS	Kmetijska svetovalna služba
MKGP	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
MODFLOW	Modular three-dimensional groundwater flow model
MONERIS	Modelling nutrient emissions in river systems
MSC	Model splošne cirkulacije
MUSLE	Modified universal soil loss equation
NL-CAT	Nutrient losses at catchment scale
NLEAP	Nitrate leaching and economic analysis package
N-LES	Nitrogen Leaching Estimator
OMD	Območje omejenih dejavnikov za kmetijsko proizvodnjo
PBIAS	percent bias / odstotek pristranskosti
PE	Populacijska enota
PELMO	Performance of the pesticide leaching
PET	Potencialna evapotranspiracija
PKE	Pedo-kartografska enota
ppm	delcev na milijon
PRP	Program razvoja podeželja
PSE	Pedo-sistematska enota

QUAL2E	Enhanced stream water quality model
REJ	Sonaravna reja domačih živali
RMSE	root mean square error / efektivna srednja kvadratna napaka
SA	Source apportionment model
SKOP	Slovenski kmetijsko okoljski program
SKP	Skupna kmetijska politika
SS	suspendiran sediment
SWAP	Soil, water, atmosphere and plant
SWAT	Soil and water assessment tool
SWIM	Soil and water integrated model
SWRRB	Simulator for water resources in rural basins
TGP	toplogredni plini
TN	celotni dušik
TOPLATS	Based land surface-atmosphere transfer scheme
TP	celotni fosfor
TRK	Nutrient tracking model
UL	Univerza v Ljubljani
UZ	Univerza v Zagrebu
VD	Vodna direktiva
WASIM	Water flow and balance simulation model
WEPP	Water erosion prediction project
WFD	Water framework directive
ZDA	Združene države Amerike
ZPP	Zaporedni pedološki profil
ZRC SAZU	Znanstveno-raziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti

SIMBOLI

%	odstotek
<	manj kot
>	več kot
√	koren
°C	stopinje Celzija
Al	aluminij
B	Bor
C	ogljik
C:N	razmerje ogljika in dušika
Ca	kalcij
CH ₄	metan
cm	centimetri
CO ₂	ogljikov dioksid
E_{NS}	Nash-Sutcliffeova simulacijska učinkovitost
ET	evapotranspiracija
Fe	železo
ha	hektar
in sod.	in sodelavci
K	hidravlična prevodnost (mm h ⁻¹)
K	kalij
kg	kilogram
kg ha ⁻¹	kilogramov na hektar
km	kilometer
km ²	kvadratni kilometer
kPa	kiloPascal
l s ⁻¹	liter na sekundo
m	meter
m s ⁻¹	metri na sekundo
m yr ⁻¹	metri na leto

$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$	kubični metri na sekundo
Mg	magnezij
mg	miligram
mg kg^{-1}	miligram na kilogram
mg l^{-1}	miligram na liter
MJ	megaJouli
$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$	megaJouli na kvadratni meter na dan
mm	milimeter
mm hr^{-1}	milimeter na uro
N	dušik
N_2	diatomski dušik
N_2O	didušikov oksid
NH_3	amonijak
NH_4^+	amonij
NO	dušikov
NO_2	dušikov dioksid
NO_2^-	nitrit
NO_3^-	nitrat
$\text{NO}_3\text{-N}$	nitratni dušik
O_3	ozon
P	fosfor
pF	vodno-zadrževalne lastnosti tal
pH	Merilo kislosti ali bazičnosti raztopine
PO_4^{3-}	orto-fosfor
q / Q	pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
R^2	koeficient determinacije
S	žveplo
Stdev	standardni odklon
t ha^{-1}	ton na hektar
μg	mikrogram
$\mu\text{g l}^{-1}$	mikrogram na liter
Σ	vsota

1 UVOD

Področje dela, ki ga raziskuje doktorska disertacija je agronomija s poudarkom na modeliranju vodnatosti in kakovosti površinskih voda z modelom Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Področje dela vključuje tudi rabo kmetijskega prostora, monitoring voda, analizo hidroloških lastnosti tal, klimatologijo, kmetijsko okoljske ukrepe in GIS analize.

Povišane vsebnosti hranil (dušik, fosfor) in sedimenta v vodotokih lahko vodijo k znižanju biodiverzitete, ki postaja eden glavnih pokazateljev kakovosti okolja. Spremembe v družbenih ureditvah raziskovalnih območij so ob specifičnih geoloških, pedoloških in topoloških značilnostih vodile tudi do sprememb v rabi prostora (npr. opuščanje kmetijskih zemljišč, zaraščanje, intenzivno vinogradništvo, agromelioracije). Skupaj s podnebnimi spremembami lahko to vodi v spreminjanje fizikalnih in kemičnih procesov v tleh vzpodbujenih s strani vode (npr. erozija, infiltracija, evapotranspiracija, izpiranje hranil). Združitev različnih prostorsko-okoljskih podatkov je časovno zahtevna, zato je nujna uporaba računalniških orodij za modeliranje. Raziskava je bila izvedena v luči direktiv Evropske unije kot so Vodna direktiva, Nitratna direktiva in Habitatna direktiva. Prav tako so bili vključeni vplivi Skupne kmetijske politike (SKP) EU in Kmetijsko okoljskih ukrepov iz Programa razvoja podeželja (PRP) Republike Slovenije 2007–2013.

1.1 NAMEN IN CILJI NALOGE

Glavni namen naloge je bil ugotoviti dolgoročne učinke sprememb rabe kmetijskega prostora, podnebnih sprememb in kmetijsko okoljskih ukrepov na vodnatost in kakovostno stanje površinskih voda flišnih porečij reke Dragonje v Slovenski Istri in Reke v Goriških Brdih, s čimer bi doprinesli k razumevanju procesov prenosa sedimenta in hranil v flišnih porečjih in nakazali smernice razvoja porečij za doseg dobrega kakovostnega stanja vodotokov oz. ohranitev le-tega. Hkrati želimo preizkusiti scenarije, ki bi pokazali, kakšne dolgoročne odzive okolja lahko pričakujemo ob spremembah podnebja in ob izvajanju kmetijsko-okoljskih ukrepov.

Cilj bo dosežen prek naslednjih stopenj:

- analiza trenutne situacije v porečjih na področju rabe zemljišč, obdelave tal, odtočnega režima, razpršenih in točkovnih virov sedimenta in hranil,
- določitev načina in vrste modeliranja ter njegovih prednosti in slabosti,
- zbiranje, urejanje in analiza potrebnih podatkov in ocena manjkajočih,
- izvedba terenskih vzorčenj potrebnih podatkov,
- uporaba modela na porečjih za sedanje pogoje in analiza senzitivnosti, kalibracija, validacija in ocena kakovosti delovanja modela,
- priprava in uporaba scenarijev rabe zemljišč, podnebja in kmetijsko okoljskih ukrepov v modelu,
- na podlagi rezultatov modeliranja oceniti stanje porečij in predlagati usmeritve razvoja na področju rabe zemljišč za doseg dobrega kakovostnega stanja vodotokov flišnih porečij.

1.2 HIPOTEZA

Disertacija preverja hipotezo, da imajo spremembe v rabi kmetijskih zemljišč, klimatske spremembe in kmetijsko okoljski ukrepi na raziskovalnih območjih s flišno geološko podlago pomemben vpliv na količinsko in kakovostno stanje tekočih površinskih vodah. Pri tem je pomembno dejstvo, da uporabljeni računalniški model Soil and water assessment tool – SWAT omogoča razdelitev obsežnih, po topografiji, pedologiji, rabi zemljišč in načinu obdelave tal, heterogenih porečij na manjša enovita območja. To nam omogoča bolj natančen vpogled v fizikalne procese, ki potekajo v profilu tal in vplivajo na prenos sedimenta in hranil v površinske vodotoke.

1.3 PRIČAKOVANI REZULTATI IN PRISPEVEK DISERTACIJE K RAZVOJU ZNANOSTI

Pričakujemo odgovor na vprašanje, koliko sta flišna tla in zaradi njih celotno porečje podvržena spremembam podnebja, rabe zemljišč in načinu obdelave tal ter kako se to odraža na vodnatosti površinskih voda in njihovi kakovosti zaradi erozije tal in prenosa dušika in fosforja.

Pričakujemo, da bomo dobili odgovor na vprašanje, kakšna bi bila vodnatost in kakovostno stanje vodotokov, če bi se ohranile zgodovinske rabe kmetijskih zemljišč ob današnjih podnebnih razmerah.

Pričakujemo, da bomo dobili odgovor na vprašanje, koliko bi lahko podnebne spremembe vplivale na količino in kakovost vode, če se v porečjih ne bodo zgodile prilagoditve v rabi in tehnologiji pridelave.

Pričakujemo, da bomo s pomočjo modela preverili tudi dolgoročne učinke ukrepov iz 2. osi programa razvoja podeželja Slovenije za leto 2007–2013, ki se navezujejo na izboljšanje okolja in podeželja z upravljanjem zemljišč, na kakovost površinskih vodotokov in podali smeri razvoja rabe zemljišč na raziskovalnih območjih.

Z odgovori na ta vprašanja bomo izpolnili raziskovalno hipotezo, ali in kako spremembe v rabi kmetijskega prostora, podnebne spremembe in kmetijsko okoljski ukrepi na območjih s flišno geološko podlago oz. flišnih tal vplivajo na vodnatost in kakovostno stanje površinskih vodotokov.

Neposreden prispevek doktorske disertacije je izboljšanje znanja in razumevanja procesov prenosa sedimenta, dušika in fosforja iz tal na flišni geološki podlagi v površinske vodotoke.

2 PREGLED OBJAV

2.1 EKOSISTEM VODOTOKOV IN POREČIJ

Voda je osnovni naravni vir in jo najdemo v več oblikah: padavine (dež, sneg), površinska vodna telesa (reke, jezera) pozemna voda in morje. Khan in Ansari (2005) navajata, da voda predstavlja kar 70 % vse teže organizmov na svetu, kar jo uvršča v pomemben medij za biološke aktivnosti. Voda je tudi medij za prenos energije v ekosistemu, povzroča preperevanje matične podlage in nastanek tal, je prenosnik topnih in netopnih soli oz. hranil, z absorpcijo toplotne radiacije uravnava temperaturo atmosfere in je atmosferski čistilec, ker vodne pare absorbirajo plinasta onesnažila in prašne delce ter jih izperejo iz atmosfere. Le 5 % vse vode na Zemlji prosto kroži, ostalih 95 % je ujetih v litosferi in sedimentnih kamninah. Okoli 99 % od prosto dostopne vode je v oceanih (4,95 % vse vode) in 1 % (0,05 %) je potencialno na voljo za kroženje na kopnem. Oceani predstavljajo 97 % vode, ledeniki 1,7 %, podzemna voda 0,8 %, reke in jezera 0,02 %, voda v tleh 0,001% in atmosfera 0,001% (Gleick, 1996).

Osnovna premisa porečja je, da je to enovit (zaključen) biološki, fizični, ekonomski in socialni sistem. Porečje je produktiven sistem, na katerega vplivajo naravni in človeški vplivi (padavine, sonce, industrija, tehnologije, inštitucije). Iz porečja kot produkt prihajajo voda, pridelki, živina in les. Ta sistem ima zato tudi neželene učinke, kot so: erozija, upad pridelovalne sposobnosti kmetijskih tal, upad kakovosti vode, spremembe v vodnem režimu, povečanje poplavne ogroženosti, upad ekonomske moči (npr. turizem) (Becerra, 1995). Porečja predstavljajo logične administrativne enote za upravljanje vodnega cikla in njihova zaščita ter obnova je najbrž edina trajnostna oblika naložbe porečij (Everard, 2004). Nel in sod. (2007) za primer iz Južne Afrike opozarjajo, da je uspešna zaščita rek možna le ob dobrem upravljanju celotnega porečja, tudi pritokov, na katere se pogosto pozablja. Zato so učinkovite izvedbe upravljaljskih načrtov nujne, vključevati pa morajo jasne in trdne vizije, cilje in navodila za ohranjanje biodiverzitete površinskih voda, tudi ob kasnejših večjih potrebah družbe po prostoru. Reke so celovit ekosistem z močno povezavo med strugo in okoliškimi zemljišči, še posebno z obrežnim pasom, ki ima to lastnost, da zadrži veliko anorganskih in organskih snovi, strupov in bakterij. Pomen celovitosti obravnavanja vodozbirnih območij se kaže tudi v primeru rek Ižice in Krke, ki sta obe kraškega značaja, saj se že na izviru se pojavljajo vrste, značilne za habitate srednje bogate s hranili (Germ Jogan, 1997).

Habitati vodotokov so sestavljeni iz vodne struge, stičnih habitatov med plitko podzemno vodo, pripadajočih mokrišč in drugih obrežnih habitatov in poplavnih vodnih teles. Največja nevarnost za te habitate so širitve kmetijskih zemljišč, saj je v mnogih porečjih fizična degradacija habitatov večji problem kot onesnaženje vode (Shields in sod., 2006). Shields in sod. (2006) na podlagi poročila Okoljske agencije ZDA iz leta 2000 navajajo, da je kar 53 % vseh brežin izpostavljenih sedimentaciji in degradaciji habitatov. Okoljska zakonodaja daje vedno večji poudarek na vključevanju lokalnih uporabnikov, lastnikov zemljišč, lokalnih skupnosti, prostovoljnih nevladnih organizacij in upoštevanju njihovih želja ter znanj pri soupravljanju (Bonnell in Koontz, 2007; De Groot in Lenders, 2006; Schultz in sod., 2007; Freeman in Ray, 2001), medtem ko je področje načrtovanja območij

ohranjanja naravnih habitatov še vedno v veliki meri domena administrativno-znanstvene sfere.

Zgleden primer, kako slediti Vodni direktivi Evropske unije, so izvedli na Švedskem, kjer so zelo sistematično pristopili k preprečitvi erozije in izboljšanju kakovosti vode v onesnaženi reki Massingsboan, ki se izliva v jezero Brunnsjon in je podvrženo evtrofikaciji. Uvedli so kolektivno učenje prebivalcev in posledično je to privedlo do bolj prilagojenih okoljskih ukrepov. A zato je bil potreben osebni kontakt, nudenje informacij in dialog med kmeti in oblastmi. Ulen in Kalisky (2005) za omenjen primer trdita, da je za uspešno izvedbo načrtov izboljšanja kakovosti voda treba zagotoviti dovolj finančnih sredstev in izboljšati komunikacijo med oblastmi, prebivalci in kmeti, ki živijo v porečju.

Lorenz in sod. (2001) ugotavljajo, da je upravljanje mejnih rek in prekomejnih učinkov na reke težko zaradi velike prostorske, institucionalne in sektorske razdrobljenosti. Enotni kazalniki lahko tako prispevajo k usklajenemu zbiranju informacij različnih institucij na mednarodnem in sektorskem nivoju. Velik napredek je pri tem naredila EU, ki je z vodno direktivo postavila nova pravila pri upravljanju porečij. Wagner in sod. (2002) predlagajo kot najbolj učinkovit način, enoten načrt upravljanja porečij, ki zajema tako hidrologijo, ekologijo, urbane vode, kmetijstvo in odpadke. Muhweezi in sod. (2007) so na meji med Ugando in Kenijo ugotovili, da lastništvo zemlje spodbudi procese in uspeh različnih okoljskih programov, ki morajo biti spodbujeni s strani lokalnih, regionalnih ali državnih oblasti, a potrebno je veliko politične volje. V sodobnem integriranem upravljanju porečij in vodnih virov se vedno bolj pogosto pojavljajo modeli, ki prikazujejo učinke različnih odločitev na ekosistem porečja (Kummu in sod., 2006; Dymond in sod., 2003).

Okvirna vodna direktiva (VD) (Water Framework Directive – WFD) (2000/60/EC) Evropske unije je najpomembnejši del okoljske zakonodaje, ki je bil uveljavljen v zadnjih letih in kot kaže, bo močno vplival na obliko monitoringa kakovosti voda v EU. VD povezuje številne druge že obstoječe direktive kot so kopalna (76/160/EEC), o pitni vodi (98/83/EC), ribja (78/659/EEC), školjčna (79/923/EEC), o nevarnih snoveh (76/464/EC), o podzemni vodi (80/68/EEC), nitratna (91/676/EEC) in o pesticidih (91/414/EEC). Osnovna enota površinskih voda po VD je vodno telo, ki je ločen in pomemben sestavni del površinske vode, kot so jezera, reke, somornica ali del obalnega morja. Glavni cilji VD so izboljšati, zaščititi in preprečiti nadaljnje zniževanje kakovosti voda v Evropi, to velja tako za površinske in podzemne vode kot tudi morja (Allan in sod., 2006). Namen direktive je doseči in zagotoviti dobro kakovostno stanje vseh vodnih teles v Evropi do leta 2015, zato je treba uveljaviti nacionalne operativne programe upravljanja z vodami na nivoju porečij (Allan in sod., 2006). Porečja v Evropi so še posebej številčna, a le 31 porečij je večjih od 50.000 km² in ta odvajajo vodo iz 6,63 milijonov km², kar je skoraj 2/3 celine. Borja (2005) poudarja, da je VD posebna tudi zato, ker (i) je večinoma osnovana na bioloških in ekoloških elementih, s tem da je ekosistem v centru upravljaljskih odločitev; (ii) ker se aplicira na vsa evropska vodna telesa; (iii) ker je osnovni element celotno porečje rek vključno z obalnimi vodami. Neal in Heathwait (2005) opozarjata, da je zelo malo študij in s tem tudi podatkov, ki bi podrobno preučili okoljske spremembe povezane s hranili od biologije do ekologije. Poleg Vodne direktive je tu tudi Clean Water Action Plan, ki so ga ZDA uveljavile 1972 in leta 1987 dopolnile, in japonska zakonodaja na področju varovanja podzemnih voda in onesnaževanju voda iz leta 1994. Obe državi pospešeno pripravljata

ново zakonodajo, ki se osredotoča na celotna porečja (Wagner in sod., 2002; Melillo in Cowling, 2002).

V znanstveni javnosti se pojavlja negotovost, da ambicioznih ciljev VD ne bo možno doseči. Raziskava, ki so jo izvedli v Nemčiji, je imela cilj najti najboljšo kombinacijo rabe zemljišč in kmetijske tehnologije, ki bi znižala celotni dušik do vrednosti, ki so zapisane v VD. Razvili so scenarije, ki so bili osnovani na kmetijsko-okoljskih ukrepih iz skupne kmetijske politike – SKP (Common Agricultural Policy – CAP) in regionalnih razvojnih programov podeželja. Rezultati, ki so jih pridobili z modelom SWAT so pokazali, da bi bili za doseg ciljne kakovosti vode v porečjih potrebni drastični, iz socio-ekonomske perspektive nerealistični ukrepi (znižanje obdelovanih zemljišč iz 77 % na 46 % in 13 % ekološkega kmetijstva, povečanje pašnikov iz 4 % na 15 %, gozda iz 10 % na 21 % in mokrišč iz 0 % na 9 %) (Volk in sod., 2009).

Randhir in Hawes (2009) ugotavljata, da Clean Water Act v ZDA po več kot 30 letih še vedno ni dosegel vseh zastavljenih ciljev za pitno in kopalno vodo. Trenutna prostorska politika ZDA še vedno vpliva na kakovost in količino vode, preoblikuje vodna okolja in vpliva na dinamiko vodnih ekosistemov. Kar 43 % vseh dušikovih gnojil, porabljenih na koruznih poljih v ZDA, ki pokrivajo 21 % vseh kmetijskih zemljišč, od tega kar 35 % dušikovih gnojil, odteče v reke, jezera in končno v morje (Zedler, 2003).

Nitratna direktiva – ND (91/676/EEC), ki se nanaša na varstvo voda pred onesnaženjem z nitrati iz kmetijskih virov je v Sloveniji z uvedbo leta 2004 močno a pozitivno posegla v življenje ljudi. Slovenija je po tem dokumentu območje celotne države opredelila kot občutljivo za onesnaženje z nitrati. Leta 2002 je Evropska komisija pripravila poročilo o izvajanju ND in ugotovila, da še vedno ostaja več kot 20 % EU podzemnih vod prekomerno obremenjenih z nitratom in kar 30–40 % površinskih voda z znaki evtrofikacije. Ob tem so ocenili delež N iz kmetijstva na skoraj 80 % vseh vnosov v vode (Nacionalni..., 2004).

Wagner in sod. (2002) predlagajo, da bi morali doseči trajnostno upravljanje z vodami s pomočjo skupnega procesa učenja, ki bi vključeval tako že razvite države kot tiste v razvoju. Ugotavljajo, da dosledno ohranjanje naravne kakovosti in količin vode ni realno v nobeni državi, saj je blagostanje in preživetje močno odvisno od rabe vode v različne namene. Da bi vendarle preprečili onesnaženje, so v razvitem svetu uvedli sistem onesnaževalec plača, tržno ceno vode, višje davke na fitofarmacevtska sredstva (FFS) in mineralna gnojila ter s tem znižali porabo vode in onesnaževanje vode.

Za uspešno implementacijo okvirne VD (2000/60/EC) v EU članicah bo treba v programih monitoringa namestiti in uporabljati vedno bolj razširjeno nizkocenovno opremo. Nove tehnike lahko dopolnijo obstoječ monitoring z dodatnimi informaciji (stanje flore in favne) s ciljem pridobiti bolj reprezentativno sliko kakovosti vodnih teles (Allan in sod., 2006; Persson, 2001). Izraz monitoring lahko razložimo kot pazljivo opazovanje, merjenje in poročanje. Medtem, ko ovrednotenje (evalvacija) pomeni pripisovanje uporabnosti in interpretacijo podatkov za prihodnje ukrepe. Če hočemo ovrednotiti moramo najprej izvesti monitoring, ki pa ne sme biti le preprosto zbiranje podatkov. Zaščito zemljišč in upravljanje porečij je težko ovrednotiti iz treh razlogov: 1. ker se učinki projekta zaščite

opazijo šele na srednji do dolgi rok; 2. ker zunanji faktorji, ki niso povezani s projekti tudi vplivajo na naš projekt, 3. učinki projekta so široko porazdeljeni po prostoru. V realnem svetu načrtovani programi njuno potrebujejo konstantno prilagajanje (Becerra, 1995).

Programi upravljanja naravnih virov v porečju imajo pomembno vlogo, ker prevladuje mnenje, da se raba zemljišč v porečjih zrcali v kakovosti voda. Vendar značilnosti, ki vplivajo na erozijo in kakovost vode (padavine, geomorfologija, naklon, prevodnost tal, kmetijske kulture) močno variirajo znotraj porečja. Zato enotno upravljanje celotnega območja ni smiselno, saj ne zadovolji vseh potreb po varstvu tal in vode ter socio-ekonomskih učinkih, zato Hatch in sod. (2001) predlagajo oblikovanje agro-ekoregij.

2.2 GEOLOGIJA IN PEDOLOGIJA FLIŠA

Tla so temeljni in eden od najvažnejših naravnih virov človekovega obstoja na planetu, saj omogočajo proizvajalcem organske snovi tj. rastlinam oporo za rast. Tla nastanejo s skupnim delovanjem različnih dejavnikov (sonce, padavine, temperatura, organizmi), ki delujejo na zemljino površje. Rezultat je nova naravna sfera, ki sestoji iz različnih delov tal in jo imenujejo pedosfera (pedon = tla). Ta relativno tanka plast, ki se meri v decimetrih ali metrih, je rezultat preoblikovanja (razgradnje in novotvorb), ki v kombinaciji s premeščanjem tvori horizonte tal s specifičnimi značilnostmi (Škorič, 1986).

V tleh poznamo več različnih specifičnih procesov, ki vplivajo na značilnosti tal (Škorič, 1986) in so močno povezani tudi s flišnimi tlemi: 1. **erozija** je površinsko odnašanje talnih delcev; 2. **humifikacija** je obogatitev tal s humusom, 3. **pedoturbacija** je biološko in fizično mešanje in homogeniziranje tal; 4. **dekarbonatizacija** je premeščanje in izpiranje kalcijevega karbonata iz enega ali več horizontov; 5. **acidifikacija** je umeščanje vodikovih baz v adsorpcijski kompleks na mesto izločenih baz; 6. **psevdooglejevanje** je specifičen nastanek marmoriranih tal s sivimi in rjastimi conami, ki so rezultat izmenjevanja mokre in vlažne faze tal, saj gravitacijska voda zaradi nizke propustnosti le s težavo odteče. Pojavlja se tudi na dvignjenih in nagnjenih površinah – pobočni pseudoglej, 7. **antropogenizacija** obravnava spremembe naravnih tal s strani človeka s obdelovanjem, gnojenjem in melioracijami.

Na flišu najdemo različne tipe tal: 1. **avtomorfna** (regosol, luvisol, rendzina, rjava karbonatna tla, evtrična rjava (nasičena) tla, antropogena tla, rigosol, koluvialna tla, rjava pokarbonatna tla) in 2. **hidromorfna** (aluvialna tla, psevdoglej, hidromeliorirana tla).

2.2.1 Krajevno značilna krajina

Združbo rjavih tal (rego-luvisol) opisuje tudi Stritar (1990) v svojem delu Krajina in krajinski sistemi. Tla na flišu so se razvila iz mehkih materialov, ki vsebujejo večji ali manjši delež karbonatov. Matična hribina je krušljiva in podvržena hitremu preperevanju. Hribina je pogosto podvržena plazenju, kar otežuje izvedbo tehničnih del kot je terasiranje, ki združuje izkope in useke. Človek se je podredil klimatskim in talnim razmeram tako, da ju je kar se da najbolje izkoristil za pridelovanje sadja in grozdja. Glavni omejitveni dejavnik za obdelovanje je relief, ki preprečuje in otežuje uporabo storilnejše tehnologije.

resedimentacije, ki so se zgodili v globokih morskih okoljih, vendar relativno blizu karbonatne platforme. Pavlovec (1969) je na podlagi različnih paleogeoloških kazalnikov in analizi favne v flišnih sedimentih predvideval, da je šlo za relativno ozko in globoko kotlino. Na robovih te kotline je bilo aktivno pobočje povezano s karbonatno platformo, ki je bilo, zaradi tektonike, sposobno sproščanja velikih količin sedimenta. Pobočje na drugem robu je bilo ali bolj položno ali manj tektonsko aktivno. V geološki preteklosti so nato ostali geološki procesi (potresi, dvig kopnega, erozija) povzročili premikanje in gubanje teh mas. Zupančič in Pirc (1999) navajata, da flišne kamnine večinoma preperevajo mehanično. Glineni minerali, prisotni v kamnini, se sproščajo zaradi raztezanja in krčenja kamnine, to vodi do hitre produkcije velikih količin preperine (regolita), ki kasneje tvori tla. Preperevanje prodira tudi v debelejšje plasti in ne samo v tanke površinske razpoke kot pri apnencu. V geološki preteklosti so jugovzhodni tokovi prispevali večinoma glineno-kremenast material, medtem ko so vzhodni in južni tokovi nanесли karbonatni material. Povprečen pH na flišnih tleh z visoko vsebnostjo kalcija na območju Dragonje je 7,7, kar je več kot v Brkinih (pH 6), ki ima nizko vsebnost kalcija (Zupančič in Pirc, 1999).

Mandrone (2006), ki je preučeval geomehanske lastnosti fliša v severnih Apeninih pravi, da je fliš heterogena masa kamnin z naslednjimi karakteristikami: heterogene mehanske lastnosti (izmenjavanje trdih in mehkih horizontov), prisotnost glinenih mineralov, drobljiv in lomljiv material s tektonskimi prelomi (pogosto zelo podoben tlom). Na nepropustnih flišnih kamninah je razvit običajen površinski odtok zaradi slabše hidrološke prepustnosti plasti, saj je struktura tal povečini meljasto glinasto ilovnata do glinasto ilovnata. Rusjan in sod. (2008) tako za eocenske fliše (lapor in peščenjak) na območju Brkinov navaja hidravlične prevodnost med 10^{-6} do 10^{-5} m s^{-1} . Večina avtorjev, ki opisuje fliš navaja, da so nakloni pobočji veliki (Zupančič in Pirc, 1999; Mandrone, 2006; Rusjan in sod., 2008; Berger in sod., 2009; Terhorst in Damm, 2009), kar ob večjih padavinah povzroča izrazit površinski odtok. Fliš je pogosto lahko geomehansko zelo nestabilen, to povzroča nastanek plazov ter počasno drsenje zemljine (Mandrone, 2006; Mikoš in sod., 2006; Komac in Zorn, 2007a). Vodni tok na flišu je seštev ek infiltracije preko makropor, vertikalnega matričnega toka, in lateralnega toka, ki je pomemben v ilovnato glinastih tleh, za katera je značilno večkratno raztezanje (mokra obdobja) in krčenje (suha obdobja) (Berger in sod., 2009).

2.2.2 Kmetijske terase

Za flišni svet zahodne Slovenije je značilno terasiranje kmetijskih površin na strmejših predelih, ki pa se izvaja po določenih pravilih. Za nagnjene površine in strme lege na Primorskem je izdelava teras najprimernejši in prevladujoč način ureditve zemljišč za trajne nasade. Ureditev nagnjenih površin v terase je zelo drag ukrep, ki poveča stroške naprave in obnove vinogradov. Ekonomisti predlagajo opustitev kmetovanja na nagibih večjih od 30 %, ker ne more biti konkurenčno. A temu nasprotujejo dejstva, da opuščanje pridelave v strmih legah vodi k zmanjšanju kmetijskih površin, da imajo določene vasi vse pridelovalne površine na nagnjenih območjih in da z opuščanjem pridelave na strmih legah izginja kulturna krajina.

Prednosti nagnjenih površin so višje povprečne temperature, boljša osvetlitev, tla se hitreje segrevajo, nevarnost pozebe je minimalna ali nična, zaradi vetra je manjša možnost razvoja bolezni. Za EU velja ocena, da manj kot 10 % vinogradov leži na strmih površinah, a v Sloveniji jih le slaba tretjina leži na ravnini. Prevladujejo vinogradi na nagibih med 16 in 30 %, skoraj tretjina jih je na nagibih večjih od 30 %. Največji delež terasiranih vinogradov imajo Goriška Brda in Vipavska dolina. Terasa na teh območjih urejajo že pri nagibih manjših od 15 %. V Brdih je po podatkih registra 78 % vseh vinogradov na terasah, od tega je največ vinogradov na nagibih med 30 do 50 % (Škvarc in Kodrič, 2006). Na strmih legah in na območjih z obilico dežja in pogostimi nalivi je ureditev teras edina možnost ureditve vinograda. Z izdelavo teras preprečujemo erozijo in plazenje, saj je letna količina padavin v Goriških Brdih med 1500 in 1600 mm ter na Koprskem 1000 mm. Padavine so pogosto v nalivih, ko v kratkem času pade od 50 do 100 mm. Terasa zadrži več padavin kot nagnjene površine in imajo večjo sposobnost akumulacije vode.

2.3 NETOČKOVNI VIRI HRANIL IN SEDIMENTA

Po letu 1940 se je površina ornih zemljišč in količina mineralnih gnojil po svetu in Evropi močno povečala. Intenzivnejša pridelava in večja gostota živali sta vzročno vplivali na večje odlaganje dušika na zemljišča in izpiranje v površinske vode. Povečala se je tudi stopnja erozije in s tem povezano površinsko izpiranje fosforja. Znižale so se tudi površine močvirij in jezer, kar je znižalo sposobnost sladkovodnih ekosistemov po zadrževanju in odstranjevanju hranil in onesnažil (EEA, 1999). Zadnjih več kot 20 let je bil glavni cilj znanstvenikov širom Evrope ugotoviti bilanco in gibanje hranil iz kmetijskih površin in njihov učinek na površinske vode širom Evrope (Neal in Heatwaite, 2005). Dušik, fosfor in anorganski ogljik (raztopljen CO_2 , ogljikova kislina) so glavna hranila v površinskih vodah (EEA, 1999). Ob tem Pinay in sod. (2002) navajajo, da so pretekle neprimerne odločitve povzročile, da so mnogi sladkovodni viri neprimerni za uporabo in opozarjajo na večji pomen primernih količin vode v strugi in časa prisotnosti teh količin, s čimer zagotovimo biofizični obstoj vodotokov za trajnostno strategijo upravljanja z vodami.

2.3.1 Sediment

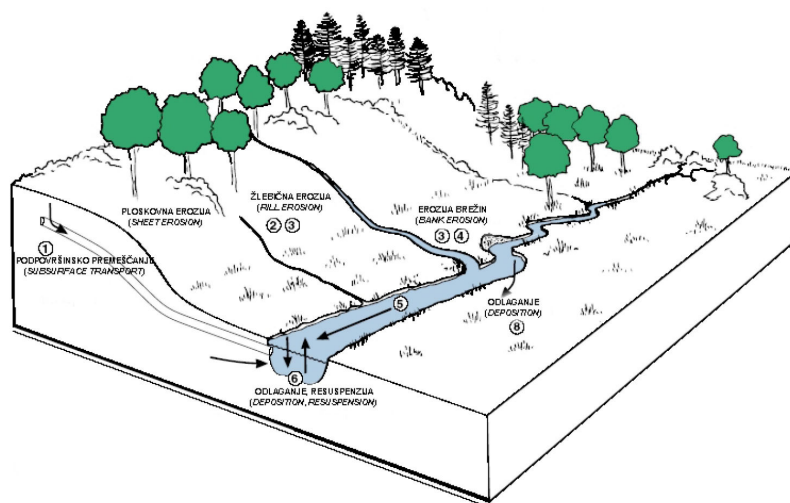
S pojmom sediment imenujemo zemljine oz. talne delce (agronomski izraz), ki so se zaradi določenega erozijskega procesa premestili (sprostili) iz lege svojega nastanka in odložili drugje. Glede na gibanje sedimenta ločimo plavje, ki ima specifično težo manjšo do vode (listje, veje), lebdeče plavine, ki imajo specifično težo enako vodi (suspenzije, blatni tok) in plavine, ki imajo specifično težo večjo od vode in se gibljejo na dnu. Pojem plavine pomeni sedimente v rečni strugi, ki se pod vplivom vodnega toka vsaj občasno premeščajo, običajno ob večjih vodostajih (Petkovšek, 2002). Sediment lahko nastane kot posledica dveh procesov: površinske migracije talnih delcev in sil vodnega toka na rečno strugo, z eno besedo lahko proces nastajanje sedimenta imenujemo erozija. Strokovna javnost ocenjuje, da je izguba sedimenta, ki preseže več kot 1 t ha^{-1} letno, obravnavana kot nepovratna izguba in v Evropi je zemljišč s tako ali večjo stopnjo izgube preko 54 milijonov km^2 , stroški takih izgub na hektar so ocenjeni v povprečju na 10 do 90 € (Čarman in sod., 2007). Hahn in sod. (1994) navajajo, da erozija brežin strug vodotokov z erozijskim delovanjem vodnega toka, lahko povzroča tudi 50 % vseh lebdečih plavin, ki se

sproščajo na določenem prispevnem območju vodotoka. Pri eroziji se talni delec loči od podlage zaradi skupnih sil dežne kapljice in površinskega vodnega toka, ki nadalje prenaša talne delce po pobočju, kjer se transportna sposobnost znižuje s hitrostjo infiltracije in povečuje s hitrostjo vodnega toka (Hahn in sod., 1994). V naravi so tla zaščitena z gostim naravnim pokrovom (drevje, travinje), a tudi pod rastlinskim pokrovom se na nagnjenih terenih stalno dogaja prenos delcev tal. Kadar se pri razvoju tal doseže ravnotežje med količino novonastalih in erodiranih delcev govorimo o klimaksu ali »normalni« eroziji, ki je v okolju ne opazimo. Z delovanjem človeka, naseljevanjem, sečnjo, obdelavo in drugimi oblikami antropogenizacije, tla postanejo gola in izpostavljena, kar vodi v tako imenovano »urbano« erozijo (Kisić in sod., 2005). Na intenzivnost erozije ima vpliv tudi količina vode, pogostnost in intenziteta padavin, kinetična energija dežnih kapljic, sposobnost tal za vpijanje vode, struktura in tekstura (vsebnost gline), nagib in oblika terena, torej vsi faktorji, ki vplivajo na kinetično energijo vode, to je energijo prenosa delcev tal po površini (Škorič, 1986; Petkovšek, 2000). Poznamo več vrst vodnih erozij, ki vplivajo na tla na flišu: žlebično (brazde, jarki), medžlebično in ploskovno, ki pripadajo ploskovni eroziji in bočno erozijo brežin ter globinsko erozijo rečnega dna, ki pripadata rečni eroziji (slika 2.2).

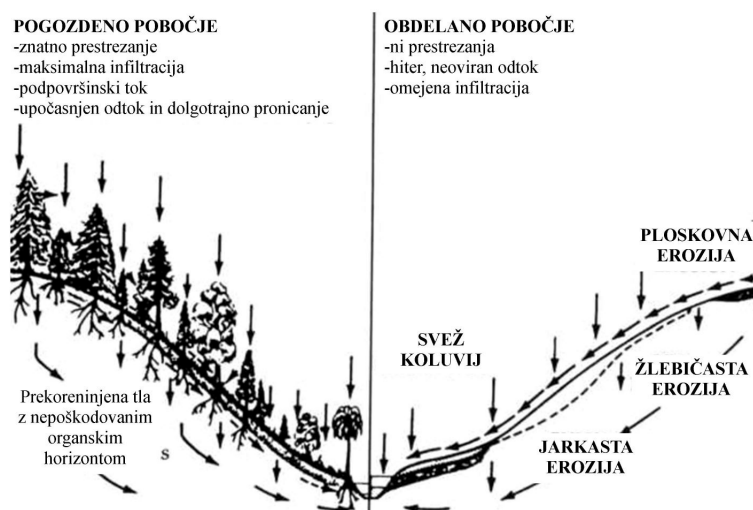
Slovenija je potencialno ogrožena za nastanek erozije, zlasti na plitvih tleh in hribovitih območjih, saj naj bi erozijski pojavi ogrožali kar 9000 km² (44 % površine države), kjer prevladuje hudourniška (vodna) erozija (Vovk Korže, 2007; Čarman in sod., 2007). Meritve erozije, ki sta jih opravila Zorn in Petan (2008) v porečju Dragonje so pokazale pomembnost medžlebične erozije. Pri celotni letni količini padavin 1044 mm se je iz golih tal oljčnika v prvem enem letu izpralo 90 t ha⁻¹ tal (naklon 5,5°), iz zaraslega travnika 1,68 t ha⁻¹ (naklon 9,4°), v gozdu z blagim naklonom (7,8°) 3,91 t ha⁻¹ in v gozdu z večjim naklonom (21,4°) 4,15 t ha⁻¹. V drugem letu se je pri letni količini padavin 930 mm izpralo 118 t ha⁻¹ tal iz oljčnika, 0,90 t ha⁻¹ iz zaraslega travnika, 4,21 t ha⁻¹ iz gozda z blagim naklonom in 1,15 t ha⁻¹ iz gozda z večjim naklonom. Komac in Zorn (2007b) sta v pregledu študij povezanih z erozijo v Sloveniji ugotovila, da so eroziji najbolj izpostavljene njive (20 t ha⁻¹ letno) in tudi vinogradi s podobno količino. V gozdu je erozija desetkrat nižja; na travnikih in pašnikih je večja kot v gozdu (3 t ha⁻¹ letno), v sadovnjakih je 10 t ha⁻¹ letno, na visokogorskih neporaslih območjih se sprošča 50 t ha⁻¹ letno. Po njuni oceni se v Sloveniji sprošča okoli 3,7 do 4,2 t ha⁻¹ letno gradiva, kar je enako znižanju površja za 0,2 do 0,3 mm letno.

Ramos in Martinez-Casasnovas (2006) sta v vinogradih severovzhodne Španije merila izgube sedimenta in hranil s površinskim odtokom. Povprečno je iz površine golih tal odteklo od 3 do 29 % vseh padavin z izjemo dveh dogodkov ko je odteklo 56 in 80 %. Tudi vsebnost sedimenta v odtoku je bila od 3 do 25 g l⁻¹ odvisno od erozivnosti dežja, kar je v povprečju do 2,62 t ha⁻¹, z maksimalno izmerjeno izgubo 11,5 t ha⁻¹. Skupaj s sedimentom je bilo izpranega tudi 8 kg ha⁻¹ leto N in 6,5 kg ha⁻¹ leto P, brez upoštevanja dveh ekstremnih dogodkov. Zaključujeta, da je večina izgub tal in hranil povezana z majhnim številom ekstremnih padavinskih dogodkov, ki letno prispevajo 60 % izgub tal in hranil. Mnoga porečja v Mediteranu so bila kmetijsko obdelovana več tisoč let, zato so debele plasti koluvialnega sedimenta ob vznožju pobočij značilna pokrajinska lastnost (slika 2.3). Erodibilne klastične sedimentne litologije, kot sta fliš in lapor, so še posebno občutljive na erozijo (Woodward, 1995). Poleg izgube rodovitnega dela tal ima erozija tudi

negativen učinek na nanos finega sedimenta in organske snovi v rekah, ki vpliva na ribja drstišča in razvoj iker (Lohse, 2008), a Petticrew (2006) navaja, da imajo določena hranila lahko tudi pozitivne učinke na povečanje produktivnosti vodotokov na primarnem in sekundarnem nivoju. Petkovšek in Mikoš (2003) na podlagi merjenih podatkov na območju flišnega porečja Rokave, pritoka reke Dragonje, ocenjujeta povprečni letni odtok lebdečih plavin na okrog 1500 t in povprečni letni odtok rinjenih plavin na vsaj 10 % te vrednosti. Ocenjujeta, da je premeščanje večjih zrn rinjenih plavin v povprečju omejeno na en dogodek letno in da izvirajo predvsem iz klifov in možne bočne erozije odloženega materiala. Ocenjujeta, da je vir večjega dela lebdečih plavin površinska erozija, manjšega pa klifi (100 m^3 letno), a točnih meritev ni.



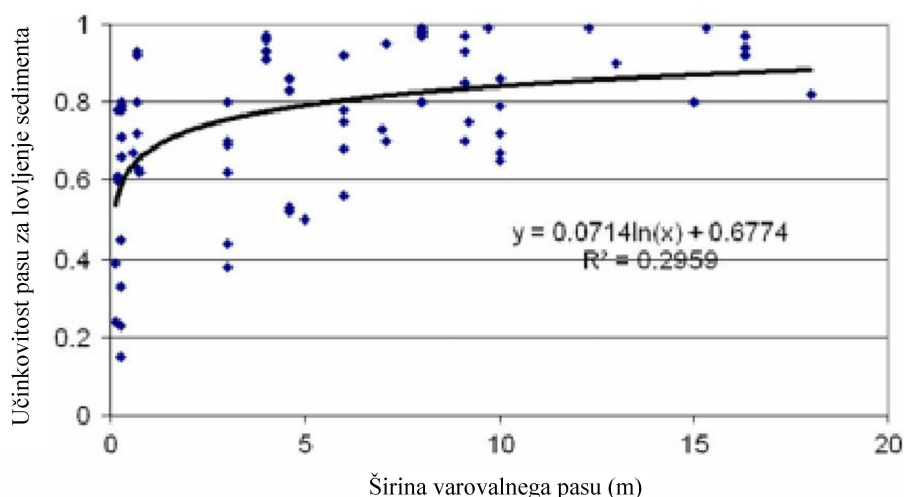
Slika 2.2: Dinamika premeščanja sedimenta na nivoju rečnega odseka (Rusjan in Mikoš, 2006)
Figure 2.2: Dynamics of sediment transport on the river section level (Rusjan and Mikoš, 2006)



Slika 2.3: Hidrološke poti vode in erozijski procesi v Mediteranu (Butzer, 1976)
Figure 2.3: Hydrological pathways of water and erosion processes in the Mediterranean (Butzer, 1976)

Glavni način boja proti eroziji in prenosu sedimenta v površinske vodotoke je namestitvev rastlinskih lovilno varovalnih pasov, katerih zadrževalna kapaciteta naj bi zaustavila talne delce in hranila in uravnavala učinke rabe zemljišč na kakovost voda in vodne ekosisteme.

Vegetativni lovilno varovalni pasovi so lahko iz trave, dreves, grmovja ali njihove kombinacije in so nameščeni na robovih kmetijskih zemljišč vzdolž vodnih teles. Namenjeni so upočasnitvi hitrosti površinskega odtoka, kar povzroči usedanje talnih delcev oz. sedimenta in prečiščuje hranila, ter zagotoviti habitate in koridorje ribam in ostalim divjim živalim (Bini in sod., 2006). Lovilna učinkovitost obvodnih pasov je v prvi vrsti odvisna od širine pasov, tipa, gostote in položaja vegetacije, velikosti talnih delcev, naklona in dolžine pobočja, oblike površinskega odtoka, lastnosti tal, vsebnosti vode v tleh in količine ter intenzitete dežja (slika 2.4) (Yuan in sod., 2009). Ugotavljajo, da se lovilna učinkovitost ne razlikuje veliko med vegetacijskimi tipi, saj imajo gozdni pasovi v grobem podobno učinkovitost kot travnati. Yuan in sod. (2009) ugotavljajo, da v pogojih plitkih odtokov na majhnih nagibih že 3 metre široki gosti pasovi učinkovito delujejo, medtem ko je na srednjih nagibih njihova učinkovitost nižja ter da je prav prvih 3 do 6 metrov najpomembnejših pri zadrževanju sedimenta. V splošnem velja, da 4 do 6 metrov široki pasovi znižajo vsebnost sedimenta za več kot 50 % (Dillaha in sod., 1989; Margette in sod., 1989) ter da so 6 metrov široki pasovi učinkoviti in zanesljivi (od 70 do preko 90 %) v odstranjevanju sedimenta v vsakršni situaciji (Hook in sod., 2003; Cooper in sod., 1992; Sheridan in sod., 1999).



Slika 2.4: Širina varovalnih pasov in lovilna učinkovitost za sedimente (Yuan in sod., 2009)
Figure 2.4: The width of buffer zones and interception efficiency for sediment (Yuan et al., 2009)

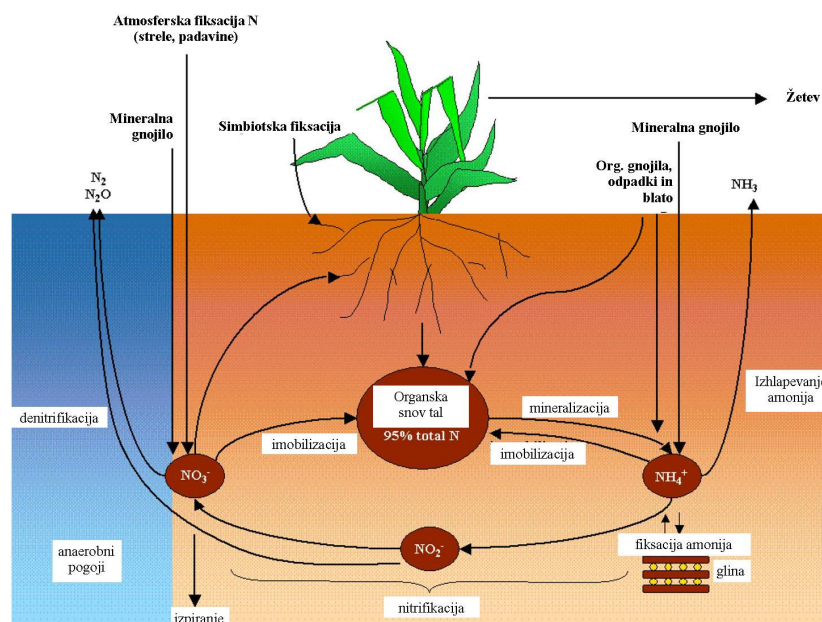
2.3.2 Dušik

Dušik in še posebno vsebnost nitrata v vodah je postal resen problem, ko so odkrili vzročno povezavo med njim in methemoglobinemijo ali sindromom modrikastega dojenčka, ki nastane zaradi vezave dušika na mesto kisika v rdečih krvničkah, ki skrbijo za prenos kisika po telesu (Wolfe in Patz, 2002). V zadnjih letih se veliko piše tudi o nevarnosti nitrata za nastanek določenih vrst raka prebavil in bolezni reproduktivnih organov (Ward, 2005). Zato je večina držav, tudi v EU, sledila priporočilom Svetovne zdravstvene organizacije in upoštevala njeno priporočeno mejno vrednost 50 mg l⁻¹ nitrata v pitni vodi. V ZDA je meja 44 mg l⁻¹ nitrata (ekvivalent 10 mg l⁻¹ nitratnega dušika).

Za povečane vsebnosti dušika je glavni vzrok kmetijska dejavnost in uporaba dušičnih gnojil. Vsebnosti nitrata so se v zadnjih 30 letih v večini evropskih porečij povečale,

predvsem zaradi povečane uporabe dušikovih gnojil in intenzifikacije pridelave na plitkih in za spiranje hranil občutljivih tleh. V porečjih zahodne in srednje Evrope naj bi kar 48–87 % vsega dušika v celinskih vodah izviralo iz kmetijstva. V nekaterih porečjih ima pomembno vlogo tudi dušik iz čistilnih naprav, saj lahko dosega 35–43 % vsega dušika v površinski vodi (EEA, 1999). Z uvedbo vodne direktive se stanje v zadnjih 10 letih izboljšuje.

Bilanca dušika v tleh in podtalnici je odvisna od številnih dejavnikov (biološki, klimatski, fizikalno-kemične lastnosti tal). V naravni obtok posega človek z različnimi ukrepi (obdelava tal, gnojenje) s ciljem pridelati hrano. Dušik je lahko dostopno hranilo, ki je večini poljščin omejujoč faktor pridelave, vendar prevelika vsebnost nitrata v talni raztopini pomeni hitro izpiranje in izgubo hranil. Izpiranje dušika je v Sloveniji najintenzivnejše od aprila do julija, ko se v normalnih letih izpere 3/4 celoletne dodane količine N (Lobnik in sod., 1995). Za večino tal velja, da je 98–99 % skupnega dušika vezano v organski obliki, od koder se pod vplivom mikroorganizmov počasi sprošča v amonijevi ali nitrati obliki. Dušik je v vodnih habitatih običajno za rast omejujoč faktor. Človek ga v vodne ekosisteme vnaša v različnih oblikah: kot mineralni ali organsko vezani dušik z različnimi gnojili, industrijskimi in komunalnimi odplakami, odpadki in plini.



Slika 2.5: Dušikov krog (Neitsch in sod., 2005)

Figure 2.5: The nitrogen cycle (Neitsch et al., 2005)

Gnojenje je najmočnejši vir nitratov v naravi (Zahn in Grimm, 1993). Vsebnost nitrata v podtalnici na pogozdenih območjih južne Nemčije je bila v povprečju 21 mg l^{-1} ; na območjih, kjer se mešata vpliv naselij in kmetijstva, je prešla tudi preko 40 in 50 mg l^{-1} ; na območjih odlaganja odpadkov so izmerili vsebnosti preko 78 mg l^{-1} . Tudi meritve nitrata v različnih točkah podtalnice in površinskih vod Apaškega polja so pokazale, da je podtalnica bolj onesnažena kot površinske vode (Pintar, 1996). Vsebnosti so bile v vseh merskih točkah v jesensko zimskih mesecih v primerjavi s poletnimi meseci praviloma povišane, kar je značilno za Evropo v celinskem podnebju. Nekaterе meritve kakovosti podtalnice v preteklosti so že nakazale, da voda v nekaterih predelih polja vsebuje nitrate v

vsebnostih, ki močno presegajo mejo $10 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1} = 44 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$, ki predstavlja mejo naravnega pojavljanja nitrata. Podatki o izotopni sestavi dušika v nitratu so pokazali, da tudi naselja vplivajo na onesnaženje podtalnice na Apaškem polju. Kljub gnojenju z mineralnimi gnojili, nikoli niso izmerili vrednosti izotopske sestave duška v nitratu, ki bi neposredno nakazovala mineralni vir nitrata (Lobnik in sod., 1995). Kreitler (1979) je opazil, da v času trajanja raziskave ni bilo direktnega spiranja mineralnih gnojil v podtalnico in da je aplikaciji gnojil vedno sledila frakcinacija, ki je spremenila izotopsko sestavo dušika. Tudi Wells in Krothe (1989) sta opazila, da kljub gnojenju površin večina vzorcev podtalnice še vedno kaže na onesnaženje iz odpadne vode urbanih območij.

Večina nitrata se izgubi s spiranjem v podtalnico in manj s površinskim odtokom, a to je predvsem odvisno od geologije in vrste tal. Zato so površinske vode manj onesnažene z nitrati kot podtalnica. Za spiranje nitrata so v Sloveniji nevarna obdobja z več dežja v jeseni in pozimi, ko je nitrat, ki ostane v tleh po žetvi izpostavljen spiranju, skupaj z nitratom, ki se mineralizira iz žetvenih ostankov (Glavan in Pintar, 2010). V tem obdobju ni aktivnega sprejemanja N v rastline, evapotranspiracija je nizka in presežek vode večji (Nacionalni..., 2004; Rusjan, 2008). Zato priporočajo zgodaj jeseni posejati naknadni posevek, ki prepreči nekontrolirano sproščanje N v okolje. Drugo obdobje nevarnosti izpiranja v Sloveniji je v maju in prvi polovici junija, ko je dosežen padavinski maksimum in določene poljščine in vrtnine še niso popolnoma prekoreninjene. V površinskih vodah so vsebnosti razmeroma majhne, onesnaženja večinoma prihajajo iz komunalnih čistilnih naprav, živalskih farm in industrijskih obratov. Povišane vsebnosti se pojavljajo tudi na rečnih odsekih z nižjo vsebnostjo raztopljenega kisika. Rejec Brancelj (2001) navaja, da kmetije večino dušika vnesejo z gnojem in več z mineralnimi gnojili kot z gnojevko. Izjema je območje Goriških Brd, kjer je delež dušika iz živinskih gnojil le 17 %. Izstopajo ravnine, kjer je delež dušika iz živinskih gnojil enakovreden mineralnim. V hribovskih in kraških območjih se uporaba dušika prevesi v korist živinskih gnojil in je 8 : 2 (živinska : mineralna). V povprečju velja, da v Sloveniji dve tretjini dušika vnesemo z živinskimi gnojili in eno tretjino z mineralnimi (Rejec Brancelj, 2001).

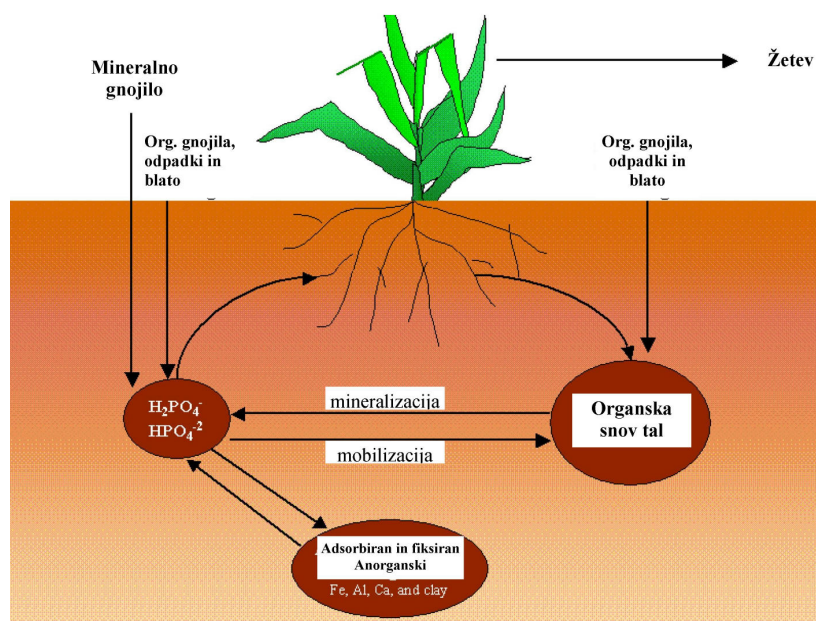
Povprečna letna vsebnost nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v potoku Padež v Brkinih je $1,5 \text{ mg l}^{-1}$, ker je več kot je bilo ugotovljeno v drugih raziskavah o vsebnosti nitrata v vodotokih z naravnim ozadjem (gozdni ekosistem) (Rusjan, 2008). Ugotovil je tudi, da je bila večina tovrstnih študij po svetu narejenih na območjih z višjo nadmorsko višino in gorah z nizko povprečno letno temperaturo. Binkley in sod. (2000, 2004) navajajo rezultate ameriških študij na gozdnih območjih, ki so pokazale, da se povprečna letna vsebnost nitratnega dušika v vodotokih giblje med $0,1$ do 2 mg l^{-1} in da so vsebnosti v listopadnih gozdovih 2–3 krat večje kot v iglastih gozdovih. Rusjan (2008) je povečane koncentracije v Padežu pripisal višji povprečni letni temperaturi, nižji nadmorski višini, listopadnemu gozdu in kot najpomembnejšega navaja vpliv črne jelše (*Alnus glutinosa*) v obrežni rasti, za katero je znano (Gundersen in sod., 2006), da raste v simbiozi s nitrifikacijskimi bakterijami (*Frankia alni*), ki letno iz zraka fiksirajo do 125 kg N ha^{-1} leto, ki je nato podvržen mineralizaciji in nitrifikaciji v gozdnih tleh. Mokrišča so pomemben del naravnega ekosistema saj zadržijo največji delež celotnega dušika (64 %), sledijo jezera (34 %) in nato reke (2 %). Denitrifikacija je tudi primarni mehanizem zadrževanja dušika (63 %), ki mu sledi sedimentacija dušika (37 %) in odvzem s strani rastlin (Saunders in Kalff, 2001).

2.3.3 Fosfor

Fosfor je makrohranilo, potrebno za življenje vseh živih celic. V vodnih teles se nahaja v več oblikah, ki niso vse dostopne rastlinam. Celotni fosfor (P) je oznaka za vse oblike fosforja (raztopljeni in suspendirani). Topni reaktivni fosfor je oznaka za orto-fosfor (PO_4^{3-}), in ga imenujemo tudi topni anorganski (filtrirana frakcija) fosfor in je oblika, ki jo rastline sprejemajo neposredno (Khan in Ansari, 2005). Na talne delce vezan fosfor vključuje tako organske kot anorganske oblike. Anorganska oblika vsebuje večino P, ki se lahko sprosti v vodo. Anorganska oblika P vezana na sediment močno variira glede na geokemijo in antropogene dodatke (gnojila, živalski iztrebki, odpadna voda iz čistilni naprav). Le majhen del je dovolj labilen, da se topi v vodi. Kmetijske prakse, kot je konvencionalna pridelava z uporabo mineralnih gnojil in ekološka pridelava z uporabo organskih gnojil, ki vplivajo na količine erodiranega fosforja in sedimenta iz zemljišč, bodo določile razmerje med fosforjem vezanim na sediment in raztopljenim P v vodah in s tem njegovo dostopnost za fitoplankton (Logan, 1982; Persson, 2001). Dostopnost topnega fosforja v sladkovodnih ekosistemi nadzoruje več procesov kot so mineralizacija, sorpcija na suspendirane delce ali sediment ter povezava s kalcijem (EEA, 1999).

Naravni fosforjev cikel je nekoč začel svojo pot pri preperevanju fosfatnih kamnin, sedaj sta vira dva, saj pomembne količine P izvirajo iz antropogenih virov (Khan in Ansari, 2005) (slika 2.6). Večino skupne količine topnega fosforja v celinskih vodah prispevajo točkovni viri, še posebno čistilne naprave in industrijski izpusti. Podatki kažejo, da so se v določenih delih Evrope vnosi fosforja zmanjšali v povprečju med 30 do 60 % od srede 80-ih let. Vzrok izboljšanja je v napredku čiščenja odpadnih voda in zamenjavi fosforja v čistilih. Kljub vsemu so vnosi antropogenega fosforja daleč večji od naravnih, zato bodo za nižanje vsebnosti potrebna nadaljnja zmanjševanja tako iz točkovnih kot razpršenih virov (EEA, 1999). Izgube P predvsem iz kmetijstva so še do začetka 21. stoletja v primerjavi s točkovnimi viri veljale za nepomembne. Z intenzivnim čiščenjem odpadnih voda so se fosfati iz gnojil prebili na prvo mesto (Buda in sod., 2009).

Fosfor je znan kot kritični omejujoč faktor pri eutrofikaciji sladkovodnih sistemov, četudi raziskave potrjujejo, da je kombinacija P in N omejujoč dejavnik za rast tako alg kot rastlin v različnih vodnih ekosistemi, čeprav je P še vedno pomembnejši (Rabalais, 2002; Khan in Ansari, 2005). Kot omejujoči dejavniki se pojavljajo tudi CO_2 , temperatura, pH, svetloba in raztopljeni kisik. Eutrofikacija ni samo cvetenje alg, temveč vpliva tudi na rastline mokrišč in zgodnjo aktivacijo naravne sukcesije, po kateri vodno telo postane močvirje, nato barje in končno osušena tla. Z antropogenimi izpusti hranil pride do vzpodbujene in pospešene eutrofikacije, ki je zelo resna oblika onesnaženja, saj zaradi pomanjkanja raztopljenega kisika propade večina favne, pospešeno pa raste flora. Oligotrofna vodna telesa vsebujejo manj kot $5\text{--}10\ \mu\text{g l}^{-1}$ fosforja in manj kot $250\text{--}600\ \mu\text{g l}^{-1}$ dušika. Srednja primarna proizvodnja ogljika v oligotrofnih vodah je $50\text{--}300\ \text{mg C m}^{-2}$ dnevno. V srednje eutrofičnih vodah je vsebnost fosforja $10\text{--}30\ \mu\text{g l}^{-1}$ in dušika $500\text{--}1100\ \mu\text{g l}^{-1}$ ter primarna produktivnost ogljika več kot $1\ \text{g m}^{-2}$ dnevno (Elser in sod., 2007).



Slika 2.6: Fosforjev cikel (Neitsch in sod., 2005)

Figure 2.6: The phosphorus cycle (Neitsch et al., 2005)

Ob vedno večji ekološki ozaveščenosti in zavedanju, da prekomerna uporaba dušikovih gnojil ne vpliva pozitivno na okolje, so kmetje začeli sejati vedno več detelj, ki s pomočjo bakterij fiksirajo dušik iz atmosfere. Ključna za gojenje so fosforjeva gnojila, ki ob prekomernih koncentracijah prav tako pomeni grožnjo okolju. Ker pogosto prihaja do nasičenja tal s fosforjem, je ta bolj podvržen izpiranju, v veliki meri s površinskim odtokom vezan na delce (Bowatte in sod., 2006) ali skozi drenažne cevi (Grant in sod., 1996). Van der Perk in sod. (2007) so ugotovili, da je prostorska razporeditev vsebnosti P močno odvisna od matične osnove (mineralogija, adsorpcija na mineralne delce), iz katere nastajajo tla. Močna povezave je bila ugotovljena tudi pri rastlinskem pokrovu, kjer je bilo sosledje vsebnosti P naslednje orna tla > dobri travniki > slabi travniki > gozd, s tem, da je vsebnost v ornih tleh okoli 2 krat višja kot v gozdu. Vsebnost P izmerjena v vzorcu odvzetem iz struge je vedno skupek naravnih/antropogenih/živalskih vnosov, transporta sedimenta iz pobočij v potoke, in procesa v raztopini povezanega s transportom po pobočju in po strugi.

2.4 PRENOS HRANIL IN SEDIMENTA IZ NETOČKOVNIH VIROV

Netočkovni viri hranil in sedimenta ter poti prenosa so močno povezane z vodnim krogom, ki deluje pod vplivom vode in energije sonca. Padavine ob stiku s tlemi lahko sledijo različnim preferenčnim potem (Garen in Moore, 2005), s katerimi prenašajo tudi onesnažila in sediment. Te poti so: površinski odtok (N, P, sediment) in plitek podpovršinski odtok (N, P) v površinske vode, vertikalno izpiranje v tok podzemnih vodnih teles (N). Mnoge podtalnice tudi napajajo vodotoke, zato lahko onesnažila končajo v površinskih vodah (Wolfe, 2000). Hranila so lahko v določenih razmerah dodana tudi neposredno v vodo, tj. nepazljivo gnojenje ob robu vodnih teles, neposreden dostop živali do vodnih teles, nenadzorovani izpusti odpadnih voda in urbanih območij (Campbell in sod., 2004). Najpomembnejša pot prenosa hranil v talnem profilu je njihovo izpiranje z

deževnico ali namakalno vodo. Intenzivnost izpiranja je lahko zelo različna in je odvisna predvsem od lastnosti substance (topnosti, kemične stabilnosti, adsorpcijsko-desorpcijskih lastnosti, razpolovne dobe in/ali transformacijskih lastnosti); lastnosti okolja (talnega profila, padavinskega režima v povezavi z vodnima režimom tal) in tehnologije. Na razgradnjo dušika dodatno vplivajo mineralizacija organske snovi in nadaljnji transformacijski procesi (Lobnik in sod., 1995). Razumevanje procesov izpiranja hranil je osnova za razvoj modelov napovedovanja učinkov spremembe rabe tal in podnebja na kakovost površinskih voda. Razkroj organske snovi tal se dogaja skozi vse leto, če to dopuščajo temperature, a topni produkti tega procesa niso izprani dokler večje padavine (nevihte) ne premaknejo vode skozi tla ter povzročijo desorpcijo in izpiranje, s čimer povzročijo višanje koncentracij v vodotokih (Van Verseveld in sod., 2008).

2.4.1 Površinski odtok

Površinski odtok je kompleksen in variabilen proces, ki se zgodi, ko je intenziteta padavin večja od infiltracijske kapacitete tal. Presežek dežja (kar je več od infiltracije) se zbira na površju tal in odteče, ko višina stoječe vode in razpoložljiva (gravitacijska) energija povzročijo tok vode. Odtok potuje čez površino tal, zmanjšuje in povečuje hitrost in spreminja smer glede na naklon, vegetacijo, površinsko hrapavost, itd (Wolfe, 2000). Vse našete lastnosti tudi vplivajo na erozijo ter vsebnost in prenos sedimenta in hranil v odtoku (Campbell in Edwards, 2000). Med odtokom se dogajajo tudi vodne izgube, saj se lahko voda infiltrira ter obratno – prej infiltrirana voda se lahko ponovno pojavi na površju in prispeva k odtoku. Količina odtoka je odvisna od infiltracije, intercepcije v rastlinski pokrov, evapotranspiracije (ET) in sposobnosti tal za zadrževanje vode. Zanimiv je tudi podatek, da rastlinski pokrov prestreže okoli 10 do 20 % letnih padavin (Linsley in sod., 1998).

Poznamo štiri glavne tipe površinskega odtoka (Gerits, 1990): 1. **Hortonov površinski odtok** se pojavi, ko intenziteta dežja preseže stopnjo infiltracije. To se zgodi le v tistem delu porečja, kjer je začetna vsebnost vode v tleh visoka, ali pa je površina relativno neprepustna (Garen and Moore, 2005). 2. **Zapoznel Hortonov površinski tok** se pojavi, ko intenziteta dežja preseže stopnjo infiltracije vendar z določeno zamudo, med katero se zgodijo spremembe v tleh zaradi vpliva namočenja in vpliva dežnih kapljic. 3. **Površinski saturacijski odtok vrhnje plasti tal** se pojavlja na tleh z relativno prepustno zgornjo plastjo in manj prepustno spodnjo plastjo. To se dogaja v oranih tleh, plitkih profilih na matični podlagi, itd. (Garen and Moore, 2005). 4. **Površinski saturacijski odtok** se pojavi, ko je kapaciteta tal za vodo popolnoma nasičena tako, da je vsa voda dodana na površje, ne glede na stopnjo intenzitete, prisiljena odteči po površini.

Pojavlja se lahko kot razpršeni ploskovni odtok, nizkih globin in malih hitrosti odtoka (manj kot $0,3 \text{ m s}^{-1}$). A bolj pogosto je odtok koncentriran, kar povzroča žlebičasto in jarkasto erozijo, ki je lahko vzrok resni eroziji, saj se prenašajo večje količine vode in z njo sedimenta in hranil, ki so lahko vezana na talne delce ali raztopljeni v vodi (Wolfe, 2000). Fini glineni delci ali organska snov imata veliko površino in relativno velik površinski električni naboj, zato sta glavna prenašalca močno vezanih anorganskih hranil, kot je fosfor (Nearing, 2000). Način in čas aplikacije gnojil ter način obdelave tal lahko občutno vplivajo na izgube s površinskim odtokom. Hensler in sod. (1970) navajajo, da lahko

izgube dušika ob aplikaciji hlevskega gnoja na zamrznjena obdelana tla dosežejo do 20 %. Kot učinkovita omejitev površinskega odtoka za izboljšanje kakovosti voda so se izkazali obrežni vegetacijski pasovi in vegetacijski pasovi po plastnicah (tudi več vzporedno), ki so nasajeni s trajnimi rastlinami. Ti z večjo infiltracijsko sposobnostjo zmanjšajo hitrost vode in znižajo vsebnost hranil in sedimenta v odtoku iz zemljišč (Anderson in sod., 2009; Sahu in Gu, 2009).

Krivuljo odtoka ali Curve number (CN) je v 1950-ih letih razvila US Soil Conservation Service, predhodnici US Natural Resources Conservation Service, kot preprost postopek ocene volumna pretoka, ki ga povzročijo večje nevihte. Preprost postopek je bil nujen saj še ni bilo GIS-a in obširnih terenskih raziskav. Metodo so hoteli narediti uporabno za območja brez monitoringa, zato je bil CN parameter povezan z razmerji med tlemi in vegetacijo v preglednicah. Zaradi svoje preprostosti, enostavne rabe, razširjenosti in institucionalne sprejemljivosti, do danes ni dobila primernejšega nadomestila, kljub znanstveni vprašljivosti (Garen and Moore, 2005). CN metoda je, kljub temu, da je v originalu namenjena empiričnim enkratnim dogodkom napovedovanja poplav, temeljni hidrološki algoritem v večini modelov in je namenjena raziskavam hidrologije, erozije tal in netočkovnih virov onesnaženja voda (Garen and Moore, 2005). Raziskovalca opozarjata, da problem te metode izvira iz dejstva, da modeli za kakovost voda izvajajo mnogo več postopkov kot le napovedovanje pretoka na iztoku iz porečja. Modeli kakovosti voda peljejo hidrologijo pomemben korak naprej, saj za napovedi erozije in onesnažil potrebujemo dodatna znanja, kot je, ali vode odteka v vodotoke po površini ali pod površino in kje v porečju se vode zbirajo in izvirajo, a za to CN metoda ni bila razvita in brez korekcije lahko pripelje do napačnih sklepov.

2.4.2 Infiltracija in podpovršinski tok

Infiltracija je proces vstopanja vode in raztopljenih hranil iz površine v profil tal. Padavine, ki jih sprejmejo tla, lahko ob majhni količini ostanejo vezane v kapilarah med talnimi delci (matrični potencial), a če količina padavin preseže poljsko kapaciteto tal, se začne voda infiltrirati skozi profil. Stopnja infiltracije je odvisna od fizikalnih lastnosti tal, rastlinskega pokrova, vsebnosti vode v tleh, temperature tal in intenzitete padavin. manjša kot je vlažnost tal, večja je stopnja infiltracije (Wolfe, 2000). Površinska zaskorjenost lahko zmanjša infiltracijo.

Podpovršinski lateralni odtok je navpičen prenos hranil preko preferenčnega ali matričnega toka skozi tla do prve nepropustne plasti in nato lateralno po pobočju. Lateralni odtok je pomemben na območjih, kjer imajo tla veliko hidravlično prevodnost v zgornjih površinskih plasteh in nepropustne ali pol prepustne plasti v spodnjih plitkih plasteh profila tal (Neitsch in sod., 2005). Na nekaterih območjih se lahko voda pod površjem premika dovolj hitro, da jo lahko upoštevamo kot del vpliva na pretok vodotokov. Lamande in sod. (2003) so raziskovali vpliv deževnikov na infiltracijo in zadrževalno sposobnost tal mezoporoznih tal (premer por 30 do 1.000 μm). Ugotovili so, da na strukturo in fizikalne lastnosti tal, ki so med seboj močno povezane, vplivajo tako načini obdelave tal kot deževniki.

Infiltracija in podpovršinski tok sta pomembna za prenos dušika, v določenih pogojih tudi s fosforjem. Vendar morata biti za začetek infiltracije hranil izpolnjena dva pogoja. Vsebnosti NO_3^- ali PO_4^{3-} v talni raztopini morajo biti dovolj velike in gibanje vode navzdol po profilu mora biti dovolj veliko, da pride do premika dostopnih hranil do in pod območje korenin (Ritter, 2000). Shirmohammadi in sod. (2000) so za območje regije Piedmont v ZDA ugotovili, da igra podpovršinski odtok glavno vlogo pri prenosu NO_3^- v vodotoke. Na travnikih lahko opazimo bolj izrazit podpovršinski odtok kot na njivah, saj imajo travniki večjo površinsko hrapavost in manj motenj profila tal pri obdelavi površin, kar spodbuja nastanek makropor (Dils in Heatwaite, 1999). Infiltracija in podpovršinski tok fosforja, se lahko pojavi v večini na peščenih tleh z zelo nizko adsorptivno sposobnostjo talnih delcev (Graetz in Nair, 1995). Prekomerno gnojenje s fosforjem lahko poveča potencialne izgube na drenažnih sistemih, saj nobena tla nimajo neskončne sposobnosti za adsorpcijo fosforja in zadrževanje vode. Drenažni sistemi so povečini izgrajeni z namenom odvajanja vode iz kmetijskih zemljišč na težkih glinastih tleh. Dobro načrtovani in upravljani drenažni sistemi lahko spremenijo hidrološka razmerja na zemljiščih (Fausey in sod, 1995). Podtalna drenaža lahko zniža erozijo, obseg površinskega odtoka ter vrh odtoka (Ritter in Shirmohammadi, 2000). Različne raziskave že vrsto let kažejo, da so vsebnosti NO_3^- večje v podtalni drenaži kot v površinskem odtoku ter da so vsebnosti amonija (NH_4^+) in fosforja (P) večje v površinskem odtoku (Baker in Johnson, 1977; Ritter in Shirmohammadi, 2000). Raziskave kažejo, da so vsebnosti nitratov v podtalni drenažni vodi v ZDA gibljejo med 10 in 20 mg $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ (Neely in Baker, 1989) in da se v zimskem času v drenažnih sistemih v Veliki Britaniji najvišje vsebnosti gibljejo med 30 in 50 mg $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ (Rose in sod., 1991).

2.4.3 Perkolacija in podzemna voda

Perkolacija je gibanje vode navzdol po profilu tal pod območje korenin do matične podlage in naprej. Voda perkolira skozi tla podobno kot skozi gobo in se giblje iz prostora do prostora v matični podlagi (razpoke v skalah, med peski in prodniki, skozi kanale v apnencu). Podzemna voda in površinska voda sta med seboj povezani prek napajanja in odvajanja vode. Podzemna voda oz. podtalnica nastaja z gibanjem vlage v tleh skozi vadozno nenasičeno območje do nasičenega območja ali do nepropustne plasti. Napajanje podzemne vode lahko poteka tudi preko površinskih vodnih teles. Odvajanje vode iz podzemne vode se dogaja preko izvirov, izvirskih jezer, mokrišč, dna strug vodotokov, oceanov in antropogenih vplivov (črpanje vode za pitno vodo in namakanje) (Wolfe, 2000). Interakcije med podzemno vodo, tlemi in površinsko vodo se odsevajo v problemu netočkovnih virov onesnažil. Winter in sod. (1998) navajajo tri možnosti interakcij med podzemno in površinsko vodo (1) napajanje, (2) izgubljanje in/ali napajanje podtalnice skozi strugo vodotoka na istem mestu, (3) izgubljanje na enem mestu vodotoka in napajanje na drugem. Ko voda prehaja iz podzemnega vodonosnika v površinski vodotok, ta del pretoka imenujemo bazni tok, saj predstavlja sorazmerno zanesljivo in počasi spreminjajočo komponento celotnega pretoka.

2.5 VPLIV RABE TAL NA VODOTOKE

Svetovna banka (2006) opozarja, da je okoli 60 % ekosistemov, ugodnih za življenje na Zemlji, degradiranih ali netrajnostno rabljenih, kar lahko privede do še večje degradacije do sredine 21. stoletja. Spremembe rabe prostora, zaradi novih kmetijskih praks se dogajajo po celem svetu. Na Filipinih in Vietnamu je uveljavitev intenzifikacije pridelave riža v nižinah spodbudilo delovno silo, da se je preselila iz goratih predelov in opustila kmetovanje, to pa je znižalo izsekavanje gozdov in s tem erozijo. Vendar je napredek v tehnologiji in pomanjkanju primernih okoljskih ukrepov in zakonodaje pripeljal do prekomernega izsekavanja gozdov in preoravanja pašnikov za pridelavo soje v Braziliji (Svetovna banka, 2006).

Zemljišča so že od nekdaj temelj človeškega obstoja, tako se je tudi njihova raba skozi zgodovino z opuščanjem in rekultivacijo ter urbanizacijo močno spreminjala (Lisec in Prosen, 2008). Njihovo smotrno upravljanje je ključ, ki prepreči degradacijo in vodi do trajnostnega razvoja zemljišč, ki so pomemben naravni vir (tla, rudnine, voda, biotska raznovrstnost). Lisec in Pintar (2005) opozarjata na nevarnosti v procesu združevanja zemljišč oz. komasacijah, katerih glavni cilj bi bil zgolj zagotavljanja ekonomske učinkovitosti, saj se lahko pokažejo negativni učinki (manjša biodiverziteta, erozija), če se ne ohranijo posebnosti pokrajine (živice, grmičevje, drevesa, mlake). Vsak posamezen krajinski element (živica, vegetacijski varovalni pasovi), ki se ohrani ali na novo postavi v pokrajini, lahko prispeva k omilitvi učinkov komasacij, še posebno erozije. V analizi komasacijskih območij sta avtorici ugotovili 50 % znižanje ekoloških elementov na mejah med zemljišči.

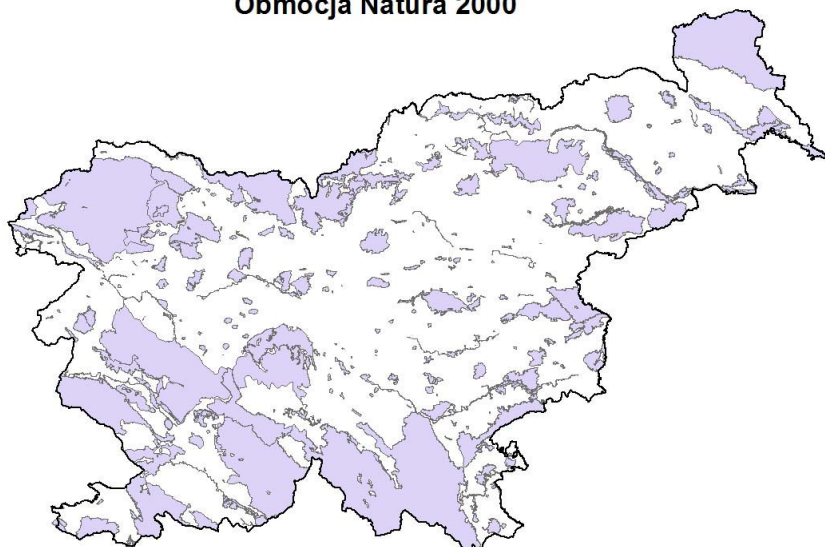
Slovenija se uvršča med evropske države z najmanjšim deležem kmetijskih in obdelovalnih zemljišč. Leta 1900 je bilo v Sloveniji 1.102.900 ha kmetijskih zemljišč (54 %) leta 1950 1.054.600 ha (52 %), leta 2005 le še 650.000 ha (32 %) vseh zemljišč (Švarc in Kodrič, 2006). Z okoljevarstvenega vidika, lahko to označimo kot prednost, saj gozd prekriva več kot polovico zemljišč (64 %), k čemur šteje tudi 10 % površin v zaraščanju. Zaraščanje lahko iz okoljevarstvenega vidika ocenimo kot pozitiven proces, saj se s tem zmanjšuje neposredno odtekanje padavinske vode, zmanjšuje se nevarnost poplav, blažijo se vplivi s sosednjih zemljišč. Najintenzivnejša kmetijska pridelava poteka na njivah in vinogradih ter sadovnjakih. V EU-15 je delež njiv od vseh kmetijskih zemljišč skoraj 55 % v Sloveniji le 30 % in tako skupaj z Irsko zaseda zadnje mesto v EU (Rejec Brancelj, 2001; Program..., 2009). Na prebivalca Slovenije imamo 0,32 ha kmetijske zemlje in le 0,11 ha njiv, kar predstavlja kritično mejo za zagotovitev prehranske samooskrbe (Gabrovec in sod., 1997; Program..., 2009). V javnosti se pogosto omenja tudi še nižja površina 0,88 ha njiv na prebivalca Slovenije, ki jih izkazuje evidenca kmetijskih zemljišč v uporabi. Skoraj dve tretjini kmetijskih zemljišč Slovenije zavzemajo travniki in pašniki, ki so z vidika varovanja okolja bolj primerna oblika rabe; v EU je njihov delež le tretjinski. Njive v ravnini zavzemajo 40 % in gozd 10 %; obratno je v hribovskih in kraških območjih, kjer je njiv 8 % in gozda preko 60 % (Gabrovec in sod., 1997). Za dobre hektarske donose je poleg kakovostnih semen pomembna tudi oskrba rastlin s hranilni in sredstvi za varstvo rastlin, ki imajo okoljske učinke. Za kmetijsko obdelavo najprimernejša ravninska območja tudi sovpadajo z območji najpomembnejših podtalnic v Sloveniji, kar vodi v stalen konflikt interesov (Rejec Brancelj, 2001). Goriška Brda sodijo med pokrajine

z velikim kmetijskim obremenjevanjem zaradi načina rabe zemljišč, sredstev za varstvo rastlin, energetske intenzivnosti in mineralnih gnojil (Rejec Brancelj, 2001).

2.5.1 Skupna kmetijska in okoljska politika EU

Z vstopom Slovenije v EU, smo prevzeli tudi zakonodajo s področja varovanja narave, ohranjanja biodiverzitete in trajnostne rabe naravnih virov in sicer: Direktivo o ohranjanju prostoživečih vrst ptic (79/409/EGS) in Direktivo o ohranjanju habitatov in prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst (Directive 92/43/EEC). Natura 2000 (Uradni list RS, št. 49/2004), ki predstavlja varovana območja narave, je bila oblikovana kot odziv EU na upadanje biodiverzitete v Evropi in se je hitro vključila, ne samo v okoljsko, temveč tudi v kmetijsko politiko. V Sloveniji območja Nature 2000 pokrivajo kar 35,5 % površine države, kar je največ med državami članicami EU (slika 2.7). Te površine se zaradi velikega obsega posledično prekrivajo s kmetijskimi območji, zato je EU dala velik poudarek na sistematičnem in aktivnem ohranjanju ugodnega stanja skozi uporabo kmetijsko-okoljskih ukrepov. Kmetovanje naj bi tako sledilo načelom dobre kmetijske prakse in celo večji posegi v prostor, ki so podprti z dovolj močnimi argumenti in so v interesu široke javnosti, so na območjih Nature mogoči, če se pridobijo vsa potrebna soglasja in se zagotovi nadomestne habitate oz. izboljša stanje podobnih habitatov drugod. S svojo omiljeno rigoroznostjo prekinja uveljavljeno prakso varovanja naravnih danosti v obliki parkov za katere veljajo zelo toga pravila, ki zlasti za pol naravne habitate pomeni neroden način varstva (Eler in Batič, 2004).

Območja Natura 2000



Slika 2.7: Območja Natura 2000 v Sloveniji (ZRSVN, 2010)

Figure 2.7: Natura 2000 areas in Slovenia (ZRSVN, 2010)

S finančnimi spodbudami (kmetijsko-okoljska izravnalna plačila), ki služijo zagotavljanju povračila dodatnih stroškov zaradi oteženih razmer kmetovanja, lahko spodbuja prostovoljno vključevanje v trajnostne načine kmetovanja. S tem kmetijstvo prevzema tudi vlogo ohranjanja biodiverzitete, ki je eden od ciljev skupne kmetijske politike (SKP), saj le-ta zagotavlja tudi ohranjanje poseljenosti podeželja, ekonomski razvoj kmečkega prebivalstva, pridelavo zdrave hrane, itd.

Ekonomski in socialni učinki izgubljenih in degradiranih rečnih sistemov in biodiverzitete so zelo resni, vendar skoraj nikoli popolnoma dokumentirani v smislu učinkov na družbo, ki jo to veliko stane (Everard, 2004). Videti je, kot da javnost dvojno plačuje za uničene ekosisteme, najprej v obliki neposrednih plačil, ki degradirajo delovanje porečij in drugič, skozi investicije čiščenja vode, poplavne obrambe, preprečevanje erozije, podpore ribištvu, itd. Pomembno je opozoriti, da zaradi odsotnosti poznavanja zgodovinskih dejavnikov, vegetacijskih in drugih procesov, prihaja do napačnih ocen in nasvetov iz naravovarstvene stroke, kot je to primer paše na kraških travnikih, ki pa se travniki imenujejo le zato, ker so obdelovani v košno-pašni rabi in z nestalnim gnojenjem in bi ob drugačni rabi dočakali propad z zaraščanjem (Eler in Batič, 2004). Na srečo so zadnji popravki PRP predvideli tudi plačila za njihovo ohranitev (Program..., 2009), saj je ta način rabe značilen za več kot 1/3 Slovenije. Stoate in sod. (2009) opozarjajo, da se kljub večinoma poenoteni SKP dogaja, da posamezne regije doživljajo vedno močnejšo intenzifikacijo pridelave, medtem ko se druge soočajo z vedno močnejšim opuščanjem kmetovanja in zaraščanjem.

2.5.2 Kmetijsko-okoljski ukrepi

Okoljski učinki kmetijstva ne morejo biti vedno ocenjeni z neposrednimi meritvami. Od 90-ih let so bili razviti mnogi kazalniki, s katerimi bi ocenili različne učinke kmetijskega sistema na okolje kot so: onesnaževanje voda, erozija tal, emisije toplogrednih plinov (Bockstaller in sod., 2009).

2.5.2.1 Značilnosti kmetijske rabe ob KOP ukrepih

Od leta 2001 je v Sloveniji vzpostavljen sistem neposrednih plačil za kmetijstvo, ki služijo kot izravnava med tržno ceno in proizvodno ceno kmetijskih pridelkov in proizvodov. Del tega sistema so tudi plačila za izboljšanje okolja in podeželja, kamor uvrščamo pomoč za ohranjanje kmetijstva na območjih z omejenimi možnostmi za kmetijsko dejavnost (OMD) in kmetijsko-okoljska plačila (SKOP, KOP), katerih namen je spodbujanje okolju prijaznih praks. To zajema ohranjanje posebnih načinov kmetovanja in habitatov, s čimer se povečuje biološka raznovrstnost, kakovost voda in zraka, blaži podnebne razmere in preprečuje degradacijo tal (Program..., 2009). Ukrepi imajo veliko vlogo tudi pri ohranjanju kmetijstva in pri preprečevanju opuščanja in zaraščanja obdelovalnih zemljišč, kar posredno vpliva tudi na vodne ekosisteme. Gotovnik (2007) je preučevala vzroke kmetov za odločitev izvajanja KOP ukrepov in ugotovila, da so vsi kmetje vključeni v raziskavo kot glavni razlog navedli finance, ki so dodatna pomoč pri kmetovanju. A avtorica ob koncu ugotavlja, da denar ni razlog zakaj se ukvarjajo s kmetijstvom, saj jim plačila ne omogočajo preživetja, so pa dodaten vir, ki omogočajo ohranjanje kulturne krajine.

Pri preučevanju kakovosti površinskih vodotokov si želimo kot končni rezultat zagotoviti odgovor, kakšni so dolgoročni vplivi izvajanja ali neizvajanja ukrepov dobre kmetijske prakse za ohranitev ali izboljšanje kakovostnega stanja vodotokov. Ukrepi, ki so zamišljeni kot dolgoročni, nujno potrebujejo testiranje za ugotovitev njihove učinkovitosti. Ker izvedba "*in vivo*" ni možna zaradi časovne in cenovne zahtevnosti, je najcenejši in

najhitrejši način uporaba orodij za modeliranje ekosistemov, ki nam glede na vnesene podatke podajo odgovor o učinkovitosti ukrepov in njihovi primernosti za izvajanje.

Bockstaller in sod. (2009) navajajo težave, ki se pojavijo pri obstoju in dostopnosti podatkov, s katerimi bi analiziral učinek ukrepov, saj mnogi podatki, zahtevani iz CAP obstajajo oz. so ocenjeni le na državni ravni. Če bi obstajali podatki na nivoju zemljišč ali kmetij (vrsta tal, kmetova praksa), bi lahko številne kazalnike in z njimi povezane ukrepe (varstvo tal, podnebje, vrsta obdelave, biodiverziteta) učinkovito analizirali. Herzog (2005) opozarja na presenetljivo ugotovitev, da je zelo malo znanega glede učinkovitosti KOP programov, čeprav EU redno izvaja preglede na osnovi podatkov, ki jih zagotovijo države članice. Večina teh podatkov je pridobljena iz statistike, ki bolj odseva uveljavljanje in sprejemanje programov, kot dejanske oceno njihovih učinkov. Tako navaja, da je treba skupaj s kmetijsko-okoljskim programom zagnati tudi program ovrednotenja, ki bi se moral začeti še pred uveljavitvijo KOP. S tem bi lahko zabeležili prvotno stanje (npr. biodiverzitete), ovrednotenje pa bi se nadaljevala kot program monitoringa za oceno razvoja in napredka KOP (Kleijn in Sutherland, 2003). Primdahl in sod. (2003) so za štiriletno obdobje na vzorcu 1000 kmetov iz držav članic EU in Švice prikazali metodo merjenja učinkovitost KOP ukrepov s pomočjo intervjujev s kmeti. Pokazalo se je, da so ukrepi vzrok znižanju rabe dušikovih mineralnih gnojil in sredstev za varstvo rastlin v večini primerov, še zlasti na travnikih, kjer so za razliko od njiv opazili tudi učinke na varstvo narave.

Martinez in sod. (2009) so na primeru devetih porečij v Mehiki pokazali, da ima sprememba rabe zemljišč učinke na biodiverzitetu, strukturo in sestavo naravnih združb in da te spremembe vplivajo na funkcije ekosistema, še posebno na kakovost vode. Yates in sod. (2007) so preučevali uporabo različnih dobrih kmetijskih praks (BMP), kot so izboljšanje shranjevanja gnoja, varovalni pasovi, zatavljanja, ki so financirani s strani države z namenom omiliti učinke kmetijskih dejavnostjo na okolje. V ta namen so v manjšem porečju izvajali temeljit monitoring favne, kemičnega stanja vode in ocenili kakovost habitata. Rezultati so pokazali, da se ob relativno visoki implementaciji ukrepov lahko dosega izboljšanje kakovosti ekosistema vodotokov, čeprav skozi raziskavo niso uspeli dognati, kateri ukrep prispeva največ. Na pomen rabe tal in pomen primerne kmetijske politike opozarjajo tudi Garcia-Ruiz in sod. (2008), ki so preučevali tri flišna porečja (gozdnega, zaraščenega, geološko vzpodbujena gola tla) v Pirenejih. Ugotovili so, da je rastlinski pokrov ključni faktor, ki vpliva na (i) sezonskost in intenzivnost poplav, (ii) na letni volumen pretoka, in na (iii) vsebnost suspendiranega sedimenta, celotno količino sedimenta in deleže različnih vrst sedimenta.

Cots-Folch in sod. (2009) so raziskovali razloge za intenzifikacijo kmetijstva v regiji Priorat v SV Španiji. Avtorji so opazili, da se je trend intenzifikacije še povečal z uvedbo neposrednih plačil SKP. Rezultati so pokazali, da večina kmetov še vedno kmetuje tradicionalno na majhnih zemljiščih, a manjša skupina se ukvarja z intenzivno in specializirano strojno pridelavo na terasiranih vinogradih. Zaključujejo, da so neposredna plačila vzpodbujala mehanizacijo kmetijstva in izpodrivala tradicionalno kmetijstvo.

Hrvatini in sod. (2006) dajejo velik pomen oblikovanju rabe zemljišč reliefu ali površinski morfologiji pokrajine. Tako so za gričevnat sveta na flišu v Z Sloveniji in laporjih v

vzhodni Sloveniji ugotovili določene povezave med rabo in reliefom. Za vsa raziskovalna območja velja, da večji kot je naklon manj je njivskih površin, poveča se tudi delež gozda. Od severnih proti južnim legam se manjša delež gozda in večja delež vinogradov, ki se jim v Goriških Brdih, Brkinih in Slovenskih Goricah pridružijo še vzhodne in zahodne lege. Večji je potencial tal za erozijo, večji je delež gozda. Rezultati so pokazali, da se pri kmetijski rabi tal v mediteranskem gričevju bolj izogibajo potencialnim erozijskim območjem kot v celinskem gričevju. Brilly in Globevnik (2003) za porečje Dragonje ter Petek (2007) za Goriška Brda navajajo, da je na spremembe rabe tal močno vplivalo socio-ekonomsko stanje in relief.

2.5.2.2 Vinogradništvo in KOP

Vinogradništvo v Sloveniji predstavlja približno 9 % površine in kar 40.000 kmetij oz. 41 % vseh kmetij ima vinograd, kar jo uvršča med tipične vinogradniške dežele. Obdelava tal v vinogradu je pomemben agrotehnični ukrep, ki neposredno vpliva na fizikalne, kemične in biotične lastnosti tal ter s tem na rast in rodnost vinske trte. Zaradi izboljšanja strukture in biološke aktivnosti tal, varovanja tal pred erozijo ter zahtev SKP (PRP 07–13) po okolju prijaznejšem načinu pridelovanja grozdja (integrirani, ekološko), postaja zastiranje tal z ustrezno rastlinsko rušo bolj aktualno (Koruza, 2000).

Namen oskrbe tal z gnojenjem je ohranitev za lego značilnih lastnosti s čim manjšim motenjem naravnih procesov. S sistemi oskrbe tal želimo: povečati ali ohranjaniti organske snovi v tleh; doseči skladnost med temperaturo, vlago in zračnostjo tal; preprečiti erozijo; izboljšati strukturo tal; izboljšati zadrževanje hranil in vode; preprečiti neposreden vpliv sončnega sevanja na tla; preprečiti izgube hranil; aktivirati in pospešiti dostopnost potrebnih hranil glede na letne potrebe; povečati sposobnost vezave hranil v tla; doseči raznoliko floro in favno; obvladovati plevela; zmanjšati učinke monokulture; doseči trajen in pester ekosistem. Način oskrbe tal je odvisen od dejavnikov: tipa tal, vsebnosti organske snovi, kapacitete tal za vodo in hranila, lege, opremljenosti obrata in, najpomembnejšega, razporeditev padavin v rastni dobi. Razlikujemo štiri osnovne načine oskrbe vinogradov: kratkotrajna ozelenitev, trajna ozelenitev, klasična obdelava tal, pokrivanje in razne medsebojne kombinacije. **Klasična obdelava** tal zajema oranje, mulčenje in prekopavanje, kjer popolnoma uničimo travno rušo, zagrebemo hranila in zatiramo plevela. S tem načinom omogočimo trti najboljšo rast brez tekmecev. Ta način ima številne pomanjkljivosti, kot so erozija, zbitost tal v globjih plasteh, povečan razkroj organske snovi, manjša aktivnost mikroorganizmov, izhlapevanje in zaskorjevanje. V integriranem vinogradništvu (IVG) je preko celega leta prepovedano mehansko obdelovanje tal; dovoljeno je le globoko rahljanje (Vršič in Lešnik, 2001). **Zatravljena tla** so načrtno zatravljena in prejemajo le delno obdelavo, ki vključuje košnjo ali mulčenje. Ostanek ostane kot zastirka v vinogradu (Kosta, 1998). Ta način je priporočen in zahtevan pri IVG. Prednosti tega načina so oskrba in bogatitev tal z organsko snovjo s čimer zmanjšamo izgubo hranil in erozijo, povečanje dostopnosti fosforja za trto, povečanje propustnosti za vodo in večje zadrževanje vode v tleh. Slabosti tega načina so manjši pridelek, ki s spremembo miselnosti, ki se usmerja v zmerni pridelek dobre kakovosti, izgublja težo.

2.5.3 Vplivi spremembe rabe zemljišč

Način rabe zemljišč je močno povezan z onesnaževanjem voda. Ti procesi potekajo na velikih območjih, zato se v sodobni znanosti za preučevanje vpliva rabe zemljišč na vodna telesa uporablja računalniško modeliranje, saj omogoča hiter, učinkovit in cenovno ugoden vpogled v učinke spremembe rabe zemljišč in tehnike v kmetijstvu ter okolju. Svetovna banka (2006) na podlagi vrste projekcij scenarijev (Milenium Ecosystem Assessment) opozarja, da bo sprememba rabe zemljišč, ki je primarno povezana z širjenjem kmetijstva, še naprej ostala najpomembnejši vzrok sprememb v kopenskih in sladkovodnih ekosistemih. Dodatni vzrok, povezan s upravljanjem zemljišč in intenzivnim kmetijstvom, je izpiranje hranil, ki že ima pomemben učinek na sladkovodne ekosisteme in obalna območja v industrijskih in razvijajočih se državah. Kot najbolj vprašljivo hranilo navajajo dušik, saj kar trije od štirih scenarijev za obalne ekosisteme napovedujejo globalno povečanje količin za 10–20 % do leta 2030. Količina dušika se v vodotokih industrijskih držav se sicer ne bo povečala, a za države v razvoju (še posebno Azijo) napovedujejo 20–30 % povečanje.

Ileva in sod. (2009) so v raziskavi na reki Tešio na Japonskem raziskovali razmerje med vsebnostjo nitrata dušika in rabo zemljišč ter prišli do zaključka, da obstaja močna statistična povezava med njima. Povečanja kmetijske in zmanjšane gozdne površine so močno povezane z večanjem vsebnosti nitrata dušika. Čeprav reka ni resno ogrožena, opozarjajo, da razvoj kmetijstva pomembno vpliva na rečni ekosistem, še posebno na več vrst lososa, in priporočajo trajnostne preventivne ukrepe, ki bi zagotovili naravi prijazne kmetijske tehnologije za ohranitev ekosistema reke Tešio. Volk in sod. (2009) navajajo, da je za uspešno izvedbo modeliranja vpliva spremembe rabe zemljišč na vode treba zagotoviti čim daljše nize podatkov o kakovosti voda, a trenutno delujoči programi monitoringa v Evropi še ne dajejo pravih podatkov za simuliranje. S scenariji spremembe rabe in upravljanja porečij so prišli do ugotovitve, da bo ob upoštevanju ekonomike ukrepov skoraj nemogoče doseči okoljske cilje Nemčije za vodno direktivo (znižanje emisij za 30 %, na raven iz leta 1990) za kmetijsko intenzivno območje SZ Nemčije. Rezultati so pokazali, da bodo cilji doseženi le z upoštevanjem regionalnih posebnosti v pokrajini in rabe zemljišč (različni naravni pogoji, območja intenzivne rabe, območja z nižanjem intenzivnosti itd.), kar je bolj realistično (Volk in sod., 2009). Kobler (2001) je s prostorskim modelom ugotovil sprejemljivost zaraščanja zemljišč kot funkcijo kakovosti krajine. Bormann in sod. (2007) pravijo, da je pri uporabi scenarijev spremembe rabe zemljišč skoraj nujno prilagoditi tudi hidravlične lastnosti tal. Vendar opozarjajo, da je za tak tip raziskav potrebno terensko delo, ker le tako lahko potrdimo vpliv spremembe rabe zemljišč na lastnosti tal.

Dunjo in sod. (2003) so raziskovali vpliv zaraščanja teras na lastnosti tal v SV Španiji. Od nekdanj obdelanih teras so sedaj ostale le še posamezne parcele vinogradov in oljčnikov. Ugotovili so, da ima sprememba rabe zemljišč močan vpliv na lastnosti tal, saj zaraščenost in gozd vplivata na boljšo zadrževalno sposobnost tal za vodo, vpliv imata tudi na C/N razmerje in večjo vsebnost hranil. Izkazalo se je, da imajo tla z zgodnjim zaraščanjem boljše fizikalno-kemijske lastnosti, ki močno znižajo površinski odtok in s tem erozijo; to kaže na obnovitveno sposobnost tal, da se povrnejo v prvotno stanje. Mueller in sod. (2009) so s pomočjo modela poskušali ugotoviti, koliko je sprememba v rabi zemljišč iz

kmetijske v gozd od leta 1950 vplivala na erozijo in odtok v južnih Pirenejih. Rezultati so pokazali 75 % znižanje celotne letne količine sedimenta, medtem ko je modeliran odtok ostal skoraj na isti ravni. Mander in sod. (2000) so opazovali učinke spremembe rabe zemljišč v južni Estoniji na vsebnost celotnega N in P v odtoku in na vsebnost organske snovi. V obdobju med letom 1987–1997 se je odstotek opuščanih zemljišč dvignil iz 1,7 na 10,5 % in odstotek njiv znižal iz 41,8 na 23,9 %. To se je v primeru vsebnosti celotnega N v odtoku pokazalo na znižanju iz 25,9 na 5,1 kg ha⁻¹ leto in v primeru celotnega P v znižanju iz 0,32 na 0,13 kg ha⁻¹ leto.

2.6 VPLIV PODNEBJA NA VODOTOKE

Svet, Evropa in Slovenija se soočajo s spremembami podnebja in vrednotenjem posledic. Slovenija je reliefno in klimatsko zelo raznolika, zato bodo učinki klimatskih sprememb tudi regionalno zelo raznolikii. Potrebna bo pravočasna in učinkovita prilagoditev. V Sloveniji se je temperatura zraka med leti 1951 in 2000 povečala za 1,1 °C na 50 let, v zadnjih 30 letih (1974–2003) je segrevanje že preseglo mejo 1,5 °C na 30 let (Kajfež Bogataj, 2004). Dvig temperature zraka je opaziti v spremembi kroženja ozračja, kar se odraža v spremenjeni količini in porazdelitvi padavin ter količini vlage v ozračju. Temperature površja in zraka ob površju naj bi se ob upoštevanju scenarijev emisij na globalni skali v obdobju do leta 2100 dvignile od 1,4 do 5,8 °C. O naraščanju temperature zraka ni dvoma, manjša pa je zanesljivost projekcij količine padavin, čeprav v spremembah prevladuje negativen trend. Čeprav scenarije podnebnih sprememb spremljajo negotovosti, so raziskave ranljivosti naravnih ekosistemov in kmetijstva nujne, a temu mora slediti tudi oblikovanje strategije prilagoditev. Prilagajanja morajo biti praktično izvedljiva in neodvisna od denarnih, tehnoloških in institucionalnih preprek. Prednostne prilagoditve so tiste, ki bodo med drugim preprečile nepovratne vplive in zaustavile neugodne trende, kot je zmanjševanje in onesnaževanje vodnih virov. Naravni ekosistemi se ne morejo vnaprej pripraviti na podnebne spremembe (Kajfež Bogataj, 2004). Pri načrtovanju razvoja kmetijstva bo v prihodnje treba vedno upoštevati tudi klimatske spremembe, saj uspešna prilagoditev zniža morebitne stroške, ki nastajajo z neprimerno rabo in izvajanjem tehnoloških ukrepov kot je uporaba sredstev za varstvo rastlin, namakanje, gnojenje, oroševanje. Pri rastlinski pridelavi se bodo v prihodnje spremenili datumi setve, sorte in vrste rastlin, načine namakanja, tehnologija gnojenja in varstva pred škodljivci (Bergant, 2004; Kajfež-Bogataj, 2005).

Spreminjajoča klima ima lahko dolgoročne vplive saj zniževanje ali povečevanje temperatur ali količine padavin s seboj prinese tudi posledice za ekosistem v porečjih. Na območje reke Dragonje se povprečne temperature višajo in obdobja poletnih suš daljšajo, kar naj bi privedlo do nižjih pretokov vodotokov v rastni dobi. Na območju Goriških Brd se povprečne temperature višajo in sušna obdobja daljšajo, a količina padavin in ekstremnih padavinskih dogodkov se povečuje, kar na območjih intenzivnega vinogradništva vodi v povečano erozijo tal. Wilby in sod. (2006) izražajo zaskrbljenost o možnosti izpolnitve ciljev okvirne VD, saj ne vključuje klimatskih sprememb, ki bodo močno vplivale na vodni cikel (odtoke, pretoke, vsebnost hranil, erozijo). Ramos in Martinez-Casanovas (2008) sta preučevala učinke padavinskih ekstremov na izgubo tal in hranil v vinogradih SV Španije za obdobje 2000–2004 v primerjavi z dolgoletnim

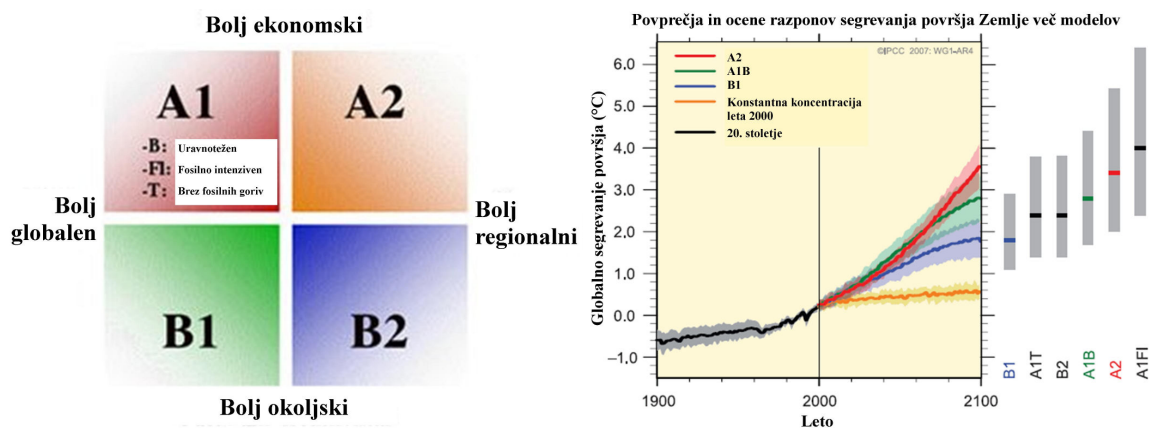
povprečjem. Rezultati so pokazali povečanje števila zelo mokrih dni in ekstremnih dogodkov, ki predstavljajo 88 % letnih padavin. Večina izgub tal je povezana s enim do dvema dogodkoma letno, ko so izgube zaradi erozije več kot 75 % vseh letnih izgub. Z izjemo enega dogodka (200 t ha^{-1}) so bile največje izgube tal zaradi erozije do 25 t ha^{-1} . Sardans in Penuelas (2004) sta raziskovala vpliv suše na dostopnost fosforja v vednozelenih mediteranskih gozdovih po scenarijih Global Climate Model – GCM, ki so jih oblikovali pri Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. V treh letih mile suše so tako z izključitvijo odtoka in padavin znižali skupno vsebnost vode v tleh za 22 %. Znižanje vlage v tleh je znižalo akumulacijo vsebnosti P v biomasi rastlin za 40 %, saj je bil prirast biomase nižji in obratno se je pokazal trend akumulacije P v tleh. Fosfor akumuliran v tleh, izpostavljenih suši, je bil večinoma v rastlinam nedostopni obliki, to pomeni resno omejitve pri rasti rastlin in na delovanje ekosistemov. Purkey in sod. (2007) opozarjajo, kako pomembno je, da se zavedamo podnebnih sprememb in vzorcev vremena ter hidrologije. Saj so bile v različnih delih sveta v preteklosti izvedene velike investicije v hidro infrastrukturo, ki je bila zasnovana in deluje na nivoju različnih možnih časovnih prostorskih variabilnosti potreb po vodi. Ugotavljajo, da je vpeljava vpliva podnebnih sprememb v proces odločanja o bodočem razvoju območij izziv in priložnost za nosilce odločanja na področju vodne politike.

2.6.1 Modeli podnebnih sprememb

Za raziskovalni območji scenariji vpliva podnebnih sprememb na dolgoročne posledice vodnatosti in vsebnosti hranil in sedimenta v površinskih vodah še niso bili uporabljeni. Še najbližje je raziskava na primeru Vipavske doline (Zupanc, 2003), kjer so uporabili šest scenarijev podnebnih sprememb v okviru določitve potreb po namakanju, ki pa so se nanašali na spremembe v vodni bilanci tal. Ugotovitve na primeru modelov SWAP in GLEAMS so pokazale, da ima povišanje temperatur zraka bistveno večji vpliv na izračun potreb po namakanju kot zmanjšanje padavin. Bergant (2000, 2003) je s svojim raziskovalnim delom naredil velik premik pri ocenjevanju klimatskih sprememb s projekcijami simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihovo uporabo v agrometeorologiji. Avtorja (Bergant in Kajfež-Bogataj, 2004; Bergant, 2007) sta s projekcijami podnebnih sprememb za Slovenijo s štirimi modeli splošne cirkulacije na primeru petih podnebno različnih lokacij simulirala šest scenarijev prihodnjega podnebja. Ugotovljeno je bilo, da se bodo najbolj ogrela poletja in da bo največje povečanje padavin v zimskem času, največje zmanjšanje pa v poletnih mesecih. Od vseh lokacij je najbolj izstopala lokacija Bilje, kjer je bil dvig temperatur najmanj izrazit. Ob koncu avtorja opozarjata, da kakršnekoli projekcije podnebnih sprememb za prihodnost, še zlasti na lokalni ravni, spremljajo številne negotovosti, česar se moramo zavedati ob njihovi interpretaciji.

Modeli splošne cirkulacije (MSC) so najpogostejše uporabljeno orodje za proučevanje odziva podnebnega sistema in spremembe sestave ozračja, njihovi rezultati pa osnova za izdelavo scenarijev podnebnih sprememb. To so tridimenzionalni numerični modeli, v katerih so z diferencialnimi enačbami zajeti fizikalni, kemijski in biološki procesi v ozračju, oceanih, ledu in na zemeljskem površju ter njihova medsebojna odvisnost. Ključen podatek pri oblikovanju scenarijev so podatki o emisijah za prihodnost in posledično vsebnost toplogrednih plinov (TGP: CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , ipd in aerosolov v ozračju

(Bergant, 2004). Največja pozornost med TGP je posvečena CO_2 , saj je njegova vsebnost v ozračju v stalnem naraščanju. Pomemben je tudi zaradi neposrednega vpliva na vegetacijo, še posebno fotosintezo in uravnavanja delovanja rastlinskih rež. Učinek tople grede omogoča življenje na Zemlji, saj je zaradi nje povprečna temperatura površja višja kar za 33°C (povprečna je 14°C), kot bi bila brez navzočnosti plinov (predvidoma -19°C) (IPCC..., 2001). Medvladni forum o spremembi podnebja (IPCC) je predlagal uporabo različnih scenarijev emisij združenih pod kratico SRES, katerih uresničitev je v prihodnosti enako verjetna in temeljijo na različnih predpostavkah o družbeno gospodarskem razvoju v prihodnosti (slika 2.8). Knutti in sod. (2008) so naredili pregled zadnjih dognanj na področju projekcij globalne temperature za 21. stoletje. Tako navajajo, da so projekcije dviga temperature za leto 2100 z najboljšimi ugibanji v stopinjah Celzija in razponi ($> 66\%$ verjetnost), kot jih podaja AR4 (Meehl in sod., 2005) za šest SRES (IPCC..., 2007) scenarijev naslednji **B1**: 1,8 (1,1–2,9), **B2**: 2,4 (1,4–3,8), **A1T**: 2,4 (1,4–3,8), **A1B**: 2,8 (1,7–4,4), **A2**: 3,4 (2,0–5,4) in **A1FI**: 4,0 (2,4–6,4) (slika 2.8). Medtem, ko TAR (Cubasch in sod., 2001) združuje vseh šest scenarijev v enotno projekcijo razpona od 1,4 do $5,8^\circ\text{C}$. Michaels in sod. (2002) trdijo, da je TAR poročilo iz leta 2001 nepopolno, saj so od priprave do objave odkrili več pomembnih dejstev, ki močno vplivajo na spremembo globalne temperature. Tako trdijo, da bi morale biti vrednosti zvišanja temperature do leta 2100 dejansko 1,1 do $2,8^\circ\text{C}$. Z vključitvijo rezultatov različnih modelov, ki temeljijo na opazovanjih sprememb temperature, bo dejansko zvišanje v razponu od 1,3 do $3,0^\circ\text{C}$, s povprečno vrednostjo 1,9. Tako zaključujejo, da bo ogrevanje zmerno in na spodnji meji IPCC TAR projekcij.



Slika 2.8: Scenariji IPCC o podnebnih spremembah in projekcije razponov dviga temperatur površja (ICSF..., 2009; ChrisMartenson.com..., 2009)
Figure 2.8: IPCC scenarios of climate change and projections of rising surface temperature ranges. (ICSF..., 2009; ChrisMartenson.com..., 2009)

MSC dobro opisujejo procese na globalni, zanesljivost rezultatov je manjša na regionalni skali, ker MSC ne vključujejo regionalnih površinskih podrobnosti. Zaradi tega neposredna uporaba rezultatov simulacij MSC v lokalnih in regionalnih študijah vpliva podnebnih sprememb na dejavnosti kot so kmetijstvo, gozdarstvo, energetika in vodno gospodarstvo običajno ni primerna (Bergant, 2004). Za premostitev razkoraka med globalno in regionalno skalo je izbral empirično zmanjševanje skale in različne matematične modele. Empirične modele, ki so temeljili na izmerjenih vrednostih v preteklosti (temperature, tlak, padavine), je nato uporabil za projiciranje rezultatov simulacij z MSC. Izdelane

empirične modele, ki povezujejo temperaturo zraka in padavine z zračnim tlakom na nivoju morja in temperaturo zraka ob površju na izbranem območju, je uporabil pri empiričnem zmanjševanju skale rezultatov simulacij s petimi MSC za izbranih devet lokacij v Sloveniji. Projekcije rezultatov MSC so služile kot ocenjevanje predvidenih podnebnih sprememb temperature in padavin v 21. stoletju in so jih podali kot odstopanje od primerjalnega obdobja 1961–90 za različna obdobja (1971–2000, 2001–30, 2031–60, 2061–90). Modele so izdelali za vsak mesec posebej, s čimer so upoštevali dejstvo, da v različnih obdobjih leta na podnebne razmere v Sloveniji vplivajo različni temperaturni in cirkulacijski vzorci. Za Slovenijo so tako ocenili (vse postaje preko $R^2 = 80\%$, razen Portorož 60%), da se bo ob povečanju vsebnosti toplogrednih plinov in sulfatnih aerosolov temperatura zraka dvignila na celotnem območju Slovenije. Zanesljivost projekcij za padavine je bolj vprašljiva (v povprečju je $R^2=50\%$), a večinoma prevladuje negativen trend, kar še posebej velja za S, SZ in JV Slovenijo. Slovenija, leži na razgibanem območju alpskega, submediteranskega in subpanonskega vpliva, kjer je velika različnost podnebnih razmer na majhnem območju, še posebno velja to za padavinske razmere. Z vidika kmetijstva in vodne bilance bodo najbolj problematična leta, ko bodo temperature višje od dolgoletnega povprečja in količina padavin manjša. Bergant (2004) za Slovenijo v prvi polovici 21. stoletja glede na povprečno vrednost v obdobju 1961–1990 navaja, da je najbolj smiseln interval sprememb temperature zraka od $+1^\circ\text{C}$ do $+4^\circ\text{C}$ ter interval spremembe količine padavin od $+10\%$ do -30% .

2.7 MODELIRANJE PREMEŠČANJA SEDIMENTA IN HRANIL V POREČJU

Za preučevanje premeščanja hranil in sedimenta v okolju kot tudi za oceno vpliva tehnik obdelave tal na kakovost vodnih ekosistemov iz razpršenih virov hranil in sedimenta obstajata dve metodi; dejansko vzorčenje na terenu in računalniško modeliranje (Shoemaker in sod., 1990; Shirmohammadi in Knisel, 1994). Terensko vzorčenje je koristno, saj pridobimo realne podatke iz naravnega okolja, a ima tudi številne pomanjkljivosti, ki izvirajo iz visoke variabilnosti naravnih (tla, geologija, rastlinstvo, klima) in umetnih elementov (jezovi, čistilne naprave). Poleg tega je zbiranje velikega števila različnih podatkov, ki raziskovalcu omogoča razumevanje naravnih sistemov porečij, tudi finančno in časovno zahtevno. Raziskovalci se zato soočijo z dejstvom, da zaradi variabilnosti velikih porečij in pomanjkanja sredstev ni možno dovolj dobro posneti stanja, kar bi zagotovilo reprezentativne izsledke. Podobno se pojavlja problem, kako oceniti prispevek onesnaževanja zaradi različnih preteklih rab in obdelav tal, za katere ni merjenih podatkov, a obstajajo karte in pisni podatki. Tudi podnebni dejavniki kot dodatni elementi vpliva na fizikalne procese v prostoru otežijo pripravo rezultatov. Zaradi tega so bili razviti računalniški modeli kot alternativa pri preučevanju vsebnosti onesnažil iz razpršenih virov v okolju različnih geografskih, klimatskih in upravljaljskih scenarijev (Shirmohammadi in sod., 2000). Pogosto se pojavljajo trditve, da modeli razpršenih virov onesnaževanja niso sposobni oz. niso namenjeni simuliranju posameznih dogodkov ampak so primarno namenjeni ocenjevanju časovno združenim dolgoročnim povprečnim vsebnostim (Garen in Moore, 2005; Arnold in sod., 1998; Jetten in sod., 1999). Trenutni modeli za simuliranje kakovosti vode iz razpršenih virov imajo veliko nezanesljivosti v napovedih (Garen in Moore, 2005) zaradi vpliva heterogenosti raziskovalnih območij, pomanjkljivih algoritmov modelih in preredke mreže monitoringa. Zato morajo imeti

modelarji in zakonodajalci vse omejitve modelov v mislih, ko vrednotijo rezultate simulacij teh modelov. Pričakujeta izboljšanje algoritmov in s tem simulacijo procesov v modelih, a negotovosti bodo vedno prisotne.

2.7.1 Vrste modelov

Razvoj računalniških tehnologij v zadnjih letih ima velik vpliv tudi na študije vodnih sistemov in je moderniziral upravljanje z vodnimi viri. Modeli, ki se v sodobni znanosti uporabljajo kot orodje za boljše razumevanje in razlago okoljskih procesov ter za napovedovanje prihodnjih dogodkov, lahko uporabljajo deterministični ali stohastični (probabilistični) pristop (Woolhiser in Brakensiek, 1982). So tudi zelo uporabno orodje v trenutkih, ko se mora načrtovalec odločiti ali specifičen način obdelave ali rabe tal v praksi zadosti ciljem po čim manjši izgubi tal in hranil, kar prinese koristi tako za okolje kot uporabnikom prostora (Nearing, 2000). Vendar je modeliranje še vedno samo orodje za hipotetične napovedi in zato še vedno ni zanesljivo, če ni osnovano na zadostnem številu zanesljivih merjenih podatkov. Pri razlagi rezultatov je zato potrebno dobro razumevanje modela, poglobljena analiza in interpretacija rezultatov.

Modele za modeliranje porečij lahko razdelimo v empirične-statistične (GLEAMS, MONERIS, N-LES), fizične (WEPP, SA) in konceptualne (porazdeljeni ali delno porazdeljeni – SWAT, NL-CAT, TRK, EvenFlow, NOPOLU, REALTA) (Whitehead, 2006; Kronvang in sod., 2009b; Hejzlar in sod., 2009). Porazdeljeni (distribuirani) oz. delno porazdeljeni (semi-distribuirani) modeli imajo najboljše lastnosti za modeliranje porečij, saj potrebujejo manj podatkov od fizičnih. Z njihovo pomočjo lahko porečje razdelimo v več manjših podporečij s svojimi značilnostmi, kar omogoča raziskovanje odziva porečij v različnih prostorskih in časovnih dimenzijah. Za razliko od porazdeljenih modelov se pri delno porazdeljenih modelih pojavlja omejitev simuliranja procesov prenosa hranil ali sedimenta med posameznimi hidrološkimi odzivnimi enotami (HRU) kot osnovnim elementom v modelih. Delno porazdeljeni modeli omogočajo le prenos hranil in sedimenta iz HRU v vodotok, medtem ko prenos med HRU ni možen. V nadaljevanju lahko modele delimo na (Borah in Bera, 2003): (1) v času sklenjene za analizo dolgoročnih učinkov upravljanja porečij zlasti iz kmetijskega stališča; (2) modele za enkratne dogodke, kot so vplivi neviht; (3) združene modele, ki omogočajo različne časovne nivoje in natančnost.

Ministrstvo za kmetijstvo ZDA in njihova služba za raziskovanje v kmetijstvu (Agricultural Research Service (ARS)) je bila v zadnjih treh desetletjih zelo dejavna na področju razvijanja modelov kmetijske hidrologije, erozije in kakovosti voda. Garen in Moore (2005) navajata le najbolj razširjene in uporabljene v svetovnem merilu: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems (GLEAMS) (Leonard in sod., 1987); Erosion Productivity Impact Calculator ali Environmental Policy Integrated Climate (EPIC) (Williams in sod., 1984; Williams in Meinardus, 2004); Nitrate leaching and Economic Analysis Package (NLEAP) (Shaffer in sod., 1991); Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Arnold in sod., 1998); Agricultural Non-Point Source pollution model (AGNPS) (Cronshey in Theurer, 1998). Prvi trije modeli delujejo na nivoju točke/plot/polja in zadnja dva delujeta na nivoju porečja. Seveda vsako leto luč sveta ugledajo novi in novi modeli, ki so pogosto le izpeljanke osnovnih, a večinoma

prilagojeni lokalnim potrebam. Pri ocenjevanju vpliva onesnaževanja iz netočkovnih virov je določitev ali napoved dolgoročnih, npr. povprečnih letnih vrednosti, verjetno bolj primerna in uporabna kot rezultati napovedi enkratnih nevihtnih dogodkov (Jolankai in sod., 1999). S postavitvijo modelov v okolje geografskega informacijskega sistema (GIS) so modeli pridobili novo vrednost, saj so postali z uporabo različnih kartografskih baz enostavnejši za uporabo, s prostorsko orientiranimi rezultati pa tudi razumljivejši različnim ciljnim skupinam. Modeli, ki se ukvarjajo z razpršenimi viri hranil in sedimenta se tako uporabljajo za zelo različne namene, vključno za registracijo sredstev za varstvo rastlin, za oblikovanje dobrih kmetijskih praks, za upravljanje z gladino podtalnice, zaščito površinskih in podzemnih vod pred onesnaževanjem s kemikalijami, zaščito vodnega življenja (Srivastava in sod., 2007).

Medtem, ko je modeliranje kakovosti površinskih voda z različnimi modeli močno razširjeno v Evropi in po svetu, se v slovenskem merilu pojavlja izredno malo primerov uporabe računalniških modelov v ta namen. V pregledu znanstvene literature s področja modeliranja vode v Sloveniji se pojavljajo modeli za modeliranje vodne bilance profila tal (SWAP) za primere namakanja kmetijskih površin (Zupanc, 2003), modeli za modeliranje količine in kakovosti podzemne vode na območjih večjih podzemnih virov pitne vode (Brilly, 1980; Vižintin, 1999; Gale in sod., 1999; Nartnik, 2004; Petan, 2005; Peršolja, 2008) kot sta Ljubljansko (MODFLOW) ali Dravsko polje (PELMO). Pri površinskih vodah je v znanstveni literaturi omenjeno še modeliranje pretoka reke Save z namenom napovedovanja poplav (Primožič in sod., 2008). Tovrstno modeliranje je tudi najbolj razširjeno, saj se z njim intenzivno ukvarja Agencija RS za okolje. Bilo je tudi nekaj poskusov modeliranja onesnažil v površinskih rekah. Še največ dela je bilo vloženega pri razvoju modela spiranja nitratnega dušika iz naravnega ozadja (gozd) na potoku Padež v Brkinih (Rusjan, 2008), kjer so uporabili metodo rudarjenja po podatkih z algoritmom M5.

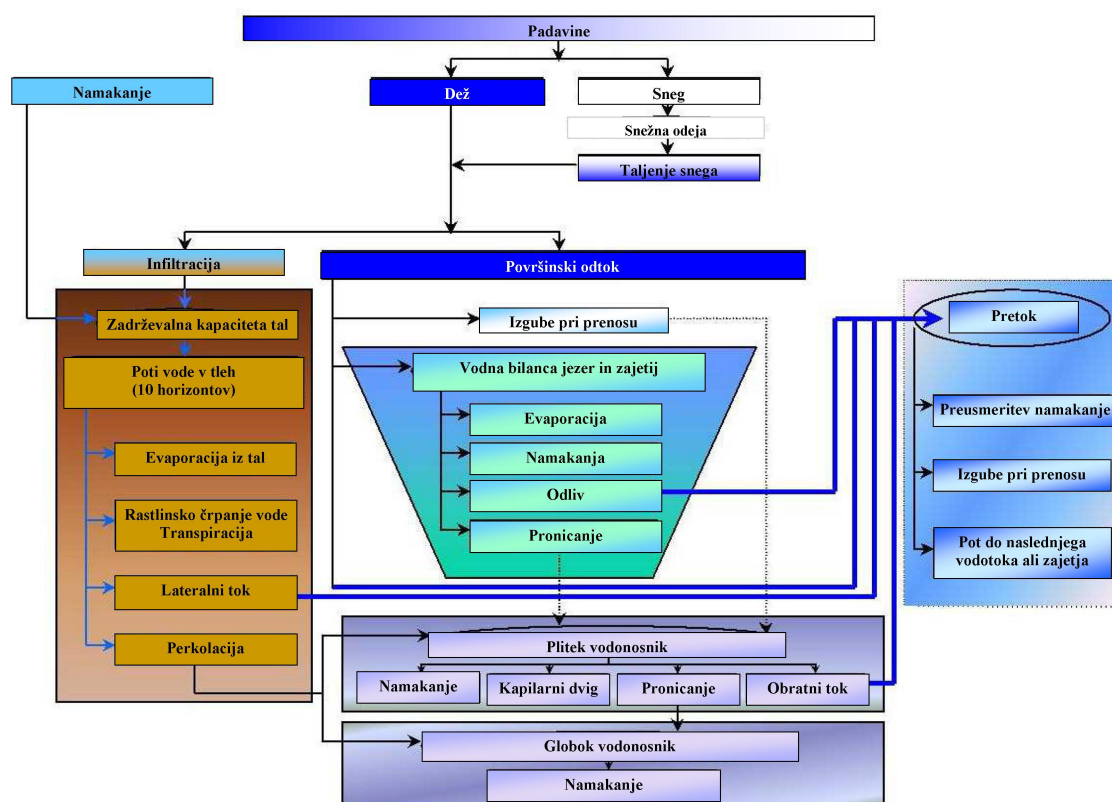
Od obeh raziskovanih porečij je bilo več raziskav območja narejenih v porečju reke Dragonja, kjer že vrsto let opravljajo številne meritve na področju erozije tal, vpliva vegetacije nanjo in stanja rečnih koridorjev (Petkovšek, 2002; Šraj, 2003, Bizjak, 2003). Dve zadnji doktorski deli v porečju Dragonje sta raziskovali recentne geomorfne procese na rečno-denudacijskem reliefu in erozijske procese (Zorn, 2007a; Zorn, 2007b, Zorn 2008) ter erozivnost padavin (Petan, 2010). Globevnik (2001) je opravila tudi raziskavo, kako celostno pristopiti k urejanju porečij, kar je ponazorila s primerom reke Dragonje, ki je izpostavljena po porečju razpršenim in trajajočim spremembam povzročenih s strani človeka in podnebja. Ugotovili so znižanje povprečnih letnih padavin in skupaj s povečanim opuščanjem kmetijskih zemljišč in zaraščanjem površin posledično nižje pretoke in manjšo nevarnost za erozijo. Vse pa je pripeljalo do sprememb v strugi reke, ki je ožja in stabilnejša.

V primeru reke Reke v Goriških Brdih v literaturi ni evidentiranih nobenih raziskav s področja modeliranja porečij ali procesov, ki vplivajo nanje, z izjemo raziskav na področju nevarnosti plazenja, kar je v tesni zvezi z erozijskimi procesi (Zorn in Komac, 2007). ZRC SAZU je pripravil poglobljeno geografsko analizo stanja in preteklega dogajanja terasirane pokrajine Goriških Brd (Ažman Momirski in sod., 2008). Ugotavljajo, da je do največjih sprememb v rabi zemljišč prihajalo v zgornjih Brdih, kjer se je zaradi ekonomsko-socialne situacije delež med kmetijskimi in gozdnimi površinami najbolj spremenil v prid gozda, v

južnem delu pa opažajo obraten pojav zaradi bolj ugodnih topografskih in klimatskih pogojev.

2.7.2 SWAT

Model Soil and water assessment tool (SWAT) je bil razvit kot pomoč upravljavcem vodnih virov pri preučevanju vpliva kmetijskih dejavnosti v porečjih. Jedro modela je bilo razvito v začetku 90-ih let na podlagi 30 letnih izkušenj z modeliranjem, ki je potekalo v okviru ministrstva za kmetijstvo Združenih držav Amerike (USDA). Model je nastal z združitvijo treh že obstoječih modelov (CREAMS, EPIC, GLEAMS) in so ga v začetku imenovali SWRRB, ob nadgradnji so ga preimenovali v SWAT (Gassman in sod, 2007). SWAT je bil v osnovi razvit za porečja, ki niso pokrita s merilnimi postajami, vendar je za resno raziskovalno delo treba model kalibrirati, za kar potrebujemo dejanske meritve pretokov in vsebnosti hranil v vodotokih. Deluje z namenom napovedovanja vplivov načina gospodarjenja z zemljišči na vodnatost površinskih voda in na količine sedimenta ter iz kmetijstva izvirajočih kemičnih snovi (dušik, fosfor, pesticidi) (slika 2.9). Uporablja se lahko tudi za napovedovanje vpliva podnebnih sprememb na okolje. Model je prostorsko porazdeljen, zato se vplivi sprememb v rabi, obdelovanju tal ter vremenu z lahkoto modelirajo.



Slika 2.9: Shematični prikaz gibanje vode v modelu SWAT (Neitsch in sod, 2005)

Figure 2.9: Schematic of pathways for water movement in SWAT (Neitsch et al., 2005)

ArcSWAT ArcGIS razširitev je grafični uporabniški vmesnik za SWAT (Arnold in sod., 1998), ki za učinkovito delovanje potrebuje podatke o rabi zemljišč, pedologiji, nagibih, vremenu, rabi voda, obdelovanju tal, podatke o kakovosti površinskih voda, itd. Model

simulira pretok vodotokov in odtokov (površinskih, podpovršinski, drenaža, tok podzemne vode, lateralni tok, namakanje), procese v porečju (vreme, erozijo, rast rastlin, cikle hranil, dinamiko sredstev za varstvo rastlin, temperaturo tal, tehnologije pridelovanja iz kmetijstva in upravljanja urbanega prostora). Model lahko deluje na letni, mesečni ali dnevni (tudi urni) skali. Možno ga je povezati z modeli APEX, EPIC in ALMANAC. Model SWAT je v svojem obstoju doživel več izpopolnitev, tako so po vrstnem redu izhajale verzije: SWRRB, SWAT94.2, SWAT96.2, SWAT98.1, SWAT99.2, SWAT 2000 in SWAT 2005, ki delujejo v okolju ArcView. Z razvojem GIS tehnologije, so prešli na ArcGIS. Tako so v letu 2008 izdali prvo verzijo ArcSWAT 1.0.7 za ArcGIS 9.1 in ArcSWAT 2.0.0 za ArcGIS 9.2 ter nato v letu 2009 ArcSWAT 2.1.6 za ArcGIS 9.2 SP6 in ArcSWAT 2.3.4 za ArcGIS 9.3 SP1. Vse te verzije so delovale na osnovi progama SWAT 2005. Zadnja verzija, ki je še v preizkušnji je ArcSWAT 2009.93.5 za SWAT2009, ArcGIS 9.3 SP1, ki nadgrajuje SWAT 2005 in omogoča nove prijeme pri modeliranju okolja. Splošna razširjenost in želja po prilagoditvi na lokalne razmere je rezultirala v številnih adaptacijah modela (G-SWAT, SWIM, E-SWAT, K-SWAT) (Gassman in sod., 2007).

2.7.3 Uporaba SWAT

Ob pregledu znanstvene literature lahko zasledimo, da se model SWAT obširno uporablja za modeliranje hidrologije v smislu količine vode (pretok, gibanje podzemne vode, voda v tleh, sneg in upravljanje z vodami), kakovosti voda (raba zemljišč, tehnologije pridelovanja, dobra kmetijska praksa, kmetijsko-okoljski ukrepi, kmetijstvo) in učinkov podnebnih sprememb (Krysanova in Arnold, 2008; Gassman in sod., 2007). Praktično vse raziskave se prično s kalibracijo in validacijo modela, mnoge tudi z analizo senzitivnosti. Uporaba modela širom po svetu je odkrila nove raziskovalne priložnosti v razreševanju pomanjkljivosti modela. Že kar nekaj let priznavajo kot glavno pomanjkljivost prostorske procese transporta voda, sedimenta in onesnažil. Dejstvo, da hidrološke odzivne enote (Hydrological response units – HRU) niso medsebojno povezane, je ohranjalo model preprost, a hkrati je omogočal izvedbo heterogenosti med tlemi in rabo znotraj podporečij. A kot trdita Krysanova in Arnold (2008) je ne-prostorski aspekt HRU glavna slabost SWAT. Za razrešitev tega bo treba izvesti temeljite raziskave o gibanju vode in sedimenta preko pokrajine od vrhov hribov do dna dolin in pridobiti dobre podatke s primerno zanesljivostjo, da bodo omogočali realistično simuliranje velikih porečij, izvorov onesnaževanja, varovalnih pasov in poplavnih ravníc. Avtorja nadalje navajata še ostale pomanjkljivosti: modeliranje ogljikovega cikla v tleh; rast rastlin razširiti iz monokultur na združbe; modeliranje patogenov, težkih kovin, zdravil; kinetika prenosa sedimentov v reki.

SWAT se razvija v ZDA, kjer ga je Environmental Protection Agency vzela za svojega, zato so številni parametri uporabljeni v modelu prilagojeni tamkajšnjim razmeram. Tudi največjo razširjenost in uporabo je doživel prav tam. V EU se je model SWAT začel obširno uveljavljati kot pripomoček pri načrtovanju upravljanja vodotokov ob uveljavitvi okvirne VD v letu 2000, ki v ta namen zahteva orodja, kot je SWAT (Barlund, 2007). Evropska komisija je za potrebe zagotovitve končnemu porabniku primernega orodja, ki bi lahko zadovoljilo obstoječe evropske potrebe po harmonizaciji in transparentnosti količinske ocene izgub razpršenih virov hranil, z namenom olajšati uveljavljanje vodne direktive in nitratne direktive, finančno podprla projekt EUROHARP (Kronvang in sod., 2009a). V okviru projekta so primerjali devet različnih modelov porečij za simulacijo

razpršenih virov onesnaževanja iz kmetijstva na številnih porečjih v Evropi, tudi SWAT. Pregled uporabe modela se bo dotaknil področij, ki predstavljajo glavne točke te raziskave: pedologija in voda tleh, prenos sedimenta, N in P, sprememba rabe zemljišč, podnebne spremembe in kmetijsko-okoljski ukrepi.

2.7.3.1 Pedologija in voda v tleh

Kot navajajo Bryant in sod. (2006) je hidropedologija veda, ki združuje znanje hidrologije in pedologije, katere cilj je ugotoviti pravilno razporejanje vode v sistemu tal, saj kalibracija modelov le na podatke o pretoku vodotokov vedno ne pokaže stanja na posameznih HRU-jih. Dejstvo je, da napovedovanje izpiranja P v površinske vode zahteva znanje o razporeditvi vode med infiltracijo in odtokom.

Evapotranspiracija (ET) je funkcija rasti rastlin, zato lahko le pravilna simulacija rasti in tehnologij pridelovanja zagotovi realistično modeliranje ET in izpiranja hranil v porečju. Infiltracija hranil v profil tal je odvisna od količine vode, ki vstopa in se premika skozi talni profil. Pravilno modelirana infiltracija lahko zagotovi točno simulacijo izpiranja hranil v vodno telo (podzemna voda, reka). Dobro modeliranje površinskega odtoka je nujno za primerno oceno in modeliranje površinskega izpiranja hranil. Poleg zahteve, da se dobro ujemata merjen in simuliran pretok reke, je pred modeliranjem hranil potrebno zagotoviti pravilno porazdelitev vode v naslednje tri faze: evapotranspiracija, površinski odtok in infiltracija s perkolacijo (Whitehead, 2006).

Fizikalni parametri tal v digitalni obliki so zelo pomemben vhodni podatek za modeliranje s hidrološkim modelom SWAT (Di Luzio in sod., 2004). Vedno, ko pri interdisciplinarnih raziskavah uporabljamo lastnosti tal, moramo biti izredno previdni in preveriti, ali so vsi predpogoji za uporabo izpolnjeni, saj lastnosti tla določajo tudi rast rastlin (biomasa) in pojavnost ter razporejenost rastlinstva in živalstva. Tla tudi regulirajo sproščanje hranil v atmosfero, površinske in podzemne vode, to pa zahteva visoke standarde pri kakovosti podatkov o tleh (Frede in sod., 2002; Bormann in sod., 2007; Silgram in sod., 2009). Frede in sod. (2002) na podlagi analize več modelov opozarjajo na veliko previdnost pri uporabi podatkov o lastnosti tal, če jih ne uporabljamo za namene, za katere so bili odvzeti vzorci tal. Tako se sprašujejo, ali je možno uporabiti le na nekaj vzorcih laboratorijsko izmerjeno hidravlično prevodnost tal do globine 2 m za obširna modelirana območja in ugotavljanje površinskega in podzemnega toka; ali je postopek pripisovanja CN vrednosti določenemu talnemu tipu pravilen, saj močno vpliva na odtok in erozijo; ali je dolgoročno modeliranje pravilno, če modeli ne upoštevajo sprememb, ki se dogajajo v okolju, a jasnih odgovorov zaradi kompleksnosti vprašanj ne ponudijo.

Geza in McCray (2008) sta preučevala vpliv resolucije pedoloških kart. Ob tem sta ugotovila, da je od resolucije pedološke karte in s tem števila talnih tipov odvisno tudi oblikovanje HRU-jev. Ti imajo učinek na parametre, ki simulirajo odtok in sediment (nagib in dolžina pobočja). Zato priporočata tehtno presojo, predno izberemo primerno resolucijo, ki mora zaviseti od velikosti porečja in zahtev po točnosti, saj je potreben večji napor za pripravo podatkov in kalibracijo pri večji resoluciji. Huisman in sod. (2004) so za porečje Dill v Nemčiji ugotovili, da imajo spremembe v lastnostih tal zaradi spremembe rabe zemljišč iz njive v pašnik minimalen učinek na povprečni letni, poletni in zimski

odtok in dejansko evapotranspiracijo. Večji vpliv na površinski odtok imajo interakcije med tlemi in vegetacijo.

2.7.3.2 Modeliranje sedimenta, dušika in fosforja

V projektu EUROHARP se je SWAT glede na rezultate izkazal za boljšega med modeli za simulacijo dušika in fosforja (Schoumans in sod., 2009), saj se je uvrstil v zgornjo tretjino ob bok modeloma NL-CAT in TRK. Vendar raziskovalci opozarjajo, da sta modela SWAT in NL-CAT zelo zahtevna po številu podatkov in po interpretaciji (Silgram in sod., 2009). Študija EUROHARP je pokazala, da evropski modelarji še niso sposobni predlagati le enega najboljšega in najprimernejšega modela za vsa porečja v Evropi, saj se modeli glede na kakovost vhodnih podatkov različno dobro odzivajo (Kronvang in sod., 2009b).

Bourauoui in Grizzetti (2008) sta raziskovala kritične poti transporta hranil v porečju z intenzivnim kmetijstvom. Ugotovila sta, da je podzemna voda glavni vir nitrata v površinskih vodah to pomeni, da je potrebno kmetijsko-okoljske ukrepe usmeriti na znižanje primarnega izpiranja nitrata. Schilling in Wolter (2009) sta za porečje reke Des Moines River v Iowi ugotovila, da bi zahtevano znižanje količin nitrata (34 %) v reki lahko dosegli s znižanjem uporabe mineralnih gnojil iz 170 na 50 kg ha⁻¹, kar bi prispevalo k 38 % znižanju količin nitrata. Veith in sod. (2005) so pri preučevanju izpiranja fosforja ugotovili, da SWAT dobro napoveduje in je v soglasju z merjenimi podatki. Rezultati so tudi pokazali, da so lahko dejanske izgube P iz celotnega območja majhne, a če bolj podrobno-tarčno pogledamo posamezna podporečja, lahko opazimo visoke izgube, ki si jih želimo preprečiti, a bi jih lahko s splošno sliko spregledali.

Chen in Mackay (2004) sta ugotovila vsebinske neskladnosti pri združevanju HRU z Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE), kar otežuje določitev učinka različnih rab tal na erozijo tal. Zato predlagata pazljivost pri urejanju podatkov v izogib prostorskemu neujemanju. Razdelitev porečja na podporečja bistveno ne vpliva na pretok, a ima velik vpliv na sediment, nitrat in anorganski P (FitzHugh in Mackay, 2000). Tako so Jha in sod. (2004) ugotovili optimalno velikost podporečja v primerjavi s celotnim porečjem, ki je 3 % za sediment, 2 % za nitrat in 5 % za anorganski fosfor. Migliaccio in sod. (2007) opozarjajo, da algoritmi, ki simulirajo procese pretvorbe in količino celotnega fosforja (TP), nitrata in nitrita v vodotokih, morda ne izkažejo vseh svojih zmožnosti, saj pri primerjavi rezultatov modela SWAT brez QUAL2E komponente in z njo ni bilo nobenih signifikantnih razlik. Chaplot in sod. (2005) so raziskovali vpliv števila padavinskih merilnih mest na površinski odtok, nitrat in sediment v dveh manjših porečjih v ZDA in ugotovili, da ima njihovo število še posebno močan vpliv na količine erodiranega sedimenta in nekoliko manj vpliva na nitrat in površinski odtok. Izkazalo se je tudi, da podatki postajajo nacionalne meteorološke službe, ki so najbližji porečjem, tako močno odstopajo o realnih padavin, da jih za primer ocene izpiranja nitrata in sedimenta ni primerno uporabiti. Tobin in Bennett (2009) sta primerjala padavinske podatke Nacionalne meteorološke službe iz klasičnih merilcev, radarja in satelita, s čimer so primerjali primernost za uporabo v modelu SWAT. Najboljše rezultate so pokazali radarski podatki, saj je bil koeficient učinkovitosti za obe raziskovalni območji več kot $E_{NS} > 60$. Satelitski podatki so v enem primeru pokazali zmerno ujemanje, odvisno od obdobja (E_{NS} med 38 in

94), v drugem so se izkazali za neuporabne zaradi precenjenega pretoka. Podatki Nacionalne meteorološke službe v obeh primerih niso generirali sprejemljivih podatkov.

2.7.3.3 Raba zemljišč

Heuvelmans in sod. (2004) opozarjajo, da moramo ob spremembi rabe zemljišč ali rastlinskega pokrova hkrati spremeniti vrednosti glavnih parametrov, ki nadzorujejo hidrološke lastnosti porečja. Rezultati so namreč pokazali padec zanesljivosti modela, če se parametri prenašajo v prostoru in času. Opozarja na previdnost, ko prenašamo vrednosti parametrov med regijami različnih topografij, tal in rabe, saj lahko ti faktorji vplivajo na infiltracijo in perkolacijo vode. Ob spremembi rabe zemljišč se lahko zgodi premik v okoljskih pogojih, ki tako lahko vplivajo tudi na parametre, ki niso neposredno povezani z rabo, kot so hidravlične lastnosti tal. To so pri primerjavi treh modelov WASIM, TOPLATS in SWAT ugotovili tudi Boramann in sod. (2007).

Lenhart in sod. (2003) so ugotovili, da so spremembe rabe zemljišč (v gozd ali travnik), zaradi efekta uravnoveženosti kompleksne strukture porečja, na količino sedimenta zelo majhne. A zelo jasen trend se je pokazal pri nitratu, saj se je z nižanjem površin gozda in povečevanjem intenzivnosti obdelave zemljišč jasno povečevala vsebnost nitrata v rekah. Huang in sod. (2009) so pri scenarijih spremembe rabe zemljišč pokazali na pomembnost vpliva kmetijske politike na kakovost vodotokov. Tako za območje reke Saale v SV Nemčiji ne priporočajo povečanja območji setve oljne ogrščice tam, kjer obstaja nevarnost onesnaženja in cilji iz VD ne bi bili doseženi. Zato priporočajo setev alternativne bio-energijske rastline kot je koruza, ki ima zmeren učinek na vodna okolja. Opozarjajo, da imajo na vsebnost in količine nitrata v vodah zelo velik vpliv tudi odmerki in čas aplikacije mineralnih gnojil.

Klocking in Haberlandt (2002) sta za porečji Saal in Havel v SV Nemčiji pokazala, da imajo spremembe rabe zemljišč na ekstremne poplavne dogodke majhen učinek in vplivajo le na dostopnost vode. V enem od scenarijev je sprememba rabe iz njiv v mešan gozd vplivala tudi na povečano evapotranspiracijo, znižanje napajanja podzemne vode in znižanje pretoka. Eckhardt in sod. (2003) ugotavljajo, da lahko različne rabe zemljišč gozd, pašnik in njiva vodijo v značilno različna dolgoročna povprečja v površinskem odtoku, napajanju podzemne vode in pretoku. Minimalni delež rabe v porečju, ki mora biti spremenjen, da lahko zaznamo značilne odzive v hidroloških rezultatih modela je odvisen od rabe, ki se nahajajo na območju. Če spreminjamo pašnik v gozd in želimo zaznati razlike v pretoku, je najmanjši potreben delež spremembe 25 %. Von Stackelberg in sod. (2007) so za porečje v Urugvaju ugotovili, da sprememba rabe iz osnovne (pašnik) v naravno travnjo zniža povprečno letno količino vode v odtoku za 15 % in če območje pogozdimo z bori se količina vode zniža za 23 %. Ko so parameter za sposobnost rastlin za črpanje vode iz tal povečali na maksimum, se je na pogozdenih območjih povprečna skupna letna količina vode znižala za 30 %. Pisinaras in sod. (2010) so ugotovili, da 100 % krčitev gozda pomeni povišanje pretoka za 21 %, fosforja za 22 % in nitrata za 4 %. Če so 20 % gozda spremenili v njive, se pretok ni bistveno poveča, a količina nitrata naraste za 93 % in fosforja za 140 %. Povečanje urbanega prostora za 20 % ni prineslo bistvenih razlik. Jiang in sod. (2008) so preučevali vpliv spremembe rabe na površinski odtok in erozijo. Ugotovitve so potrdile, da koruza in soja bolj vzpodbujata nastanek odtoka in erozije

sedimenta kot travniki, ječmen ali gozd. Koruza, soja in ječmen so najbolj razširjeni tipi rabe zemljišč in s tem najbolj vplivajo na variacije v odtoku in sedimentu. Več močnejših padavinskih dogodkov nujno ne vpliva na večji odtok, saj na koeficient odtoka vpliva kombinacija oblike območja in rabe zemljišč.

2.7.3.4 Klimatske spremembe

Bouraoui in sod. (2002) so testirali šest klimatskih scenarijev za porečje reke Ouse v Angliji in ugotovili, da so zaradi povečanja temperature vsi scenariji povišali dejansko evapotranspiracijo. Rezultati so pokazali zaradi hitrejši rasti rastlin povečano potrebo po hranilih in večje izgube celotnega dušika in fosforja, a z velikimi sezonskimi razlikami. Xu in sod. (2008) so ugotovili, da so scenariji pokazali zaskrbljujoče rezultate za vodne vire v prihodnosti na območju porečja Rumene reke, kar lahko pripelje do pomanjkanja vode v srednjem in spodnjem delu porečja, kjer se bodo potrebe po vodi za industrijo, kmetijstvo in gospodinjstva v prihodnosti še večale.

Ficklin in sod. (2009) so raziskovali vpliv povečanih koncentracij CO₂ in klimatskih sprememb na količino vode v kmetijskem sistemu Kalifornije. Variirali so CO₂ (550 in 970 ppm), temperaturo (+1,1 do +6,4) in padavine (0 %, ±10 % in ±20 %). Rezultati so pokazali močan učinek na količino vode, ET, porabo vode za namakanje in pretoke vodotokov. Povečanje CO₂ na 970 ppm in temperature za +6,4 °C je povzročilo padec dejanske ET za 38 % in povečanje povprečne celotne količine vode za 37 % in povprečnega pretoka za 24 %. Povišanje temperatur je povzročilo premik rasti rastlin in prerazporeditev ET in namakanja na zgodnejši čas v letu, kar je povzročilo povečanje pretoka poleti, saj so bile potrebe po namakanju nižje.

Nunes in sod. (2007) so postavili model za kar 18 porečij na Portugalskem. Ugotovili so, da je še posebno podpovršinski odtok močno občutljiv saj se je pod ekstremnimi pogoji (+6,4°C, -40 % padavin) v povprečju zmanjšal do 80 %. Rast biomase večine rastlinskih vrst se je zniževala (za pšenico do -40 %). Vzrok je v visokih temperaturah, ki so izničile vpliv povečanega CO₂. Mediteranske rastline so pokazale pozitiven učinek pri zmerni stopnji sprememb. Stopnja erozije je odvisna od interakcije med zniževanjem površinskega odtoka (manjša erozija) in rastjo biomase (večja erozija). Za zmernejše spremembe pri padavinah je erozija najočitnejša na poljih pšenice (poveča se do 150 % v bolj mokrih porečjih), kar je nad obnovitveno kapaciteto tal. Borah and Bera (2003) predlagata SWAT kot primeren za napovedovanje mesečnih in letnih pretokov in količin sedimenta in hranil. Le v primeru ekstremnih padavinskih dogodkov ga ne priporočata. Potrdila sta tudi uporabnost modela za preučevanje vpliva dolgoročnih sprememb podnebja na količino vode in za preučevanje tehnologij obdelovanja zemljišč na količine hranil in sedimenta.

2.7.3.5 Kmetijsko-okoljski ukrepi

Arabi in sod. (2006) so raziskovali vpliv dobrih kmetijskih praks na modeliranje pretoka, sedimenta in hranil in ugotovili, da ima na pravilno modeliranje teh ukrepov velik vpliv tudi velikost podporečij. Tako so rezultati za njihovo študijo pokazali, da je optimalna velikost podporečja za modeliranje ukrepov dobrih kmetijskih praks 4 % od celotne površine porečja.

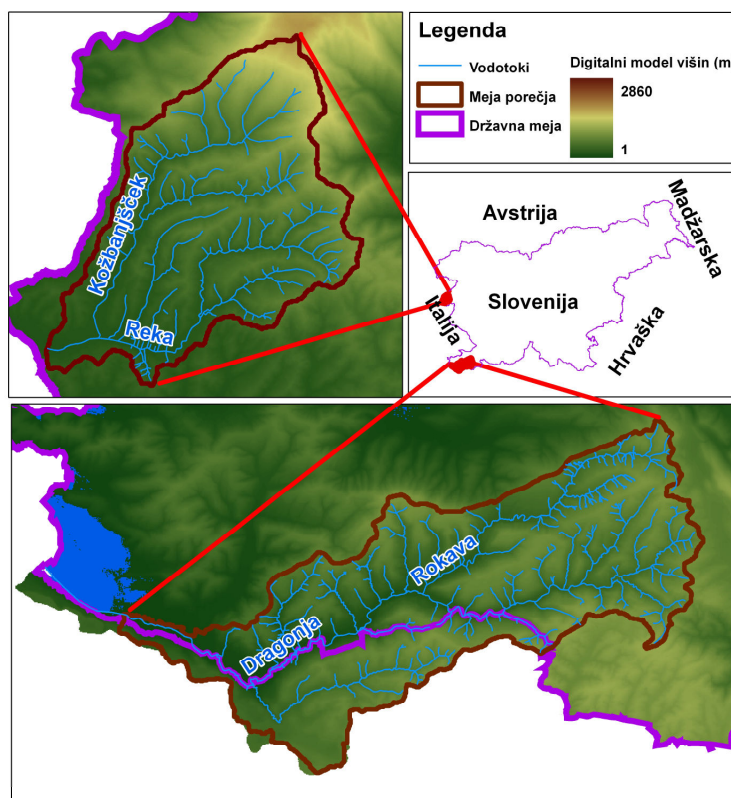
Yang in sod. (2009) so raziskovali učinke ureditve teras za preusmeritev površinskega toka v Kanadi. Ugotovili so pozitivne učinke na zmanjšanje erozije, saj je bila količina sedimenta po namestitvi teras v povprečju za kar 4 t ha^{-1} letno manjša, kar predstavlja 56 % zmanjšanje. Teras so imele tudi stranski učinek, to je zmanjšanje skupne količine vode v vodotoku za 158 mm letno, kar je predstavljalo 20 % zmanjšanje. Abaci in Papanicolaou (2009) sta preučevala vpliv tehnologije pridelovanja poljščin na erozijo tal in ugotovila močno povezavo med intenziteto padavin in vrsto poljščine. Na erozijo močno vplivajo tudi način obdelave tal (konvencionalna), kar lahko poveča erozijo za 35 do 300 %, a tudi čas operacij v odnosu do padavin je pomemben. Tehnologija obdelave tal močno vzpodbudi ali zavre učinek erozivnosti padavin na tla v majhnih porečjih. Sahu in Gu (2009) sta s simulacijo rastlinskih varovalnih pasov pokazala, da če pasovi prekrivajo 10 do 50 % podporečja to lahko ob povprečnih letnih padavinah vodi v 55 do 90 % zmanjšanje količin nitratnega dušika. Pasovi, ki so zasedali 10–20 % porečja, so bili najbolj učinkoviti, če so bili nameščeni po plastnicah med obdelovalnimi zemljišči in ne na obrežju vodotokov. Opozarjata tudi, da ima varovalni pas tudi ekonomske učinke ne samo ekoloških, saj zemljišča jemljemo iz aktivne proizvodnje. Parajuli in sod. (2008) so raziskovali učinkovitost rastlinskih varovalnih pasov na zmanjševanje vsebnosti sedimenta v površinskem odtoku. Učinkovitost pri nameščanju pasov na tarčna občutljiva mesta je bila 60 % in pri naključnem nameščanju 42 %. Največjo zmanjšanje za sediment je bilo pri pasovih nameščenih na 25 % površine porečja in sicer 63 % pri nameščanju na tarčna mesta in 33 % pri naključnem nameščanju. SWAT je tudi zelo funkcionalen za modeliranje dolgoročnih (več kot 25 let) učinkov kmetijsko okoljskih ukrepov na kakovost voda, saj lahko vključimo tudi spremembe v učinkovitosti delovanja (Bracmort in sod., 2006).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 OBMOČJI RAZISKOVANJA

3.1.1 Geografija in topografija

Porečji raziskovanja se geografsko nahajata v zahodnem delu Slovenije in sta del submediteranske regije severnega Jadrana (slike 3.1, 3.2, 3.3). Obe porečji spadata v območje jadranskega povodja.



Slika 3.1: Raziskovalni območji rek Reke v Goriških Brdih in Dragonje (Kart. podloga GURS, 2010)

Figure 3.1: Research areas of the rivers Reka in Goriška Brda and Dragonja (Kart. podloga GURS, 2010)

Porečje Reke zavzema 30 km² in se nahaja v SZ delu države na območju občine Goriška Brda, ki obsega 83 km² in meji na republiko Italijo, v katero Reka tudi odteka. Območje meji na reko Sočo na vzhodu in reko Idrijo na zahodu. Na zahodu in severu ga zaključujeta grebena Sabotina in Korade. Nadmorska višina se od JZ proti SV viša in se giblje med 75 m in 789 m (slika 3.4). Območje je obmejno in prometno odmaknjeno, slemenena številnih gričev so zelo strma, usmerjena proti jugozahodu (slika 3.5). Kar 79 % vse površine ima naklone med 16 in 55 % od tega največji delež (25 % in 23 %) predstavljajo nakloni med 25–35 % ter 36–45 % (preglednica 3.1). Taki nakloni dovoljujejo obdelavo tal le, če so oblikovane terase, ki dejansko predstavljajo velik delež kmetijske pokrajine (slika 3.2). Pokrajina porečja je zelo kmetijska z večjim deležem gozda med katero so po slemenih gričev raztresena večja (150–400 prebivalcev) in manjša naselja (do 100 prebivalcev) ter posamezne hiše. Največje naselje v porečju je Dobrovo (380 prebivalcev), sledijo Šmartno

(200), Neblo (200), itd. V celotni občini Goriška Brda prebiva skoraj 6.000 prebivalcev, z gostoto 69 prebivalcev na km².

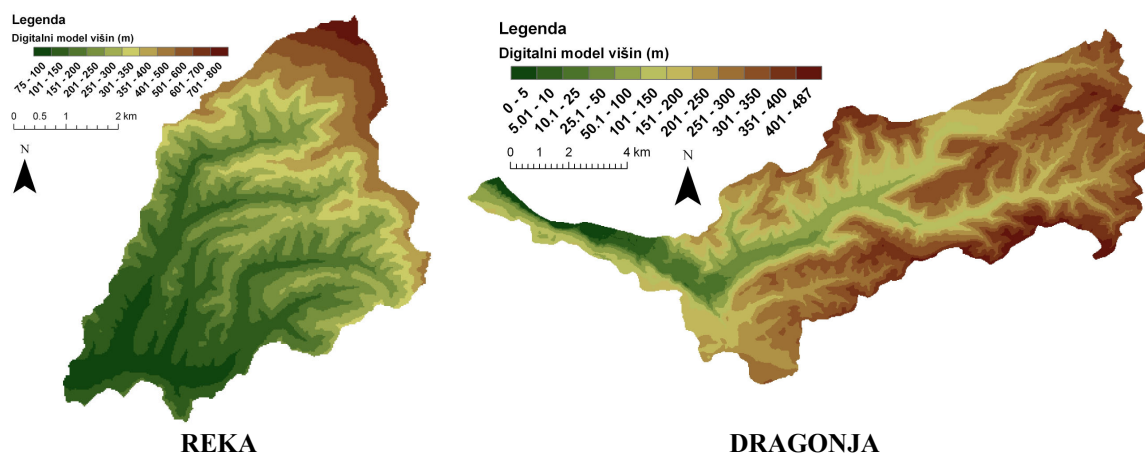


Slika 3.2: Terasasta pokrajina Goriških Brd
Figure 3.2: Terraced landscape of Goriška Brda

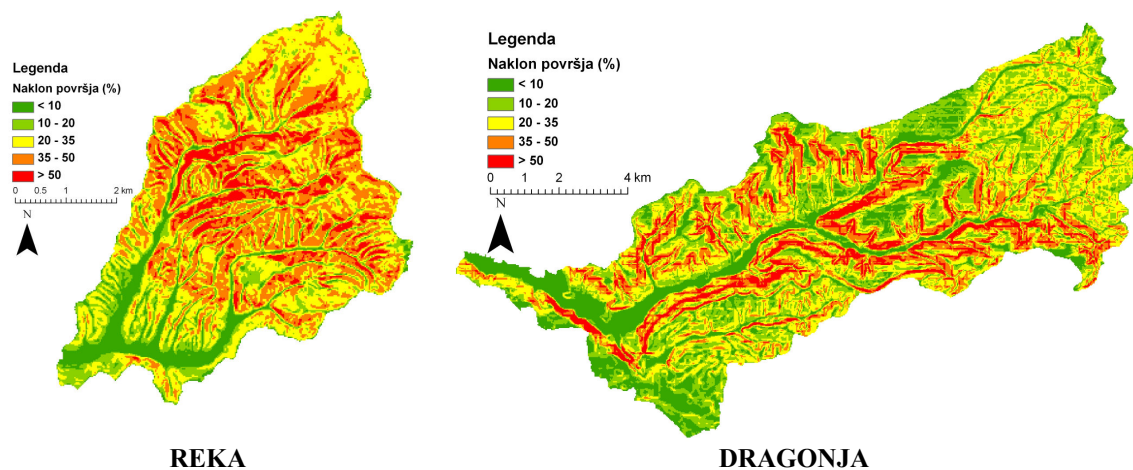
Porečje Dragonje zavzema 100 km² in se nahaja v skrajnem JZ delu države na območju občin Koper in Piran. Del porečja leži na območju republike Hrvaške, od kjer priteče pritok Argila. Geografsko se to območje v ožjem smislu imenuje Šavrinska Brda ali v širšem smislu Istra. Območje meji na potok Drnica na zahodu, in reki Rižano na severu ter Mirno na jugu. Na vzhodu reko omejuje kraški rob, a neposredne povezave z njim nima. To je obmorsko porečje, zato se nadmorska višina giblje med 0 m na JZ pri iztoku reke v morje do 487 m na skrajnem JV (slika 3.4). Slemen gričevja so planotasto oblikovana z ravnimi vrhovi, kjer je skoncentrirana poselitev in kmetijstvo ter s strmimi tudi previsnimi robovi slemen (slika 3.5). Kar 53 % vse površine predstavljajo nakloni med 16 in 45 %, od tega 24 % in 17 % nakloni med 16–25 % ter 25–35 %, kar je vodilo v oblikovanje teras za lažjo obdelavo kmetijskih zemljišč. Pokrajina je večinoma porasla z gozdom ali zaraščena z grmovjem z območji kmetijske rabe okoli naselij (slika 3.3). Znotraj porečja ni večjih mest, so le večje in manjše vasi (Marezige 400 preb., Krkavče 280 preb, itd.), ki so postavljene na vrhu slemen gričevja ter posamezne hiše, ki jih najdemo tudi v dolini.



Slika 3.3: Opuščene terase v dolini Dragonje
Figure 3.3: Abandoned terraces in Dragonja valley



Slika 3.4: Nadmorska višina raziskovanih območij rek Reke in Dragonje (Kart. podloga GURS, 2010)
Figure 3.4: Elevation of the rivers Reka and Dragonja research areas (Kart. podloga GURS, 2010)



Slika 3.5: Nakloni površja (%) raziskovanih območij rek Reke in Dragonje
Figure 3.5: Slopes (%) of the rivers Reka and Dragonja research areas

Preglednica 3.1: Površine (km²) in nakloni (%) za obe raziskovani območji
Table 3.1: Areas (km²) and slopes (%) for the research areas

<i>Reka</i>			<i>Dragonja</i>		
Naklon (%)	km ²	Površina (%)	Naklon (%)	km ²	Površina (%)
0–5	1,8	6,0	0–5	11,5	11,4
6–10	1,4	4,8	6–10	11,7	11,6
11–15	1,8	6,1	11–15	12,7	12,6
16–25	5,7	18,9	16–25	24,4	24,3
26–35	7,5	25,2	26–35	17,4	17,3
36–45	6,8	22,9	36–45	11,3	11,3
46–55	3,5	11,8	46–55	6,3	6,3
56–65	1,1	3,6	56–65	3,1	3,1
66–88	0,2	0,7	66–75	1,3	1,3
			> 76	0,9	0,8

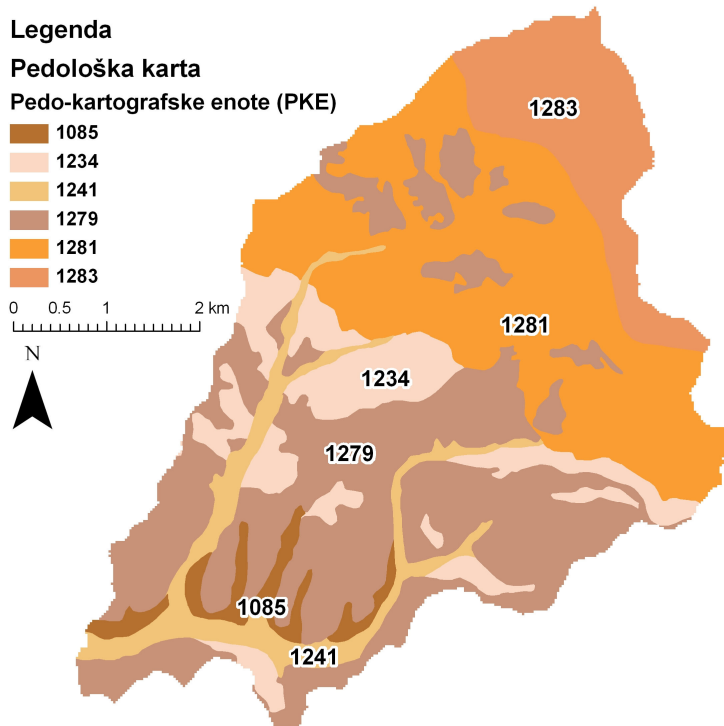
3.1.2 Tla, geologija in hidrogeologija

3.1.2.1 Tla

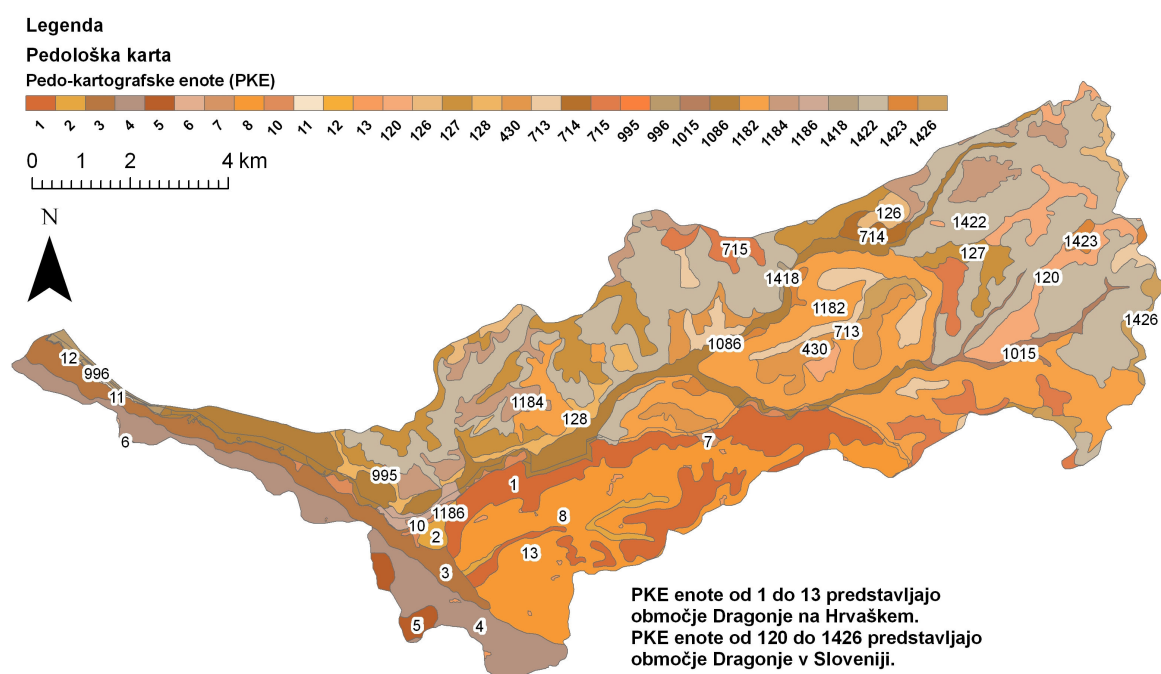
Tla raziskovanih območjih so nastala v času eocena iz oceanskega sedimenta in podmorskih plazov. Ob geološkem dvigu pokrajine in odtoku morja so ostale plasti fliša (po domače opoka), ki ga sestavljajo izmenjujoče se plasti peščenjaka in glinavca različnih trdot ter v delu tudi apnenec. Z erozijskimi procesi so površinske vode oblikovale gričevnato pokrajino s strmimi bregovi. Tla so plitka in zaradi sestave težka za obdelavo, a s primernimi agrotehničnimi ukrepi (rigolanjem, organskim gnojenjem) pridobijo značilne lastnosti primerne za vinogradniško, sadjarsko in oljgarsko pridelavo. Tla na teh območjih pod vplivom atmosferskih dejavnikov hitro razpadajo tako da nastajajo meljasto glinasto ilovnata tla z različnimi deli posameznih frakcij. Ob izpiranju delcev apnenca tla prehajajo iz bazične reakcije v nevtralno, kar nudi odlično osnovo in pogoje za rast vinske trte. Ob neprimerni tehnologiji obdelave tal so lahko podvržena izraziti eroziji.

Tla na območju reke Reke so klasificirana kot evtrična rjava na eocenskem flišu, kjer se pedokartografske enote – PKE med seboj razlikujejo le v manjših podrobnostih (slika 3.6, preglednica 3.2). Večina tal ima meljasto ilovnato do glinasto teksturo, kar se odraža v večjem površinskem odtoku in nevarnosti erozije. Največji delež (37 % in 11,8 %) prekrivajo tla, ki imajo antropogen značaj (PKE 1279, 1234), saj se na njih nahaja največ kmetijskih zemljišč predvsem vinogradi (PKE 1279) v senčnih legah jih prekriva gozd (PKE 1234). Dobrih 30 % tal ima primesi laporja in apnenih breč, tu se pojavlja se tudi evtrični regolitni ranker (PKE 1281), ki ga večinoma prekriva gozd. Tla ob vznožju gričev imajo aluvialno-koluvialen značaj in so tudi psevdoglejena (PKE 1085). V dolini na ravninah ob rekah in potokih so evtrična, obrečna in globoko oglejena tla (PKE 1241). V najvišjem delu porečja se pojavljajo evtrična rjava tla na paleocenskem krednem flišu (PKE 1283) od katerih, zaradi erozije fliša, največji del predstavljajo rjava pokarbonatna tla, sledijo rendzine in sprsteninasta tla.

Tla na območju reke Dragonje bomo glede na državno klasifikacijo razložili ločeno (slika 3.7, preglednica 3.2). Največji delež tal v hrvaškem delu porečja predstavljajo rigolana tla na flišu (PKE 8), ki predstavljajo 10 % vsega porečja in so večinoma namenjena kmetijski oz. vinogradniški pridelavi. Drugi po površini (7 %) je sirozem in rendzina na flišu (PKE 1), ki je značilen za gozd. Sledijo jim rdeče rjava tla (PKE 4), ki se nahajajo na JZ robu porečja, kjer pritok Argila priteče na apnenec in dolomit. Vsa tla v tem delu imajo glinasto ilovnata teksturo. V slovenskem delu porečja prevladujejo tla glinasto meljasto ilovnate texture na eocenskem flišu. Daleč največji odstotek (23,5 %) zavzemajo karbonatna rjava tla (PKE 1422), ki prehajajo v rendzine in so tudi sprsteninasta; večino teh tal prekriva gozd. Druga po površini najobširnejša tla so sprsteninaste rendzine na flišu, ki jih enako večinoma prekriva gozd. Tla na planotasto oblikovanih slemenih gričev so značilna karbonatna rjava tla, antropogenega vpliva, rigolana za namen vinogradništva in oljkarstva (vitisol) (PKE 713, 714, 715, 430, 1184). V delih porečja najdemo tudi evtrična rjava tla (PKE 120, 127), ki imajo zaradi kmetijske obdelave antropogen značaj. Del evtričnih tal kaže tudi znake psevdoglejevanja (PKE 126). V dolinah v ravnici ob reki najdemo obrečna ilovnata lahko tudi globoko oglejena tla (PKE 1086) in hipoglejna tla (PKE 1015).



Slika 3.6: Digitalna pedološka karta porečja reke Reke v Goriških Brdih (1:25.000) (Digitalna..., 2010)
Figure 3.6: Digital soil map of the river Reka catchment (1:25.000) (Digitalna..., 2010)



Slika 3.7: Digitalna pedološka karta porečja reke Dragonje (1 : 25.000, 1 : 50.000) (Digitalna..., 2010)
Figure 3.7: Digital soil map of the river Dragonja catchment (1 : 25.000, 1 : 50.000) (Digitalna..., 2010; Pedološka..., 2010)

Preglednica 3.2: Površine (km², %) posamezni pedokartografske enote na raziskovanih območjih rek Reke in Dragonje

Table 3.2: Areas (km², %) of each soil map unit in research areas of the river Reka in Dragonja

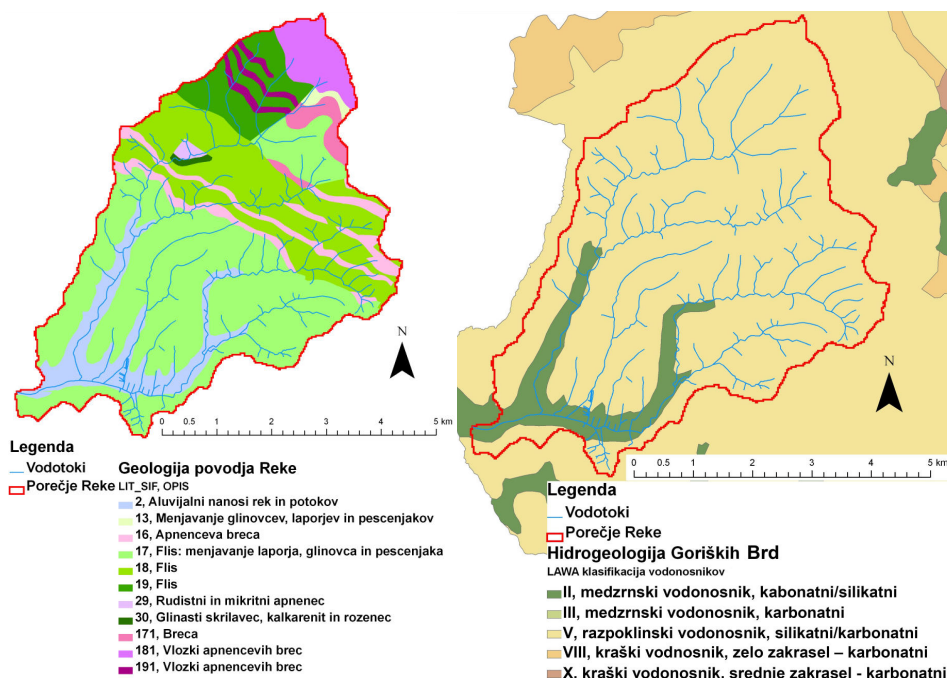
Reka				Dragonja				
PKE	ZPP	Površina (km ²)	%	Hrvaška	PKE	ZPP	Površina (km ²)	%
1085	822	0,8	2,8		1	1	6,9	6,9
1234	811	3,5	11,8		2	3	0,8	0,8
1241	153	2,1	6,9		3	4	3,5	3,5
1279	821	11,1	37,2		4	5	5,7	5,7
1281	682	9,0	30,1		5	6	0,6	0,6
1283	812	3,4	11,3		7	8	0,1	0,1
Skupaj		29,8	100,0		8	13	10,3	10,3
					10	11	0,6	0,6
					13	8	0,1	0,1
				Slovenija	120	927	3,1	3,1
					126	259	1,2	1,2
					127	926	5,7	5,7
					128	121	1,3	1,3
					430	258	3,0	3,0
					713	260	2,5	2,5
					714	260	0,5	0,5
					715	922	2,7	2,7
					995	922	0,0	0,001
					1015	126	0,8	0,8
					1086	267	6,7	6,7
					1182	257	14,0	14,0
					1184	922	4,0	4,0
					1186	126	0,4	0,4
					1418	258	0,1	0,1
					1422	927	23,5	23,5
				1423	121	0,7	0,7	
				1426	930	1,1	1,1	
					Skupaj		100	100

3.1.2.2 Geologija in hidrogeologija

Obe raziskovani porečji imata flišno geologijo, kar zaznamuje tudi njuno hidrogeologijo in hidrologijo (slika 3.8). Geološka sestava porečja reke Reke je relativno preprosta in homogena (slika 3.9). Prevladujejo sedimenti eocenskega fliša sestavljeni iz glinavcev, laporja in peščenjaka. V zgornjem delu porečja se pojavljajo plasti in vložki apnenčeve breče ter glinasti skrilavec, kalkarenit in roženec. Matična podlaga je relativno mehka in erozivna. V dolinah se je razvil fluvisol na karbonatnih aluvijalnih nanosih rek in potokov. Aluvij večinoma sestoji iz gline z manjšima deležema proda in peska. Hidrogeološka karta Geološkega zavoda Slovenije prikaže, da je za porečje značilen razpoklinski vodonosnik, kjer se voda ujame med plastmi fliša, ki tvorijo površinske izvire. Podzemnega toka vode skoraj ni, z izjemo aluvijalnih ravnin na dnu dolin, a aluvialni vodonosnik leži na nepropustnem flišu, ki prekriva večino porečja.



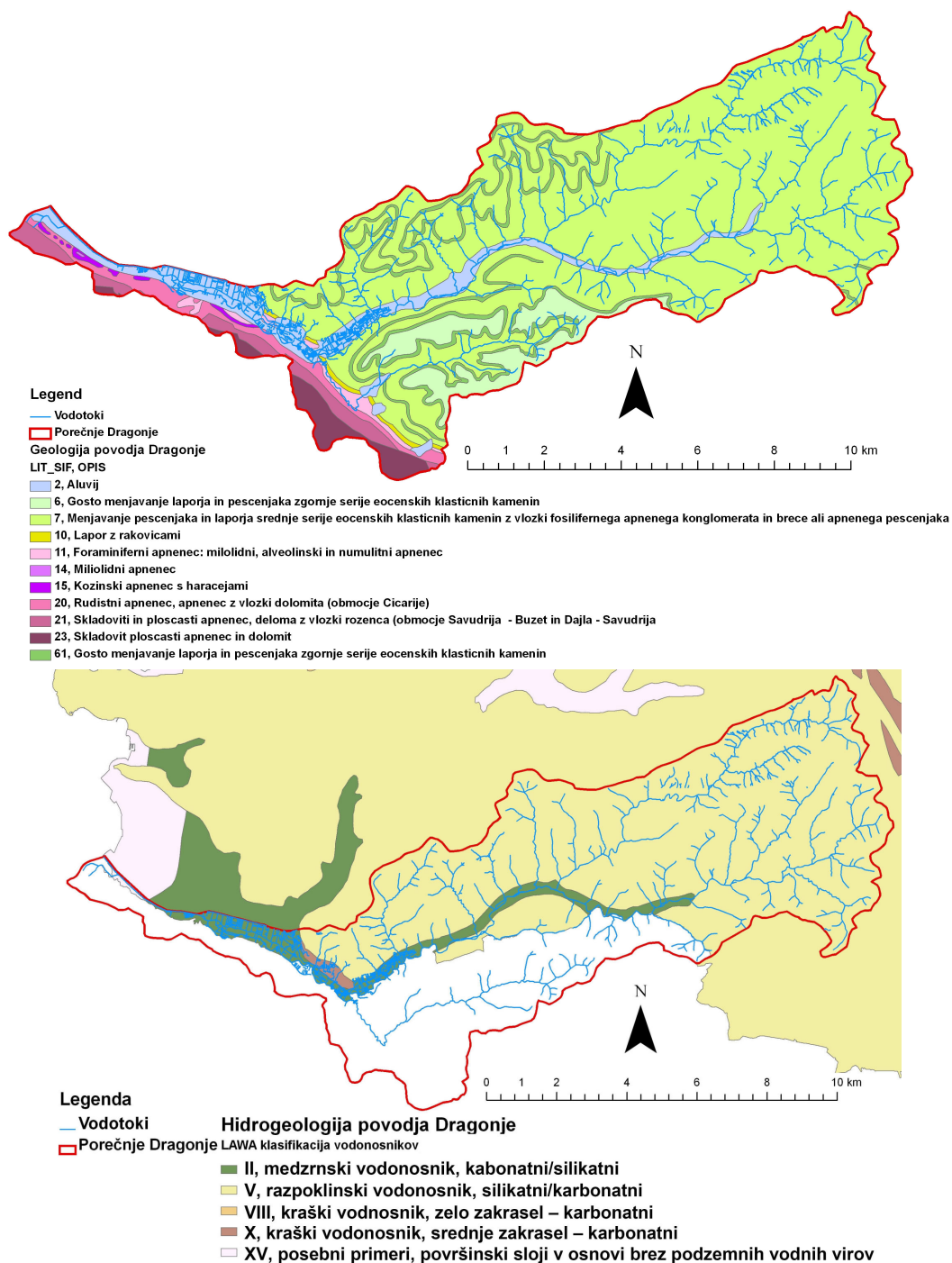
Slika 3.8: Flišni klif v dolini Dragonje
Slika 3.8: Flysch cliff in Dragonja valley



Slika 3.9: Geologija in hidrogeologija porečja reke Reke (Geološka karta ..., 2010)
Figure 3.9: Geology and hydrogeology of the river Reka catchment (Geološka karta ..., 2010)

Karte Geološkega zavoda Slovenije prikazujejo geološko sestavo porečja reke Dragonje kot relativno preprosto in homogeno, ki se deli na prevladujoč flišni del na SV in kraški del na JZ (slika 3.10). Prevladujejo sedimenti srednje serije eocenskih klastičnih kamnin (fliš), kjer se menjavata peščenjak in lapor z vložki fosiliferne apnenega konglomerata in breče in apnenega peščenjaka. V določenih delih porečja se pojavlja izredno gosto menjavanje laporja in peščenjaka zgornje serije eocenskih kamenin. Flišna matična podlaga je relativno mehka in erozivna. V JZ delu porečja se pojavljajo različne oblike apnenca (miliolidni, kozinski, rudistni z vložki dolomita, skladoviti z vložki roženca in skladoviti ploščati apnenec in dolomit). V dolinah se je razvil fluvisol aluvijalnih nanosih rek in potokov.

Aluvijalni nanosi večinoma sestojijo iz gline z manjšima deležema proda in peska. Za flišni del porečja je značilen razpoklinski vodonosnik, kjer se voda ujame med plastmi fliša, ki tvorijo površinske izvire. V zelo omejen delu se pojavlja tudi kraški vodonosnik. Aluvialni vodonosnik leži večinoma na nepropustnem flišu, ki prekriva večino porečja. Šibek podzemni tok vode je prisoten v spodnjem ravninskem delu porečja, kjer se voda giblje proti strugi reke. Vodonosnik se ob koncu doline stika tudi s slano vodo.



Slika 3.10: Geologija in hidrogeologija porečja reke Dragonje (Geološka karta ..., 2010)

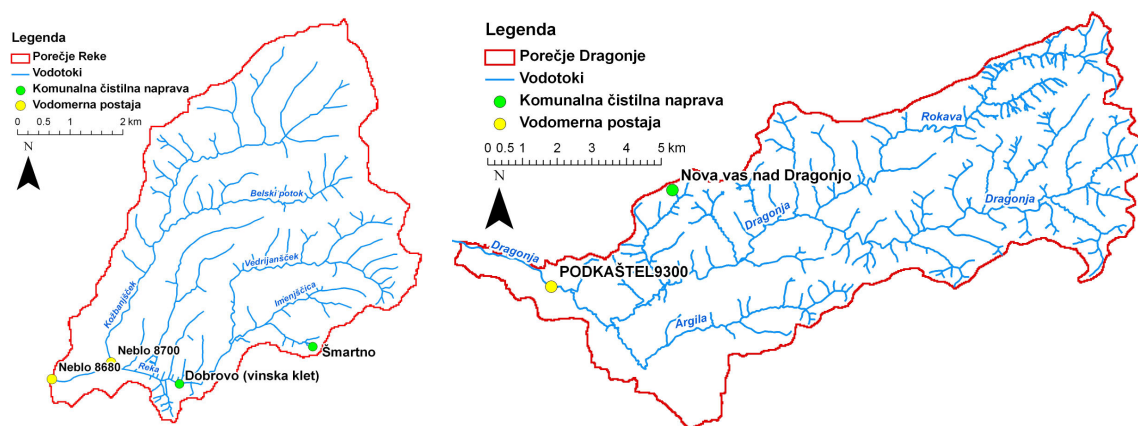
Figure 3.10: Geology and hydrogeology of the river Dragonja catchment (Geološka karta ..., 2010)

3.1.3 Hidrologija

Zaradi nepropustne flišne geološke podlage je rečno omrežje obeh območij zelo razvejano (slika 3.11). Podzemne vode praktično ni. Značaj rek je hudourniški in mediteranski. Kar pomeni, da se ob večjih nalivih zaradi nepropustnosti tal tvori hiter površinski odtok, ki hitro napolni struge, in da ob poletnih sušnih obdobjih reke in potoki presahnejo oz. tečejo pod površjem rečne struge. Obe porečji zaznamujeta obsežni rečni mreži, ki jih dodatno dopolnjujejo še melioracijski jarki. V porečju Reke je tako dolga 75,86 km in v porečju Dragonje 268,29 km z glavnimi melioracijskimi jarki oz. 194,64 km brez glavnih melioracijskih jarkov.

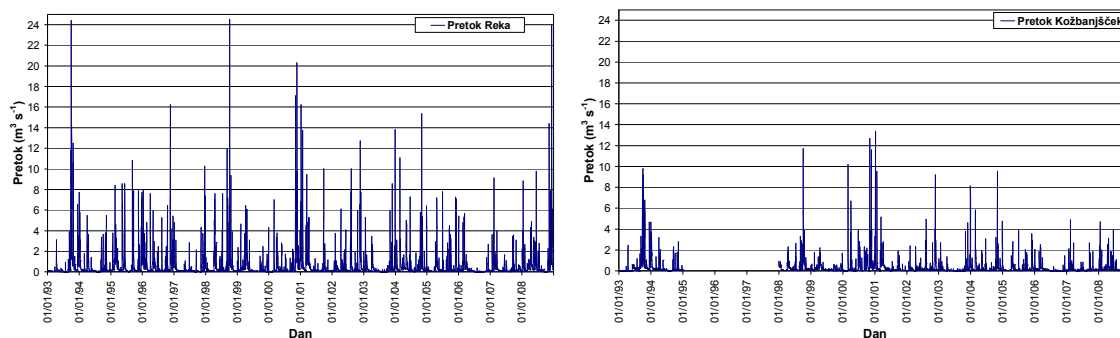
Hidrograma reke Reke in Kožbanjščka kažeta na visoke pretoke (povprečen pretok v novembru $0,975 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in maksimalni izmerjen pretok v oktobru 1998 $24,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) v jesensko zimskem času (okt.–jan.) in delno spomladi (apr.) ter na izredno nizke v poletnem času (slika 3.12, preglednica 3.3).

Hidrogram Dragonje je nekoliko drugačen. Najvišje pretoke beležimo od pozne jeseni do sredine pomladi (nov.–apr.), povprečen pretok v januarju $1,406 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ in maksimalni izmerjen pretok v oktobru 1993 ($64,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), a v poletnem času so pretoki Dragonje nižji kot Reke (slika 3.13). Preko maksimalnih pretokov se opazi hudourniški značaj obeh porečij, saj se povprečni pretoki močno razlikujejo od maksimalnih (preglednica 3.3, preglednica 3.4). Zanimivo je tudi, da kljub temu, da je porečje Dragonje trikrat večje od porečja Reke, maksimalni pretoki Reke pogosto dosegajo podobne vrednosti kot maksimalni pretoki Dragonje. Vzrok temu je verjetno v bistveno večji količini padavin na območju reke Reke.



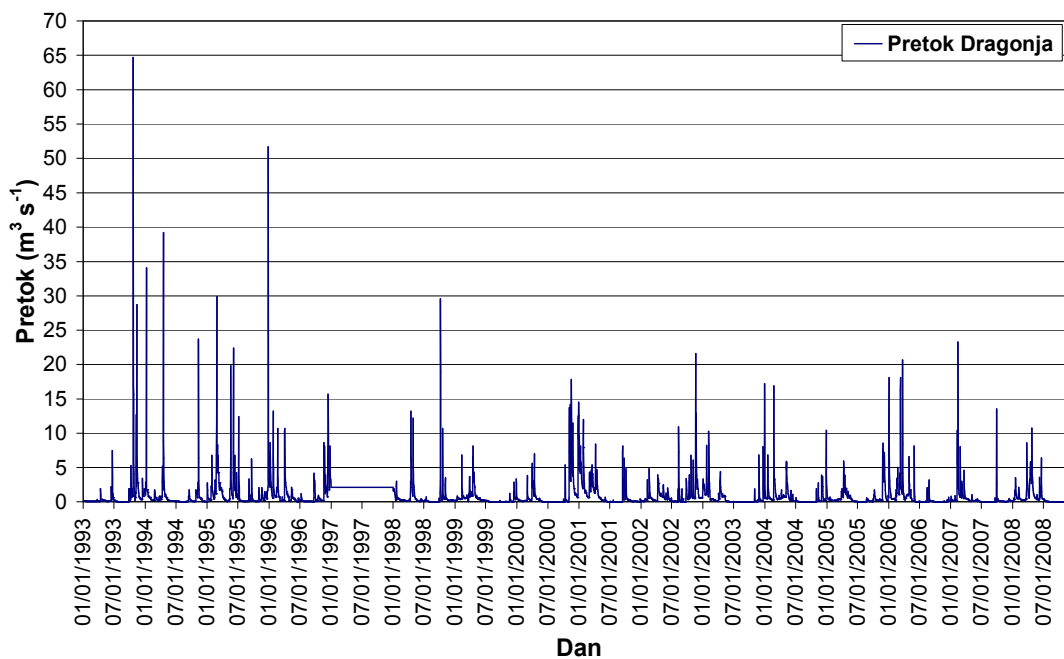
Slika 3.11: Rečna mreža rek Reke in Dragonje, hidrološke postaje in čistilne naprave

Figure 3.11: Drainage network of the rivers Reka and Dragonja, hydrological stations and sewage treatment plants



Slika 3.12: Hidrogram reke Reke in njenega pritoka Kozbanjščka – Neblo za obdobje 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.12: Hydrogram of the river Reka and its tributary Kozbanjšček – Neblo for the period 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)



Slika 3.13: Hidrogram reke Dragonje – Podkaštel za obdobje 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.13: Hydrogram of the river Dragonja – Podkaštel for the period 1993–2008 (Hidrološki podatki ARSO, 2009)

Preglednica 3.3: Povprečni in maksimalni letni in mesečni pretoki ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reki Reko in Kožbanjšček
Table 3.3: Average and maximum annual and monthly flows ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the rivers Reka and Kožbanjšček

<i>Reka</i>						<i>Kožbanjšček</i>					
Leto	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Mesec	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Leto	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Mesec	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	
	Povp.	Maks.		Povp.	Maks.		Povp.	Maks.		Povp.	Maks.
1993	0,746	24,4	1	0,765	16,2	1993	0,523	9,7	1	0,408	13,4
1994	0,423	7,7	2	0,514	11,1	1994	0,259	4,7	2	0,222	5,8
1995	0,851	10,8	3	0,516	9,4	-	-	-	3	0,316	10,2
1996	0,770	16,3	4	0,805	7,6	-	-	-	4	0,423	6,7
1997	0,354	10,3	5	0,465	8,6	-	-	-	5	0,168	1,9
1998	0,774	24,5	6	0,336	9,8	1998	0,396	11,7	6	0,174	3,9
1999	0,412	6,4	7	0,192	7,8	1999	0,206	2,2	7	0,171	3,9
2000	0,717	20,3	8	0,189	10,0	2000	0,515	12,7	8	0,127	4,9
2001	0,665	16,2	9	0,539	11,9	2001	0,369	13,4	9	0,317	8,2
2002	0,558	12,7	10	0,876	24,5	2002	0,274	9,2	10	0,543	11,7
2003	0,433	13,8	11	0,974	20,3	2003	0,208	8,1	11	0,468	12,7
2004	0,679	15,3	12	0,859	24,0	2004	0,358	9,5	12	0,417	10,5
2005	0,487	7,8	Skupaj	0,585	24,5	2005	0,230	3,9	Skupaj	0,313	13,4
2006	0,277	5,7				2006	0,133	2,5			
2007	0,341	9,1				2007	0,154	4,9			
2008	0,877	24,0				2008	0,446	10,5			
Skupaj	0,585	24,5				Skupaj	0,303	13,4			

Preglednica 3.4: Povprečni in maksimalni letni in mesečni pretoki ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo
Table 3.4: Average and maximum annual and monthly flows ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Dragonja

<i>Dragonja</i>					
Leto	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)		Mesec	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	
	Povp.	Maks.		Povp.	Maks.
1993	0,881	64,7	1	1,406	34,1
1994	0,789	39,2	2	1,185	29,9
1995	1,523	51,7	3	1,123	20,7
1996	1,215	15,7	4	1,609	39,2
1998	0,728	29,6	5	0,688	19,8
1999	0,515	8,2	6	0,455	22,4
2000	1,058	17,8	7	0,119	12,4
2001	1,129	12,0	8	0,124	10,9
2002	0,972	21,6	9	0,306	13,5
2003	0,644	17,2	10	0,734	64,7
2004	0,728	16,9	11	1,362	28,7
2005	0,609	8,6	12	1,383	51,7
2006	0,897	20,7	Skupaj	0,872	64,7
2007	0,501	23,3			
2008	0,885	20,1			
Povprečje	0,872	64,7			

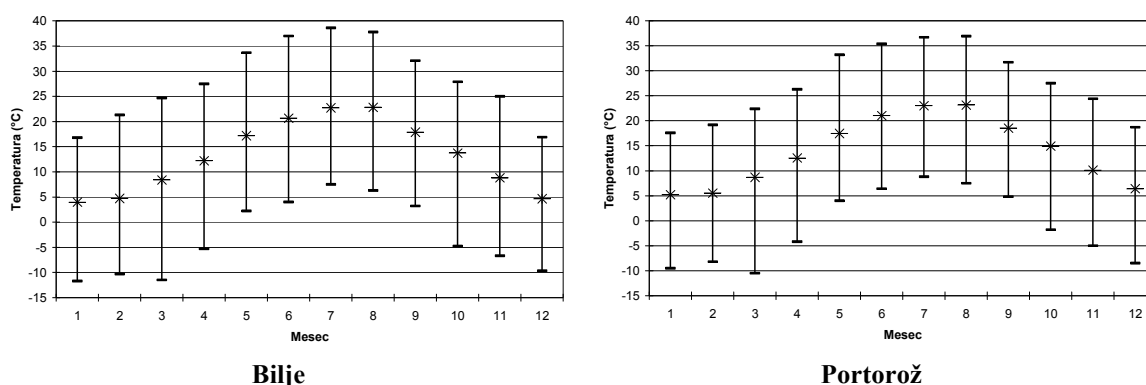
3.1.4 Podnebje

Za obe območji je značilno submediteransko podnebje, saj se območji geografsko razprostirata v Sredozemlju in sta jugozahodno usmerjeni proti Jadranskemu morju in tako neposredno izpostavljeni njegovim vplivom (sončno, toplo podnebje). Zaradi tega povprečna mesečna temperatura nikoli v letu ne pade pod 0 °C. Jugozahodni vetrovi tako dovajajo tople in vlažne zrak, ki se v primeru Goriških Brd nad Furlansko nižino še dodatno ogreje, medtem ko za primerne temperature v Istri skrbi morje. Burja se v obeh območjih pojavlja a ni tako izrazita kot v Vipavski dolini. Zaradi izredne bližine podnebne ločnice sta obe območji (še posebno Goriška Brda) izpostavljeni vdorom hladnejšega zraka in nevarnosti spomladanske pozebe.

Temperatura

Tipičnost submediteranskega podnebja se kaže tudi v temperaturi izmerjeni na najbližjih vremenskih postajah. Na postaji Bilje (porečje Reke) je bila tako povprečna letna temperatura za obdobje 1991–2009 13,3 °C z maksimalno doseženo 38,6 °C (julij) in minimalno doseženo –11,7 °C (januar) (Preglednica 3.5). V povprečnem letu je bila najnižja povprečna mesečna temperatura izmerjena v januarju 4 °C in najvišja v avgustu 22,8 °C. Temperature, ki lahko dosežejo tudi do –5 °C, so bile izmerjene tudi v mesecih oktobru in aprilu, ko je še posebno velika nevarnost pozebe.

Na postaji Portorož (porečje Dragonje) je bila povprečna letna temperatura za obdobje 1991–2009 14,1 °C z maksimalno doseženo 36,9 °C (avgust) in minimalno doseženo –10,5 °C (marec) (Preglednica 3.6). V povprečju je bila najnižja povprečna mesečna temperatura izmerjena v januarju 5,2 °C in najvišja v avgustu 23,2 °C. Temperature lahko dosežejo negativne vrednosti tudi v oktobru in aprilu (slika 3.14).



Slika 3.14: Povprečna, maksimalna in minimalna mesečna temperatura (°C) za Bilje in Portorož v obdobju apr. 1991 – avg. 2009 (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.14: The average, maximum and minimum monthly temperatures (°C) for the Bilje and Portorož in the period April 1991–August 2009 (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Preglednica 3.5: Povprečna, maksimalna in minimalna temperatura (°C) za vremenski postaji Bilje in Portorož v obdobju april 1991–avgust 2009

Table 3.5: Average, maximum and minimum temperatures (°C) of the weather station Bilje and Portorož in the period April 1991 – August 2009

<i>Bilje</i>					
Mesec	Tpovp. °C	Tpovp.maks. °C	Tmax °C	Tpovp.min. °C	Tmin °C
1	4,0	8,1	16,8	−0,2	−11,7
2	4,7	9,9	21,3	−0,5	−10,3
3	8,4	13,8	24,7	3,0	−11,5
4	12,2	17,8	27,5	6,6	−5,3
5	17,2	23,1	33,7	11,2	2,2
6	20,7	26,7	37,0	14,6	4
7	22,7	29,2	38,6	16,3	7,5
8	22,8	29,3	37,8	16,3	6,3
9	17,9	23,7	32,1	12,0	3,2
10	13,7	18,6	27,9	8,8	−4,8
11	8,8	13,1	25,0	4,5	−6,7
12	4,7	8,8	16,9	0,6	−9,7
Skupaj	13,3	18,7	38,6	7,9	−11,7
<i>Portorož</i>					
Mesec	Tpovp. °C	Tpovp.maks. °C	Tmax °C	Tpovp.min. °C	Tmin °C
1	5,2	9,1	17,6	1,3	−9,5
2	5,5	10,2	19,2	0,8	−8,2
3	8,7	13,8	22,4	3,6	−10,5
4	12,5	17,7	26,3	7,4	−4,2
5	17,5	23,1	33,2	11,8	4,0
6	21,0	26,8	35,4	15,3	6,4
7	23,0	29,1	36,7	16,9	8,8
8	23,2	29,2	36,9	17,1	7,5
9	18,5	24,0	31,7	13,1	4,8
10	14,9	19,6	27,5	10,3	−1,8
11	10,1	14,1	24,4	6,1	−5,0
12	6,4	10,2	18,7	2,6	−8,5
Skupaj	14,1	19,1	36,9	9,0	−10,5

Padavine

Količina padavin se med obema porečjema močno razlikuje, v nekaterih letih tudi za 800 mm, sicer pa je povprečna letna razlika 400 mm. V Biljah je bila povprečna letna količina padavin v obdobju 1992–2008 1397 mm, z maksimalno količino 1871 mm (1996) in minimalno količino 904 mm (2006) (preglednica 3.6, slika 3.15). V povprečju pade največ padavin v jesenskem obdobju (sept.–nov.) z maksimumom v septembru (184 mm) in najmanj v zimskem obdobju (jan.–marec) z minimumom v februarju (61 mm). V tem obdobju je bila najnižja zabeležena mesečna količina padavin 0 mm (februar 1998) in najvišja 432 mm (september 1993).

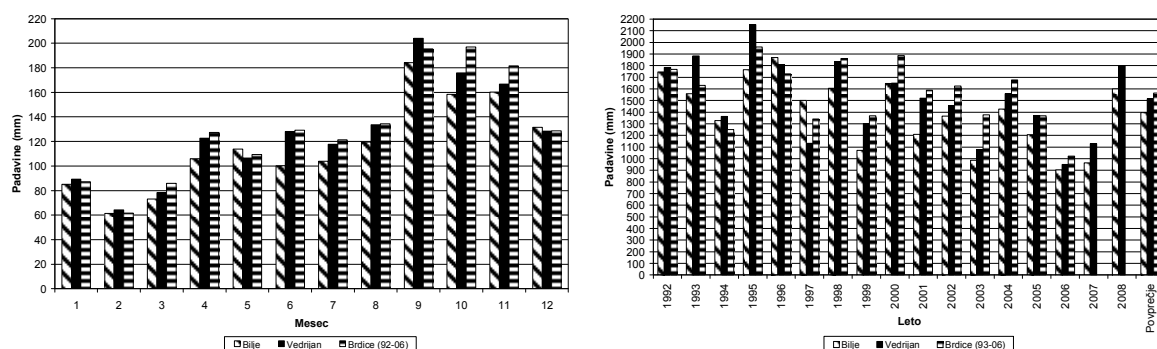
V Portorožu je bila povprečna letna količina padavin v obdobju 1993–2008 930 mm z maksimalno količino 1204 mm (2002) in minimalno količino 753 mm (2007) (preglednica

3.7, slika 3.16). V povprečju pade največ padavin v jesenskem obdobju (sept.–nov.), z maksimumom v septembru (130 mm) in najmanj v zimskem obdobju (jan.–marec) z minimumom v marcu (47 mm). V tem obdobju je bila najnižja zabeležena mesečna količina padavin 0 mm (marec 2002) in najvišja 325 mm (avgust 2006). Povprečne letne padavine za vse postaje za raziskovalno obdobje in posebej za kalibracijo in validacijo modela so podane v prilogi A1.

Preglednica 3.6: Povprečne mesečne in letne padavine (mm) za merilno postajo Bilje (1992–2008)

Table 3.6: Average monthly and annual rainfall (mm) for gauging station Bilje (1992–2008)

Leto	Padavine (mm)												Skupaj
	mesec												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1992	38	37	139	122	119	136	196	71	212	309	165	204	1746
1993	12	16	44	104	19	138	84	108	432	349	82	171	1558
1994	187	43	26	151	156	55	47	96	245	186	77	59	1328
1995	102	218	147	41	232	223	48	174	174	13	157	236	1764
1996	184	124	1	124	235	147	117	83	180	181	316	180	1871
1997	169	14	21	58	107	133	201	131	204	59	214	190	1501
1998	36	0	16	247	95	97	184	123	361	343	62	40	1604
1999	48	51	82	173	113	86	45	90	99	114	51	119	1072
2000	2	11	138	81	151	78	147	28	150	162	559	140	1647
2001	213	7	210	90	64	91	115	9	282	63	44	24	1211
2002	30	80	10	85	110	120	62	342	118	156	215	38	1365
2003	70	33	1	89	33	36	35	91	73	161	214	150	986
2004	67	137	38	81	145	142	29	120	101	310	101	153	1426
2005	17	11	79	149	64	54	103	207	187	60	150	126	1207
2006	76	80	125	54	104	18	14	205	34	18	95	81	904
2007	74	136	61	4	99	59	90	84	208	85	28	37	964
2008	121	45	107	151	91	89	245	73	71	124	194	291	1601
Povprečje	85	61	73	106	114	100	104	120	184	158	160	132	1397



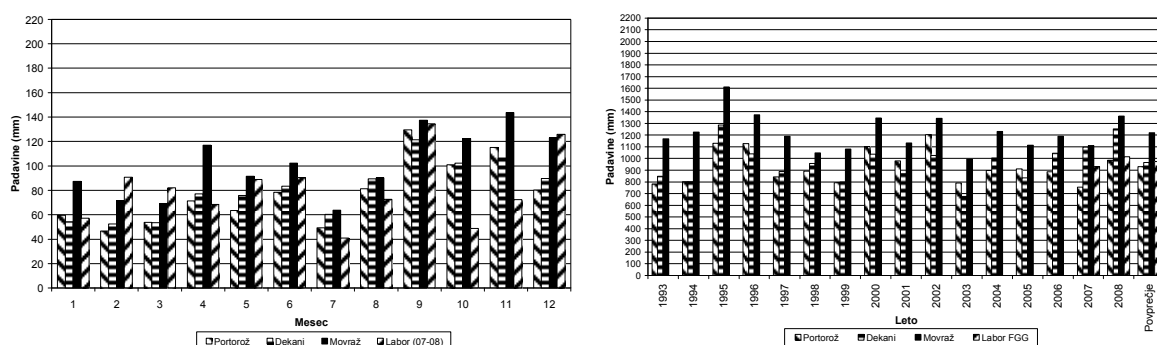
Slika 3.15: Povprečne mesečne padavine (mm) in skupna letna količina padavin (mm) za postaje Bilje, Vedrijan (1992–2008) in Brdica (1992–2006) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.15: Average monthly rainfall (mm) and total annual rainfall (mm) for the gauging station Bilje, Vedrijan (1992–2008) and Brdica (1992–2006) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Preglednica 3.7: Povprečne mesečne in letne padavine (mm) za merilno postajo Portorož (1993–2008)

Table 3.7: Average monthly and annual rainfall (mm) for the gauging station Portorož (1993–2008)

Leto	Padavine (mm)												Skupaj
	mesec												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1993	1	6	46	30	4	98	31	54	156	195	131	32	783
1994	59	34	25	128	44	30	13	107	146	86	93	36	801
1995	77	120	129	9	121	188	43	58	131	53	67	133	1129
1996	93	70	6	83	107	74	57	55	256	70	138	118	1127
1997	130	4	36	50	29	76	90	45	37	19	209	117	842
1998	21	1	1	134	40	80	99	57	141	219	58	40	891
1999	32	41	48	96	70	109	28	29	44	89	112	97	794
2000	8	13	79	65	71	14	100	11	91	241	296	115	1103
2001	168	17	121	43	51	121	30	5	302	55	40	26	979
2002	24	79	0	131	87	138	59	147	240	129	141	31	1204
2003	94	53	4	82	22	48	17	31	123	99	119	100	790
2004	47	86	51	53	97	40	74	41	65	161	58	123	898
2005	18	23	63	77	63	57	63	152	71	88	153	83	910
2006	85	50	111	50	105	5	19	325	17	22	51	46	887
2007	44	121	53	2	50	50	21	80	234	59	14	26	753
2008	53	29	90	109	53	127	46	103	20	31	163	161	984
Povprečje	60	47	54	71	63	78	49	81	130	101	115	80	



Slika 3.16: Povprečne mesečne padavine (mm) za padavinske postaje Portorož, Movraž, Dekani (1993–2008) in Labor (2007–2008) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.16: Average monthly rainfall (mm) for gauging stations Portorož, Movraž, Dekani (1993–2008) and Labor (2007–2008) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

V analizo in v kasnejše modeliranje smo vključili tudi podatke o padavinah, ki jih je posnel radar. Iz Agencije za okolje smo pridobili mrežo podatkov (1 km × 1 km) za obdobje januar 2007 – avgust 2009. Te podatke smo nato prekrili s sliko podporečij uporabljenih v modelu. Količino padavin za posamezna podporečja smo izračunali tako, da smo v nabor za izračun padavin vključili vse tiste točke iz mreže, ki so ležale znotraj porečja in vse točke, ki so bile oddaljene 1 km. Iz teh točk smo za vsako podporečje v porečju izračunali povprečno vrednost in jo lokacijsko namestili v sredo podporečja. Tako izračunane vrednosti smo nato prilagodili glede na podatke lokalnih postaj, saj radar, ki je pozicioniran na Lisci, težko pravilno določi količino padavine v tako oddaljenih krajih, kar je potrdil tudi Demšar (2005). Ugotovil je tudi, da je bil radarski izplen dnevnih podatkov (144 meritev dan⁻¹) v letu 2004 le v 281 dneh od 366 dni popoln, skupno je bil radarski izplen 96,8 %. Demšar (2005) podrobno opisuje, kako ovrednotiti odstopanje med

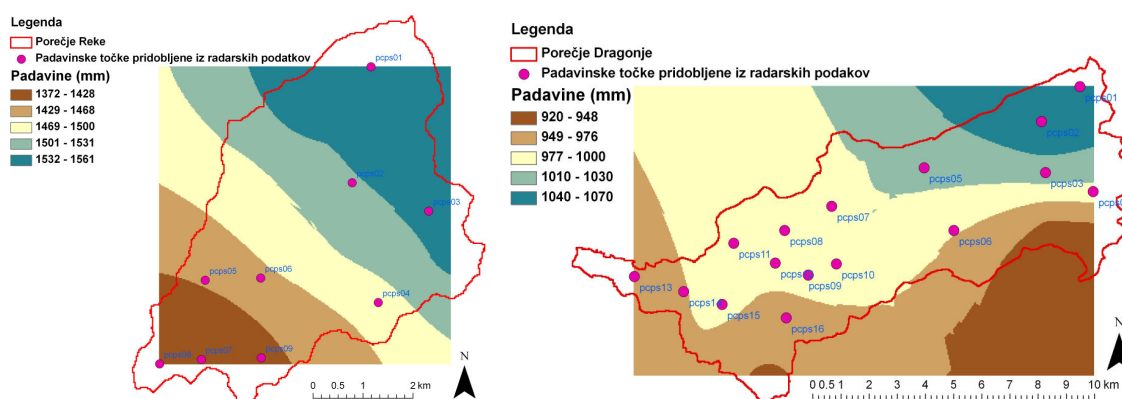
radarskimi meritvami (RR_{radar}) in pluviometerskimi padavinami ($RR_{pluviometer}$), kjer se je oprl na več virov v literaturi (Koistinen, 1981; Gjertsen, 2004). Tako za vpeljavo razmerja (β) med radarjem in pluviometrom priporoča enačbo 1. Pojasniti je treba tudi nekatere geografske in druge spremenljivke ($x_1, \dots, x_n$), ki ovirajo meritve (enačba 2), ker le tako lahko dobimo dokončno popravljene radarske padavine (enačba 3)

$$\beta = \frac{RR_{radar}}{RR_{pluviometer}} \cdot 100\% \quad \dots (1)$$

$$\beta = f(x_1, \dots, x_n) \quad \dots (2)$$

$$RR_{popravljen o} = \frac{RR_{radar}}{\beta} \cdot 100\% \quad \dots (3)$$

Manjkajoče podatke, ko radar ni meril, smo nadomestili s podatki iz najbližje padavinske postaje. Padavine v porečju reke Reke smo uravnali glede na postajo Vedrijan, ki leži v porečju in v porečju Dragonje glede na postajo Labor, ki leži sredi porečja in za katero smo podatke pridobili na FGG. Tako smo najprej poiskali radarsko točko, ki je geografsko najbližje pluviometerski postaji oz. leži točno na njej. Med pluviometersko in radarsko točko smo nato izračunali razmerje (β), s katerim smo pomnožili povprečno vrednost za vsako podporečje in tako pridobili končne vrednosti ($RR_{popravljen o}$), ki imajo zelo dobro linearno korelacijo med pluviometerskimi in popravljenimi radarskimi podatki. Po korekciji radarskih podatkov s pluviometerskimi, je korelacija med postajo Vedrijan in Labor ter njunima sosednjima podporečjema dosegla $R^2 = 0,96$ in $0,90$. Mrežo 9 padavinskih točk za Reko in 16 za Dragonjo smo nato interpolirali in tudi grafično prikazali gibanje količine padavin (Slika 3.17). V kratkem obdobju (jan. 2007 – avg. 2009) se je povprečna letna količina padavin v porečju Reke gibala med 1372 mm (vznožje JZ) in 1561 mm (najvišji predeli SV). V porečju Dragonje se je količina padavin gibala od 920 mm v hrvaškem delu porečja na skrajnem jugu do 1070 mm na skrajnem bolj hribovitem SV delu porečja.



Slika 3.17: Grafična razporeditev povprečnih letnih padavin iz radarske slike padavin za raziskovalni območji (jan. 2007 – avg. 2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.17: Graphical distribution of average annual rainfall from radar images of precipitation for the research areas (Jan. 2007 – Avg. 2008) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

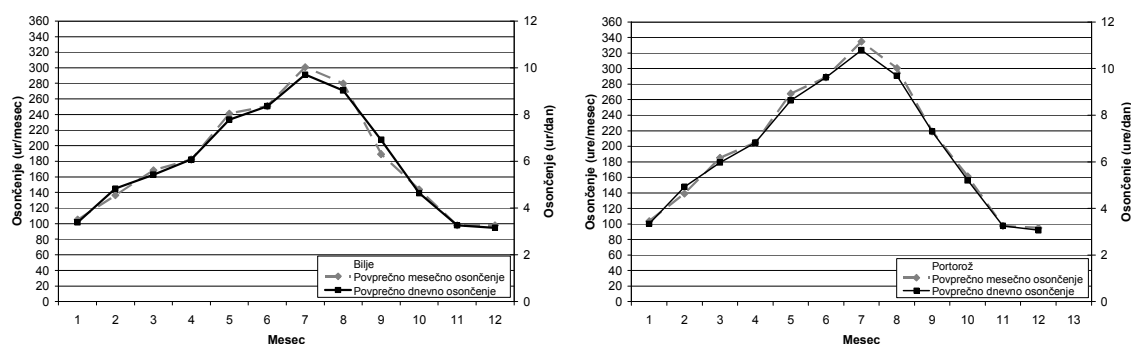
Evapotranspiracija in sončno obsevanje

Povprečno število ur sončnega obsevanja za postajo Bilje v raziskovalnem obdobju 1992–2009 je 184 ur na mesec in 6,1 uro na dan (preglednica 3.8, slika 3.18). Najbolj osončen mesec je julij z 300,9 ure na mesec in povprečno 9,7 ure na dan. Povprečno število ur sončnega obsevanja za postajo Portorož je 199,7 mesečno in 6,6 ur na dan. Najbolj osončen mesec je s 334,5 urami na mesec in povprečno 10,8 urami na dan julij.

Preglednica 3.8: Povprečne sončne ure na mesec in dan za postaji Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009)

Table 3.8: Average sunshine hours per month and day for the station Bilje (1991–2009) and Portorož (1992–2009)

Bilje			Portorož		
Mesec	Povprečno osončenje ur/mesec	ur/dan	Mesec	Povprečno osončenje ur/mesec	ur/dan
1	105,0	3,4	1	103,6	3,3
2	136,4	4,8	2	139,1	4,9
3	168,4	5,4	3	185,1	6,0
4	182,2	6,1	4	204,7	6,8
5	241,2	7,8	5	267,7	8,6
6	250,8	8,4	6	288,8	9,6
7	300,9	9,7	7	334,5	10,8
8	279,9	9,0	8	300,5	9,7
9	189,2	6,9	9	219,1	7,3
10	143,8	4,6	10	161,4	5,2
11	97,7	3,3	11	97,5	3,2
12	97,6	3,1	12	95,0	3,1
Povprečje	184,3	6,1	Povprečje	199,7	6,6



Slika 3.18: Sončne ure za Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

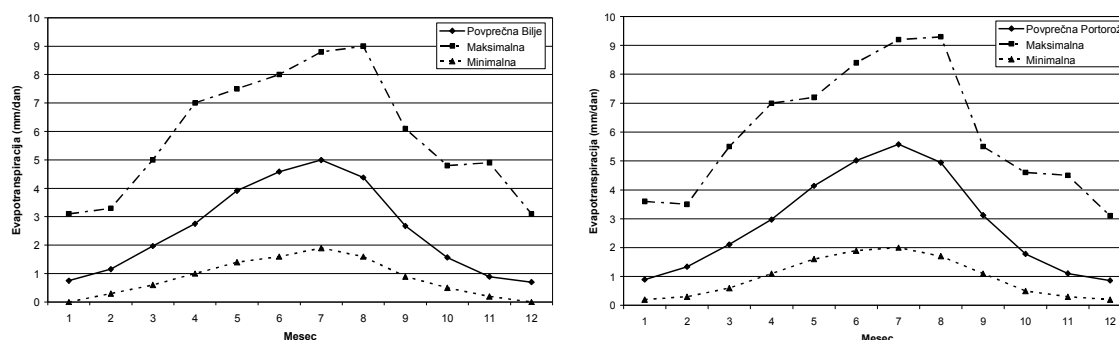
Figure 3.18: Sunshine hours for the Bilje (1991–2009) and Portorož (1992–2009)
(Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Povprečna dnevna evapotranspiracija (ET) za postajo Bilje v raziskovalnem obdobju 1992–2009 je 2,5 mm na dan z najvišjo povprečno ET v avgustu (5 mm dan^{-1}), ko maksimalna ET doseže tudi 9 mm dan^{-1} (preglednica 3.9, slika 3.19). Povprečna dnevna ET za postajo Portorož je 2,8 mm na dan z najvišjo povprečno ET v avgustu ($5,6 \text{ mm dan}^{-1}$), ko maksimalna ET doseže tudi $9,3 \text{ mm dan}^{-1}$.

Preglednica 3.9: Povprečna dnevna evapotranspiracija (ET) za postaji Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009)

Table 3.9: Average daily evapotranspiration (ET) for the stations Bilje (1991–2009) and Portorož (1992–2009)

Bilje				Portorož			
Evapotranspiracija (mm dan⁻¹)				Evapotranspiracija (mm dan⁻¹)			
Mesec	Povp.	Maks.	Min.	Mesec	Povp.	Maks.	Min.
1	0,7	3,1	0,0	1	0,9	3,6	0,2
2	1,2	3,3	0,3	2	1,3	3,5	0,3
3	2,0	5,0	0,6	3	2,1	5,5	0,6
4	2,8	7,0	1,0	4	3,0	7	1,1
5	3,9	7,5	1,4	5	4,1	7,2	1,6
6	4,6	8,0	1,6	6	5,0	8,4	1,9
7	5,0	8,8	1,9	7	5,6	9,2	2,0
8	4,4	9,0	1,6	8	4,9	9,3	1,7
9	2,7	6,1	0,9	9	3,1	5,5	1,1
10	1,6	4,8	0,5	10	1,8	4,6	0,5
11	0,9	4,9	0,2	11	1,1	4,5	0,3
12	0,7	3,1	0,0	12	0,9	3,1	0,2
Povprečje	2,5	5,9	0,8	Povprečje	2,8	6,0	1,0

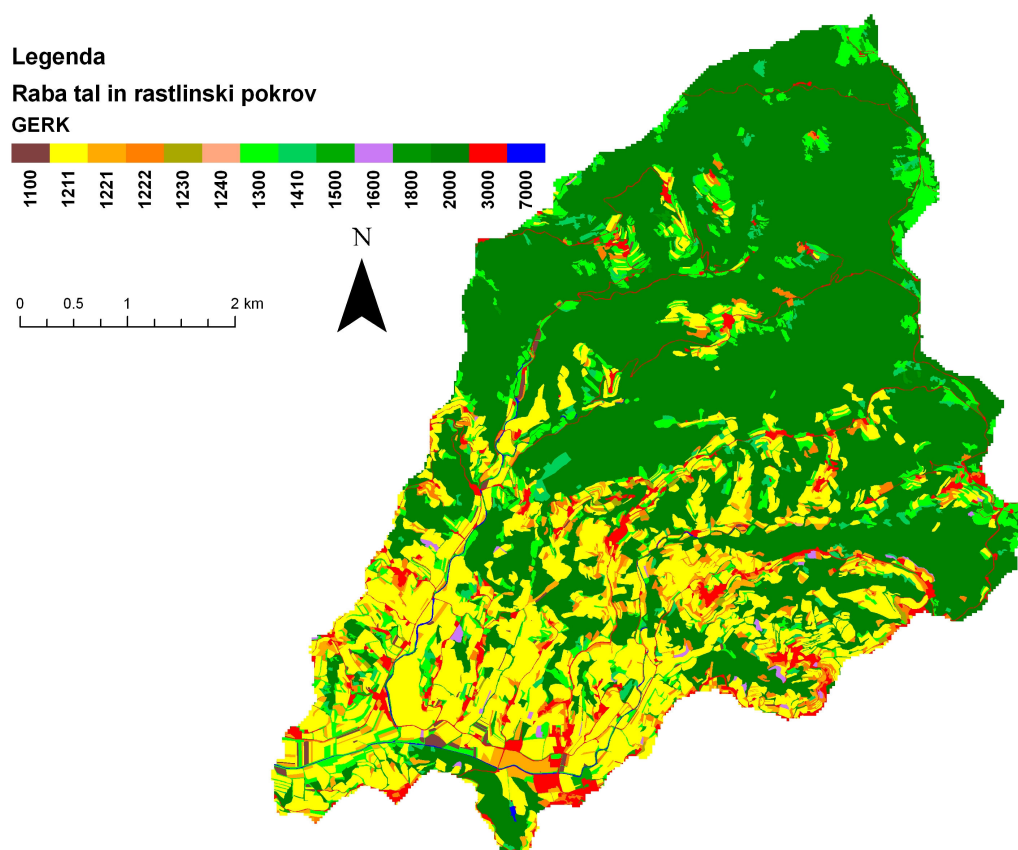


Slika 3.19: Povprečna, minimalna in maksimalna evapotranspiracija (Penman Monteith) za Bilje (1991–2009) in Portorož (1992–2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

Figure 3.19: Average, minimum and maximum annual evapotranspiration (Penman Monteith) for the Bilje (1991–2009) and Portorož (1992–2009) (Meteorološki podatki ARSO, 2009)

3.1.5 Raba zemljišč in obdelovanje tal

Po podatkih baze grafičnih enot rabe kmetijskih gospodarstev (GERK) za območje porečja reke Reke v Goriških Brdih kar več kot 56 % površine prekriva gozd, ki je zaradi vrstne sestave ekonomsko nezanimiv in se v večini primerov izkorišča le za lesno biomaso in končne stebričke v vinogradih. Vinogradi z več kot 23 % zasedajo drugo mesto (Slika 3.20, Preglednica 3.10). Tretji po površini so trajni travniki (7,5 %), sledijo jim urbana območja (4,1 %) in ekstenzivni (2,97 %) ter intenzivni (1,8 %) sadovnjaki. Gozd v večini primerov porašča strme in senčne (S, SZ, SV) predele ter višje nadmorske višine, ki so neprimerni za vinogradništvo, ki potrebuje južne sončne lege, kjer strmost teh leg premagujejo s terasami. Ekstenzivni sadovnjaki so v večini primerov nasajeni s češnjami in oljkami in intenzivni sadovnjaki z breskvami. Travniki se v večini primerov nahajajo v severnih delih porečja na višjih in vetru bolj izpostavljenih legah.



Slika 3.20: Raba zemljišč in rastlinski pokrov porečja reke Reke (Grafičnih podatki RABA..., 2009)
Figure 3.20: Land use and vegetation cover in the river Reka catchment (Grafični podatki RABA..., 2009)

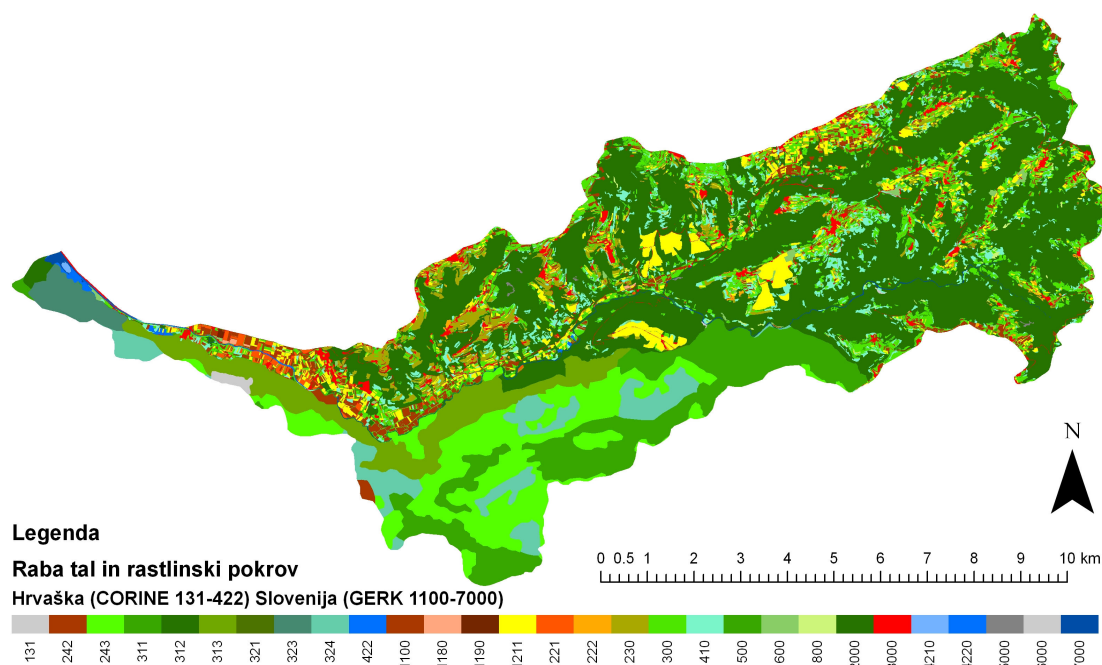
Preglednica 3.10: Raba zemljišč v porečju reke Reke.

Table 3.10: Land use in the river Reka catchment.

Raba (GERK 2009)		Površina		
Šifra	Naziv	km ²	ha	%
1100	Njive in vrtovi	0,13	12,9	0,43
1211	Vinograd	6,85	684,6	22,86
1221	Intenzivni sadovnjak	0,55	54,6	1,82
1222	Ekstenzivni sadovnjak	0,89	88,9	2,97
1230	Oljčnik	0,08	7,5	0,25
1240	Ostali trajni nasadi	0,00	0,2	0,01
1300	Trajni travnik	2,26	226,0	7,54
1410	Kmetijska zemljišča v zaraščanju	0,52	51,8	1,73
1500	Drevesa in grmičevje	0,38	38,2	1,27
1600	Neobdelana kmetijska zemljišča	0,09	9,4	0,31
1800	Kmet. zemlj. poraslo z gozd. drevjem	0,03	2,6	0,09
2000	Gozd	16,88	1687,6	56,34
3000	Pozidano in sorodno zemljišče	1,24	123,8	4,13
7000	Voda	0,07	7,1	0,24
Celotno porečje		29,95	2995,3	100

Opis rabe zemljišč na območju porečja Dragonje je zaradi različnih načinov zajema podatkov razdeljen na slovenski in hrvaški del (slika 3.21, preglednica 3.11). Na hrvaškem delu, ki je povzet po CORINE 2000 prevladujejo različne oblike gozda (51,2 %), h katerim lahko prištejemo tudi 13,58 % območja, ki ga prekrivajo drevesa, grmičevje in zaraščanje.

Kmetijska območja (njive, travniki in vinogradi, ki se prepletajo z naravno vegetacijo) prekrivajo 29,28 % območja. V slovenskem delu enako prevladuje gozd (58,78 %), sledijo trajni travniki (12,77 %), vinogradi (6 %), zaraščanje (5,9 %), njive (4 %), pozidana območja (3,58 %) in oljčniki (3,5 %). Tudi tu je gozd (submediteranski), ki je manj kakovosten in primeren le za lesno biomaso. Če strnemo celotno območje porečja Dragonje, ga kar 63 % prekriva gozd. V preteklosti je gozd zasedal le senčne S in SV in zelo strme lege. Zaradi težav v lastniški strukturi se je območje zaraščanja močno razširilo tudi na sončne in ravninske lege. Na območju je le nekaj večjih strnjenih območij vinogradov, a z razreševanjem lastništva se večajo tudi ostali kompleksi. Vinogradi in oljčniki so nasajeni večinoma na večjih položnih policah in terasah na južni strani grebenov. Večji ravninski kompleksi v zadnjem delu doline so prav tako zaznamovani z razdrobljeno lastniško strukturo, ki slabi moč kmetijstva.



Slika 3.21: Raba zemljišč in rastlinski pokrov porečja reke Dragonje (Grafičnih podatki RABA..., 2009; CORINE..., 2009).

Figure 3.21: Land use and vegetation cover in the river Dragonja catchment (Grafičnih podatki RABA..., 2009; CORINE..., 2009).

Najbolj razširjen kmetijsko okoljski ukrep iz sheme plačil Programa razvoja podeželja je integrirana pridelava grozdja in vina (IVG). Preglednica 3.12 prikazuje odobrena plačila za leto 2008 za območje porečja Reke, kjer je razvidno, da je podukrep IVG uveljavljan na preko 45 % vseh GERK in je prisoten v obeh oblikah (KOP ali SKOP) na 48 % vseh zemljiščih v uporabi (GERK).

Preglednica 3.11: Raba zemljišč v porečju reke Dragonje

Table 3.11: Land use in the river Dragonja catchment

		Raba	Površina		
Šifra		Naziv	km ²	ha	%
Hrvaška (CORINE 2000)	131	Območja peskopopov, gradbišč	0,2	19,6	0,68
	242	Kompleksni obdelovalni vzorci	0,2	21,4	0,74
	243	Kmet. območje z visokim % naravne veg.	8,4	842,8	29,28
	311	Listopadni gozd	9,3	927,1	32,20
	312	Iglasti gozd	0,2	23,4	0,81
	313	Mešani gozd	5,2	524,4	18,22
	321	Naravno travinje	0,0	0,8	0,03
	323	Vegetacija odporna na sušo	1,3	128,1	4,45
	324	Drevesa in grmičevje, zaraščanje	3,9	390,9	13,58
	422	Morska slana mokrišča	0,0	0,3	0,01
Skupaj			28,8	2878,8	100,0
Slovenija (GERK 2009)	1100	Njiva in vrt	3,0	302,0	4,21
	1180	Trajne rastline na njivskih površinah	0,0	4,8	0,07
	1190	Rastlinjak	0,0	2,6	0,04
	1211	Vinograd	4,4	443,4	6,18
	1221	Intenzivni sadovnjak	0,4	40,7	0,57
	1222	Ekstenzivni sadovnjak	0,6	62,0	0,86
	1230	Oljčnik	2,5	254,3	3,54
	1300	Trajni travnik	9,2	916,6	12,77
	1410	Kmetijsko zemljišče v zaraščanju	4,3	425,2	5,92
	1500	Drevesa in grmičevje	1,2	115,4	1,61
	1600	Neobdelano kmetijsko zemljišče	0,4	38,5	0,54
	1800	Kmetijsko zemljišče poraslo z gozdnim drevjem	0,2	24,6	0,34
	2000	Gozd	42,2	4219,2	58,78
	3000	Pozidano in sorodno zemljišče	2,6	257,1	3,58
	4210	Trstičje	0,0	2,8	0,04
	4220	Ostalo zamočvirjeno zemljišče	0,2	23,8	0,33
	5000	Suho odprto zemlj., s posebnim rast. pokrov.	0,0	5,0	0,07
	6000	Odprto zemlj. brez ali z nepomemb. rast. pokrov.	0,0	1,4	0,02
	7000	Voda	0,4	38,7	0,54
Skupaj			71,8	7178,2	100
Celotno porečje			100,6	10057,0	100

Preglednica 3.12: Razširjenost kmetijsko okoljskih ukrepov programa razvoja podeželja v porečju reke Reke v letu 2008 (Kmetijsko okoljski..., 2008)

Table 3.12: Prevalence of agri-environmental measures rural development program for the river Reka catchment in 2008 (Kmetijsko okoljski..., 2008)

		Površina	
PRP ukrep	PRP podukrep	ha	%
KOP	EK	6,6	0,79
	IPS	9,1	1,09
	IVG	376,8	45,33
	REJ	5,1	0,62
KOP skupaj		397,5	47,83
SKOP	IVG	0,3	0,04
SKOP skupaj		0,3	0,04
Brez PRP ukrepov		433,3	52,13
Celotna površina kmetijskih zemljišč		831,1	100,00

KOP – kmetijsko okoljski program, SKOP – slovenski kmetijsko okoljski program, EK – ekološko kmetijstvo, IPS – integrirana pridelava sadja, IVG – integrirano vinogradništvo, REJ – sonaravna reja domačih živali

3.1.5.1 Ekstenzivna raba zemljišč

Vrst ekstenzivne rabe zemljišč je lahko toliko, kot je razredov rabe zemljišč. Glede na zahteve kmetijsko okoljskega program (Program..., 2009) lahko poleg podukrepa ekološke pridelave, ki sodi v svojo kategorijo vrste kmetovanja, uvrstimo še podukrepe ohranjanje ekstenzivnega travinja (ETA), ohranjanje ekstenzivnih kraških pašnikov (EKP), planinsko pašo (PP, PPP), travniške sadovnjake (TSA), ohranjanje posebnih traviščnih habitatov (HAM, MET), ohranjanje habitatov ptic vlažnih ekstenzivnih travnikov (VTR). PRP tako omogoča širok nabor podukrepov, ki jih je, razen ukrepa ETA in TSA možno izvajati le na okoljsko specifičnih zemljiščih.

Za izvajanje podukrepa ETA je med drugim treba zadostiti naslednjim zahtevam: obtežba z živino na kmetijskem gospodarstvu mora biti 0–0,5 GVŽ ha⁻¹ kmetijskih zemljišč v uporabi; kmetijsko gospodarstvo ne sme proizvajati presežkov živinskih gnojil; obvezna sta najmanj enkratna raba (paša ali košnja) in spravilo letno; košnja se izvaja v obdobju po polnem cvetenju glavnih vrst trav; uporaba mineralnih gnojil ni dovoljena; uporaba fitofarmacevtskih sredstev ni dovoljena.

Za izvajanje podukrepa TSA je med drugim treba zadostiti naslednjim zahtevam: potrebna je zatavljenost sadovnjakov z negovano ledino; izvajati kosno ali pašno rabo zatavljenih površin pod krošnjami dreves; vzdrževanje visokodebelnih travniških sadovnjakov, ki vključuje obnovo; v travniškem sadovnjaku mora biti najmanj 50 in največ 200 dreves ha⁻¹; travniški sadovnjak mora biti obvezno vpisan v evidenco pridelovalcev sadja v ekstenzivnih oziroma travniških sadovnjakih; obtežba na gospodarstvu ne sme preseči 1,9 GVŽ ha⁻¹ kmetijskih zemljišč v uporabi; kmetijsko gospodarstvo ne sme proizvajati presežkov živinskih gnojil; količina uporabljenega dušika iz mineralnih gnojil ne sme presegati 150 kg ha⁻¹ letno; fitofarmacevtska sredstva se uporabljajo na osnovi prognoze, kjer le-ta obstaja.

3.1.5.1 Vinogradništvo

Je zaradi naravnih danosti ekonomsko najpomembnejša kmetijska panoga v obeh območjih, temu se na območju Dragonje v večji meri pridružuje tudi oljkarstvo po pobočjih in vrtnarstvo v dolini ter na območju Goriških Brd sadjarstvo. V preteklosti je bila mnogo bolj razvita tudi živinoreja, ki je zaradi sprememb v kmetijski politiki in mehanizaciji večinoma že opuščena in se ohranja le še za samooskrbo.

Terasiranje zemljišč, ki je značilno za obe območji (zaradi reliefa bolj za Goriška Brda) je odvisno od naravnih danosti, strmega nagiba (erozija), reliefa, geološke zgradbe (plazenje) in klimatskih razmer (oblica dežja, zadrževanje padavin). Prav Goriška Brda prednjačijo po obsegu terasiranih vinogradov (78 %) medtem ko je takih v Slovenski Istri okoli 18 %, terasiranje se prične že pri nagibih okoli 15 % (Škvarč in Kodrič, 2006). Obstaja strah, da se bodo terase zarasle zaradi neekonomične pridelave in visokih stroškov obnove. Vinogradništvo in oljkarstvo sta edini kmetijski praksi, ki lahko preneseta ta strošek in tako skrbita za ohranjanje teras, kar je še posebno izrazito v Goriških Brdih. V Slovenski Istri se

le na prvi pogled zdi, da ni tako. Zaraščanje na tem območju je posledica neurejene lastniške strukture, ki se je odrazila tudi v neobdelanosti zemljišč in izgledu pokrajine.

Ugodne vplive nadmorske višine in nagiba terena na rast in rodnost vinske trte v Goriških Brdih za sorto Merlot je preučeval Rusjan (2002). Ugotovil je, da oba parametra neposredno vplivata na čas pojavljanja posameznih fenofaz. V vinogradih z večjim nagibom se posamezne fenofaze razvijajo hitreje kot v ravninskih vinogradih, iz česar sklepajo, da grozdje v terasiranih vinogradih hitreje dozoreva kot grozdje v ravnini. Po njihovi analizi naj bi se vsebnost sladkorjev na vsakih 10 m spremenila za 0,63 % brix pri polovici vinogradov in vsebnost kisline za 0,32 g l⁻¹ pri tretjini vinogradov.

Kot pomemben element obrambe pred erozijo in višanja vsebnosti humusa v tleh, ki pripomore tudi k lažji obdelavi tal, se je v devetdesetih letih začelo uveljavljati zatravljanje vinogradov, ki so jih pred tem okopavali in prekopavali. Po objavljenih podatkih (Gorjan, 2003) je bil delež zatravljenih vinogradov v Goriških Brdih v letu 2001 82 % in delež je še naraščal. Vzrok naraščanju zatravljanja je vključevanje vinogradnikov v PRP IVG, ki so se začeli v letu 2001 kot priprava na vključitev v EU. Danes so praktično vsi večji samostojni vinogradniki in pridelovalci, ki oddajajo vino v skupne kleti vključeni v IGV. Za raziskavo je najpomembnejši del predpisov povezan z gnojenjem, ki dovoljuje gnojenje le na podlagi analize tal, ki se jo izvede vsakih 5 let in glede na letni odvzem hranil. Določa tudi minimalno vsebnost humusa in največjo letno količino dušika za dognojevanje omejuje na 50 kg ha⁻¹ (od srede aprila do konca junija) z možnostjo povečanja te količine za 30 kg ha⁻¹ ob uveljavitvi trajne ozelenitve ali zastiranja. Zahteva obrambo pred erozijo, kot je ozelenitev oz. prekrivko med 1. novembrom in 15. aprilom in 50 % ozelenitev celotne površine vinograda ali ozelenitev brežin.

Kmetijska svetovalna služba (Škvarč, 2000, 2001) pravi, da je gnojenje vinogradov nujno opravilo, ki pa mora biti premišljeno, saj se napake odražajo na kakovosti pridelka. Tako moramo vedeti, kdaj in koliko moramo gnojiti. Glede na čas ločimo založno (ob napravi novega vinograda) in redno (vsakoletno, vezano na letni odvzem hranil), ki sta obe odvisni od preskrbljenosti tal na podlagi kemične analize tal. Analiza pokaže tudi stopnjo kislosti oz. bazičnosti (pH) in delež humusa. Pri gnojenju vinske trte uporabljamo vsa tri makrohranila (N, P, K) in določena mikrohranila (Ca, Mg, S, Fe, B). Dobro preskrbljena tla imajo 13–20 mg P₂O₅ na 100 g tal, 21–30 mg K₂O na 100 g tal in >14 mg Mg na 100 g tal. Najugodnejši pH je 6–6,5 in vsaj 1,5 % humusa. Trta ni velik porabnik hranil, saj za 10 t ha⁻¹ grozdja porabi 28 kg N, 8 kg P₂O₅, 28 kg K₂O in 2 kg Mg, ob tem pa velja načelo, da se z gnojenjem vrača le toliko hranil, kot je bilo odvzetih s pridelkom.

Pri dobri preskrbljenosti tal letno dognojujemo s 15–25 kg P₂O₅ ha in 50–70 kg K₂O ha. Pri nobenem od hranil nismo vezani na letni čas dognojevanja in ju lahko apliciramo le enkrat letno. Kjer tla niso dobro preskrbljena z magnezijem, je potrebno redno dognojevanje. Trte za spomladansko rast ni potrebno dognojevati z dušikom. Dušik začne črpati iz tal šele sredi maja. Konec junija do začetka julija so njene potrebe največje, ki se med zorenjem ponovno povečajo. Dognojevanje z dušikom izvajamo od srede aprila do srede maja oz. najkasneje takoj po cvetenju. Škvarč (2000) priporoča za pridelavo kakovostnih vin pri pridelkih do 10 t do 50 kg ha⁻¹ dušika (skupno iz mineralnih in organskih gnojil).

3.1.6 Kakovost voda in izvori onesnaženja

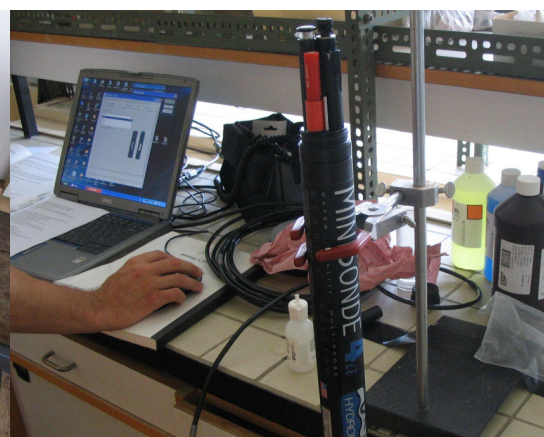
V porečju reke Reke v Goriških Brdih po podatkih ARSO ni dostopnih meritev kakovosti vodotokov. Zato smo meritve izvajali samostojno v obdobju enega leta med 1. 7. 2008 in 30. 6. 2009. Monitoring se je izvajal na merilnem mestu ARSO 8700 (Y 384520 X 96440), ki se uporablja za meritev pretokov na pritoku Kožbanjšček v vasi Neblo (slika 11, slika 3.22). Izvedli smo 365 dnevnih meritev za suspendiran sediment (SS), celotni fosfor (TP) in nitrat (NO_3^-) ter 19 meritev orto-fosforja (PO_4^{3-}). Za meritve smo uporabili dva vzorčevalnika 6712 Portable Samplers proizvajalca Teledyne ISCO, ki sta vsak dan ob 7.00 po centralno evropskem času odvzela vzorec za analizo suspendiranega snovi in celotnega fosforja (slika 3.23). Vzorci za določevanje celotnega fosforja so bili stabilizirani na mestu vzorčenja z dodatkom žveplove (VI) kisline, tako, da je bila pH vrednost vzorca blizu 1. Vzorce smo pobirali vsakih 21 dni, ko smo ročno odvzeli tudi vzorec za meritve orto-fosforja.



Slika 3.22: Merilno mesto Agencije Republike Slovenije za okolje Neblo 8700 na potoku Kožbanjšček
Figure 3.22: Measuring site of Environmental Agency of the Republic of Slovenia Neblo 8700 on the stream Kožbanjšček



ISCO vzorčevalnik



HydroLab Minisonda

Slika 3.23: Oprema za vzorčenje ISCO vzorčevalnik in HydroLab sonda
Figure 3.23: Sampling equipment ISCO sampler and Hydrolab probe

Analize suspendirane snovi, celotnega fosforja, orto-fosforja in nitrata so opravili v kemijsko analitskem laboratoriju Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Vsebnost celotnega fosforja in orto-fosforja so določili spektrofotometrično v skladu s standardom SIST EN ISO 6878 (Kakovost vode – Določevanje fosforja – Spektrometrijska metoda z amonijevim molibdatom). Vsebnost suspendirane snovi so določili gravimetrično v skladu s standardom SIST ISO 11923 (Kakovost vode – Določevanje suspendiranih snovi s filtracijo skozi filter iz steklenih vlaken). Vsebnost nitrata so določevali z dvokolonsko ionsko kromatografijo v skladu s standardom ISO 10304-1 (Water quality – Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions – Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, phosphate and sulfate). Pri izdelavi rezultatov so upoštevali tudi razširjeno merilno negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$, ki ustreza približno 95 % stopnji zaupanja.

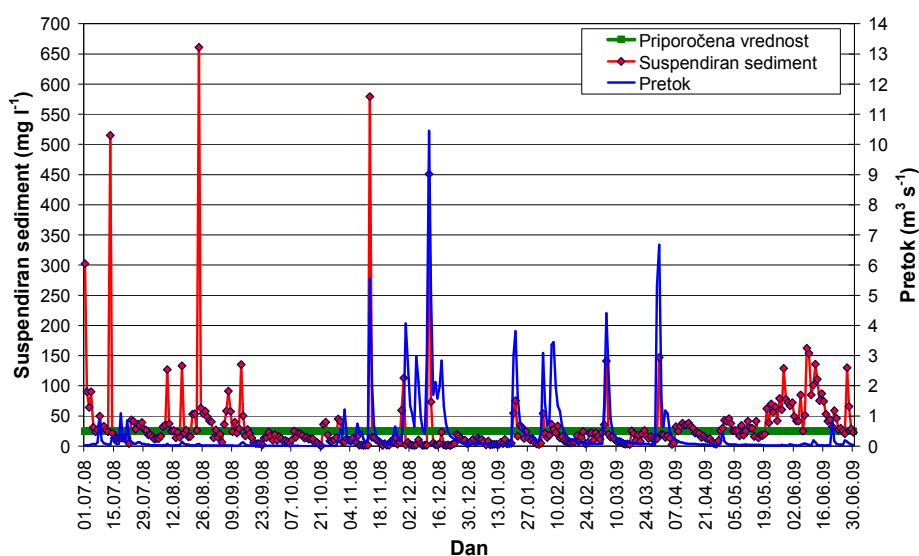
Poleg klasičnega ročnega vzorčenja nitrata smo na isti točki namestili tudi MiniSonde proizvajalca HydroLab, ki je v polurnih intervalih prednostno izvajal meritve vsebnosti nitrata v vodi ter hkrati še meritve temperature, specifične prevodnosti, pH, raztopljenega kisika, oksidacijsko redukcijski potencial in globine vode nad sondo. Sondine meritve vsebnosti nitrata smo umerili/kalibrirali z ročno odvzetimi vzorci vsakih 21 dni ob kontrolnih obiskih postaje. Vzorce smo odvzeli ročno iz sredine matice vodotoka in jih še isti dan dostavili v laboratorij. Vsi vzorci so bili analizirani v Kemijsko-analitskem laboratoriju Agencije RS za okolje.

Povprečna letna vsebnost suspendirane snovi (SS) v raziskovalnem obdobju 1. 7. 2008 do 30. 6. 2009 na merilnem mestu Neblo 8700 je bila $32,6 \text{ mg SS l}^{-1}$ z maksimalno vsebnostjo 661 mg in minimalno vsebnostjo $0,5 \text{ mg}$ ter standardnim odklonom $63,7 \text{ mg SS l}^{-1}$ (preglednica 3.13). Najvišje povprečne kot tudi maksimalne vsebnosti so bile izmerjene v poletnih mesecih junij ($65,9$), julij ($55,5$) in avgust ($56,4$). Avgusta je bila izmerjena tudi maksimalna vsebnost 661 mg SS l^{-1} . Iz analize je razvidno (slika 3.24), da se vsebnost suspendirane snovi odziva na padavine in povečane pretoke potoka. V poletnem času smo pričali pojavu, ko nevihte in plohe v kombinaciji z nizkimi pretoki in z zemeljskimi deli v vinogradih (popravila teras in naprava novih) ter vzdrževanje rečne struge povzročijo neobičajno visoke vsebnosti sedimenta. Povprečna letna vsebnost suspendirane snovi odstopa od priporočene vrednosti (25 mg SS l^{-1}), predpisane z Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (2002). Še posebno je to izrazito v poletnem obdobju, ko se nizkim pretokom pridružijo še visoke vsebnosti suspendirane snovi, kar ima lahko negativne posledice na življenje v strugi.

Preglednica 3.13: Vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)

Table 3.13: Concentration of suspended sediment for the measuring point Neblo 8700 Kožbanjšček (01/07/2008–30/06/2009)

Mesec	Suspendiran snovi (mg SS l ⁻¹)				
	Št. meritev	Povprečje	Maks.	Min.	StDev
Julij	31	55,5	515,0	4,3	100,2
Avgust	31	56,4	661,0	11,8	116,0
September	30	27,2	135,0	2,3	28,3
Oktober	31	15,3	44,9	0,5	11,3
November	30	31,3	579,0	0,9	105,7
December	31	22,3	451,0	0,7	80,7
Januar	31	13,3	75,0	1,9	16,1
Februar	28	16,2	53,9	2,7	11,8
Marec	31	22,5	147,0	2,7	33,3
April	30	20,8	42,7	2,5	11,7
Maj	31	43,3	129,0	13,5	25,7
Junij	30	65,9	162,0	20,7	40,1
1–12	365	32,6	661,0	0,5	63,7



Slika 3.24: Vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009). Priporočena vrednost je 25 mg SS l⁻¹

Figure 3.24: Concentration of suspended sediment at the measuring point Neblo 8700 Kožbanjšček (01/07/2008–30/06/2009). The recommended value is 25 mg SS l⁻¹

Rezultati vsebnosti nitrata na ravni enoletnega raziskovalnega obdobja ne kažejo bistvenih razlik med 20 ročno odvzetimi vzorci (2,5 mg NO₃⁻ l⁻¹) in med 365 s sondo izmerjenimi in umerjenimi vsebnostmi (2,7 mg NO₃⁻ l⁻¹) (preglednica 3.14). Glede na to, da so s sondo izmerjeni podatki kasneje umerjeni z ročno odvzetimi vzorci, bi lahko rekli, da so rezultati razumljivi. Tudi standardni odklon vsebnosti umerjene sonde pokriva območje vsebnosti ročno odvzetih vzorcev. Pogled na slikovno analizo (slika 3.25) pokaže, da je bila najvišja povprečna vsebnost dosežena v novembru 2008 (6,6 mg NO₃⁻ l⁻¹), ko je bila izmerjena tudi maksimalna vsebnost (19,4). Opazi se, da vsebnost nitrata ob večjem pretoku naraste in ostaja nizka v obdobjih brez padavin. Povprečne in maksimalne vsebnosti nitrata nikoli ne prekorajajo z uredbo o stanju površinskih voda (2009) predpisanih vsebnosti (zelo dobro

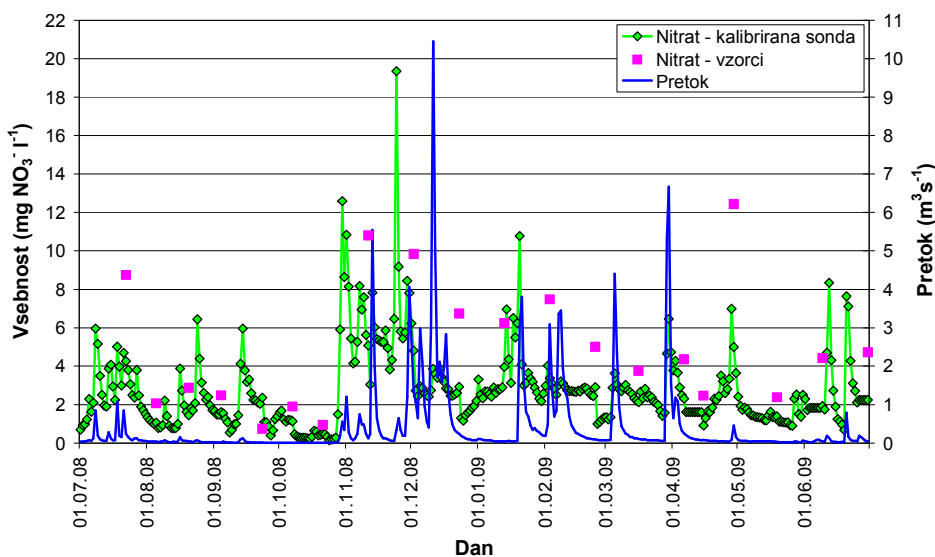
stanje: 14,08 do 30,8; dobro stanje: 28,6 do 41,8 mg NO₃⁻ l⁻¹) kot tudi ne s pravilnikom o pitni vodi (2009) predpisane mejne vrednosti 50 mg NO₃⁻ l⁻¹.

Preglednica 3.14: Vsebnost nitrata na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)

Table 3.14: Concentration of nitrate at the measuring point Neblo 8700 Kožbanjšček

(01/07/2008–30/06/2009)

Mesec	Nitrat (mg NO ₃ ⁻ l ⁻¹) vzorci		Nitrat (mg NO ₃ ⁻ l ⁻¹) umerjena sonda				
	Št. meritev	Povp. vzorci	Št. meritev	Povp. sonda	Maks.	Min.	StDev
Julij	1	4,4	31	2,8	6,0	0,7	1,4
Avgust	2	1,2	31	1,9	6,4	0,8	1,2
September	2	0,8	30	1,8	6,0	0,4	1,2
Oktober	2	0,7	31	1,4	12,6	0,1	2,7
November	1	5,4	30	6,6	19,4	3,0	3,0
December	2	4,1	31	2,8	6,2	1,2	1,0
Januar	1	3,1	31	3,6	10,8	2,2	1,8
Februar	2	3,1	28	2,6	4,0	1,0	0,7
Marec	1	1,9	31	2,6	6,5	1,2	1,1
April	3	3,2	30	2,6	7,0	0,9	1,3
Maj	1	1,2	31	1,5	2,5	0,9	0,4
Junij	2	2,3	30	2,8	8,3	0,7	1,9
1–12	20	2,5	365	2,7	19,4	0,1	2,1



Slika 3.25: Vsebnost nitrata na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)

Figure 3.25: Concentration of nitrate at the measuring point Neblo 8700 Kožbanjšček

(01/07/2008–30/06/2009)

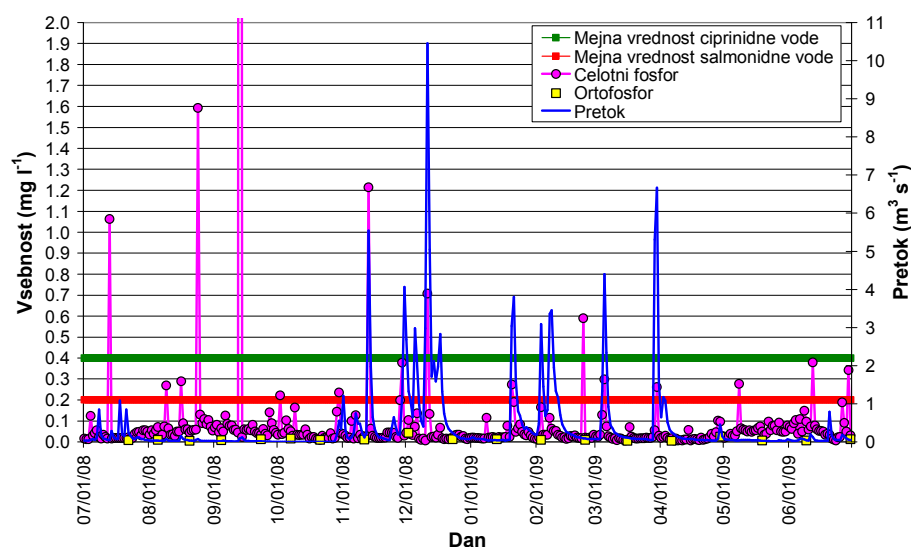
Povprečna vsebnost celotnega fosforja (TP) v raziskovalnem obdobju je bila 0,109 mg TP l⁻¹ z najvišjo povprečno in maksimalno vrednostjo izmerjeno v septembru 2008 0,615 mg in 16,650 mg TP l⁻¹, ki je močno odstopala od vseh ostali maksimalnih mesečnih meritev, ki niso presegle 1,6 mg (preglednica 3.15). Najnižja povprečna vsebnost celotnega fosforja bila izmerjena aprila (0,024 mg). V splošnem so bile najvišje vsebnosti izmerjene v poletnem in zgodnje jesenskem obdobju, ko so pretoki v potoku najnižji. Fosfor je zelo občutljiv na transport s površinskim odtokom v času padavin, kar je razvidno tudi iz slike 2,26. V obdobju maksimalne vsebnosti je bilo prisotno deževje, ki bi lahko prispevalo k visoki vsebnosti, a ne tako visoki. Zato se nagibamo k domnevi, da je ta

vsebnost posledica kombinacije padavin in enkratne človeške dejavnosti. Povprečna vsebnost orto-fosforja v raziskovalnem obdobju na podlagi 19 meritev je bila $0,012 \text{ mg PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$ z maksimalno izmerjeno vsebnostjo v decembru 2008 ($0,043 \text{ mg}$), ko je bila izmerjena tudi najvišja povprečna mesečna vsebnost $0,028 \text{ mg PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$ (preglednica 3.16, slika 3.27). Povprečne vsebnosti celotnega fosforja so nižje od z uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (2002) predpisanih mejnih vrednosti (salmonidne vode: $0,2 \text{ mg l}^{-1}$; ciprinidne vode: $0,4 \text{ mg l}^{-1}$) za površinske vode. Določene maksimalne vsebnosti za TP tekom leta presežejo obe mejni vrednosti (slika 3.26).

Preglednica 3.15: Vsebnost celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009)

Table 3.15: Concentration of total phosphorus and ortho-phosphorus at the measuring point Neblo 8700 Kožbanjšček (01/07/2008–30/06/2009)

Mesec	Orto-fosfor ($\text{mg PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$)				Celotni fosfor (mg TP l^{-1})				
	Št. meritev	Povprečje	Maks.	Min.	Št. meritev	Povprečje	Maks.	Min.	StDev
Julij	1	0,009	0,009	0,009	31	0,065	1,063	0,013	0,187
Avgust	2	0,007	0,010	0,004	31	0,125	1,593	0,023	0,279
September	2	0,011	0,012	0,009	30	0,615	16,650	0,024	3,029
Oktober	2	0,013	0,015	0,010	31	0,053	0,235	0,010	0,059
November	1	0,011	0,011	0,011	30	0,090	1,214	0,015	0,224
December	2	0,028	0,043	0,013	31	0,057	0,707	0,006	0,125
Januar	1	0,012	0,012	0,012	31	0,046	0,273	0,015	0,056
Februar	2	0,010	0,010	0,010	28	0,056	0,590	0,014	0,110
Marec	1	0,004	0,004	0,004	31	0,044	0,298	0,007	0,068
April	2	0,015	0,025	0,004	30	0,024	0,101	0,006	0,024
Maj	1	0,006	0,006	0,006	31	0,061	0,277	0,018	0,044
Junij	2	0,010	0,013	0,006	30	0,082	0,379	0,006	0,086
1–12	19	0,012	0,043	0,004	365	0,109	16,650	0,006	0,878



Slika 3.26: Vsebnost celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Neblo 8700 Kožbanjšček

(1.7.2008–30.6.2009) – najvišja izmerjena vrednost ($16,65 \text{ mg l}^{-1}$) ni prikazana zaradi boljše preglednosti slike

Figure 3.26: Concentration of total phosphorus and ortho-phosphorus at the measuring point Neblo 8700

(01/07/2008–30/06/2009) – the highest value ($16,65 \text{ mg l}^{-1}$) isn't shown for a clearer picture

V porečju reke Dragonje smo iz ARSO prejeli nize podatkov iz Hidrološke postaje Podkaštel 9300 (Y395125 X35135) (slika 3.11, slika 3.27) za suspendiran sediment, celotni dušik, nitrat, celotni fosfor in orto-fosfat za obdobje v razponu od 1. 8. 1989 in do 31. 12. 2008. Dodanih meritev nismo izvajali.



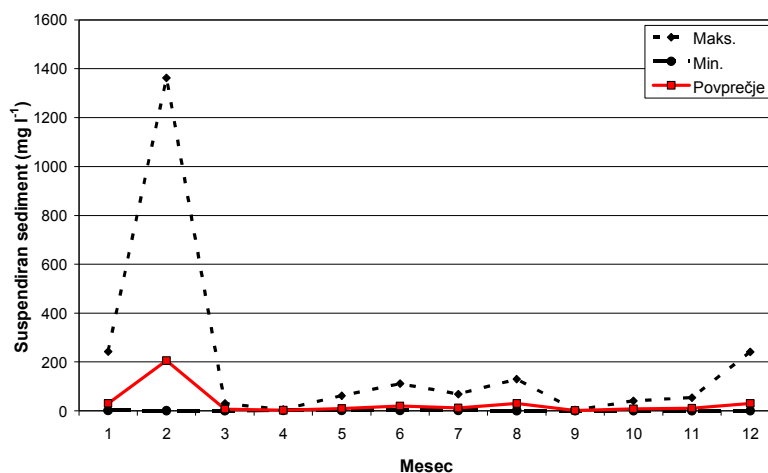
Slika 3.27: Merilno mesto Agencije Republike Slovenije za okolje Podkaštel 9300 na reki Dragonji
Figure 3.27: Measuring site of the Environmental Agency of the Republic of Slovenia Podkaštel 9300 on the river Dragonja

Povprečna letna vsebnost suspendirane snovi (SS) je bila v obdobju 1989–2008 $29,1 \text{ mg l}^{-1}$ s standardnim odklonom $137,4 \text{ mg l}^{-1}$ ob le 107 odvzetih vzorcih (preglednica 3.17). V zadnjem obdobju, ko se je povečala frekvenca odvzema in povečal nabor različnih situacij pretoka ob odvzemu SS, se je povečala tudi povprečna vsebnost. V januarju 2007 je bila tako izmerjena do sedaj najvišja vsebnost 1362 mg l^{-1} . Podatki po mesecih kažejo, da so bile najvišje vsebnosti zabeležene v zimskem obdobju (november–februar) temu obdobju sledi z znatno nižjimi vsebnostmi poletno obdobje (junij–avgust) (Slika 28). Povprečna letna vsebnost za suspendirane snovi odstopa od priporočene in z uredbo (2009) predpisane priporočene vrednosti 25 mg SS l^{-1} .

Preglednica 3.16: Povprečna vsebnost suspendiranega sedimenta na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Table 3.16: Average concentration of suspended sediment at the measuring point Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Mesec	Suspendiran snovi (mg SS l^{-1})				
	Št. meritev	Povp.	Maks.	Min.	StDev
Januar	9	30,2	243,0	1,2	79,88
Februar	8	205,4	1362,0	0,8	475,7
Marec	15	6,9	30,0	0,8	7,242
April	6	2,9	5,6	1,2	1,833
Maj	11	10,0	62,2	1,0	19,64
Junij	6	20,3	111,0	1,1	44,47
Julij	10	11,6	68,7	1,1	22,16
Avgust	9	29,7	129,0	0,8	43,07
September	5	1,4	2,7	0,8	0,77
Oktober	7	7,9	41,1	0,7	14,68
November	11	10,9	53,9	0,8	16,76
December	10	30,6	241,0	0,0	74,59
1–12	107	29,3	1362,0	0,0	137,4



Slika 3.28: Povprečne mesečne vsebnosti suspendiranega sedimenta (mg l^{-1}) na merilnem mestu Agencije Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

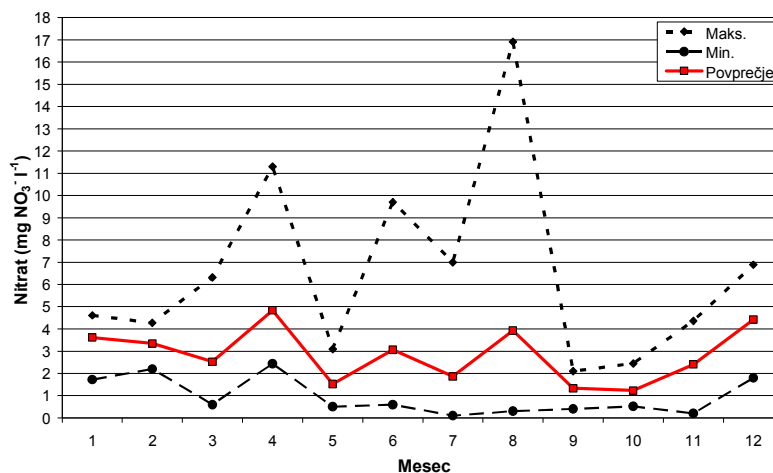
Figure 3.28: Average monthly levels of suspended sediment (mg l^{-1}) at the measuring point Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Povprečna letna vsebnost skupnega dušika (TN) v obdobju 1999–2008 je bila $0,67 \text{ mg l}^{-1}$ s standardnim odklonom $0,5 \text{ mg l}^{-1}$, maksimalna vsebnost $2,20 \text{ mg l}^{-1}$ je bila izmerjena v juniju 2006 (preglednica 3.17). Ob le 32 vzorcih so bile najvišje vrednosti izmerjene v poletnem obdobju (slika 3.29). Povprečna letna vsebnost za nitrat (NO_3^-) v obdobju 1989–2008 je bila $2,68 \text{ mg l}^{-1}$ s standardnim odklonom $2,54 \text{ mg l}^{-1}$ in maksimalno izmerjeno vrednostjo $16,91 \text{ mg l}^{-1}$ v avgustu 2004 (preglednica 3.17). Najvišje vrednosti so bile izmerjene v vegetacijski dobi. Povprečne in maksimalne vsebnosti nitrata nikoli ne prekorajajo z uredbo o stanju površinskih voda (UL RS št. 14/2009) predpisanih vsebnosti (zelo dobro stanje: 14,08 do 30,8; dobro stanje 28,6 do 41,8 $\text{mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$), kot tudi ne s pravilnikom o pitni vodi (UL RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09) predpisane mejne vrednosti $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$.

Preglednica 3.17: Vsebnost nitrata in skupnega dušika na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1999–2008) (Kakovost voda, 2009)

Table 3.17: Nitrate and total nitrogen concentration at the measuring point Podkaštel 9300 (1999–2008) (Kakovost voda, 2009)

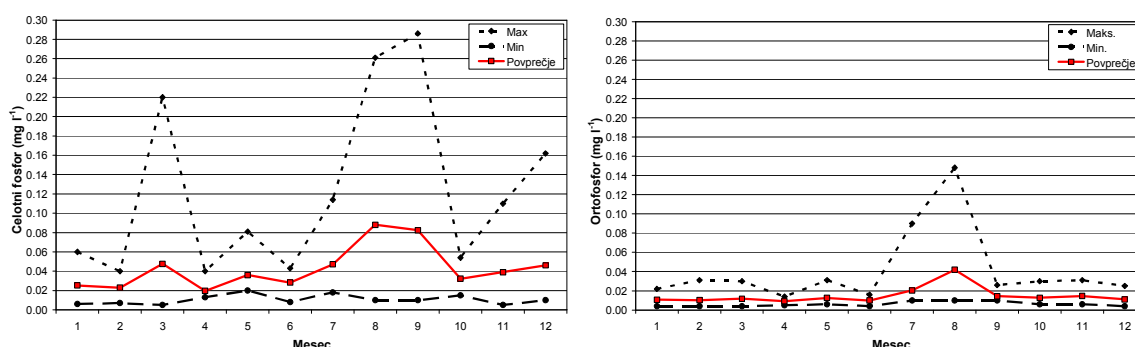
Mesec	Nitrat ($\text{mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$)					Celotni dušik (mg TN l^{-1})				
	Št. meritev	Povp.	Maks.	Min.	StDev	Št. meritev	Povp.	Maks.	Min.	StDev
Januar	6	3,61	4,61	1,72	1,29	3	0,83	1,00	0,60	0,21
Februar	4	3,35	4,27	2,20	0,96	4	0,70	0,90	0,41	0,24
Marec	11	2,52	6,32	0,60	1,52	2	0,60	0,80	0,40	0,28
April	5	4,83	11,30	2,44	3,77	2	0,70	0,80	0,60	0,14
Maj	10	1,52	3,10	0,50	0,88	4	0,35	0,41	0,20	0,10
Junij	5	3,06	9,70	0,60	3,90	2	1,35	2,20	0,50	1,20
Julij	10	1,86	7,00	0,10	2,03	4	0,80	2,10	0,30	0,87
Avgust	8	3,92	16,91	0,30	5,44	2	0,95	1,69	0,20	1,05
September	5	1,33	2,10	0,40	0,70	1	0,41	0,41	0,41	-
Oktober	7	1,23	2,45	0,52	0,72	3	0,53	0,70	0,40	0,15
November	10	2,41	4,37	0,20	1,39	4	0,50	1,11	0,20	0,43
December	6	4,42	6,89	1,80	2,06	1	0,40	0,40	0,40	-
1–12	87	2,68	16,91	0,10	2,54	32	0,68	2,20	0,20	0,47



Slika 3.29: Povprečne mesečne vsebnosti skupnega dušika in nitrata na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Figure 3.29: Average monthly concentration of total nitrogen and nitrate at the measuring point Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Povprečna letna vsebnost celotnega fosforja (TP) v obdobju 1989–2008 je bila 0,043 mg l⁻¹ s standardnim odklonom 0,048 in maksimalno vsebnostjo 0,286 mg l⁻¹ izmerjeno septembra 2005 (preglednica 3.18). Ob le 92 odvzetih vzorcih so bile najvišje povprečne mesečne vsebnosti izmerjene v avgustu in septembru (slika 3.30). Povprečna letna vsebnost orto-fosforja (PO₄³⁻) v obdobju 1989–2008 je bila 0,016 mg l⁻¹ s standardnim odklonom 0,019 in maksimalno izmerjeno vsebnostjo 0,148 mg l⁻¹ (preglednica 3.18). Ob 89 odvzetih vzorcih so bile najvišje povprečne mesečne vsebnosti izmerjene v juliju in avgustu (slika 3.30). Vzrok višjih vsebnosti fosforja v obdobju poznega poletja je nizek pretok, ki posledično poviša koncentracijo ne pa tudi količine. Povprečne vsebnosti celotnega fosforja so nižje od z uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (UL RS št. 71/2002) predpisanih mejnih vrednosti (salmonidne vode: 0,2 mg l⁻¹; ciprinidne vode: 0,4 mg l⁻¹) za površinske vode. Določene maksimalne vsebnosti za TP tekom leta ne presegajo mejne vrednosti za ciprinidne vode (slika 3.30).



Slika 3.30: Povprečne mesečne vsebnosti celotnega fosforja in orto-fosforja na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Figure 3.30: Average monthly concentrations of total phosphorus and ortho-phosphorus at the measuring point Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Preglednica 3.18: Vsebnost orto-fosforja in celotnega fosforja na merilnem mestu Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Table 3.18: Concentration of the ortho-phosphorus and total phosphorus at the measuring point Podkaštel 9300 (1989–2008) (Kakovost voda, 2009)

Mesec	Orto-fosfor (mg PO ₄ ³⁻ l ⁻¹)					Celotni fosfor (mg TP l ⁻¹)				
	Št. meritev	Povp.	Maks.	Min	StDev	Št. meritev	Povp.	Maks.	Min	StDev
Januar	8	0,011	0,022	0,004	0,006	8	0,025	0,060	0,006	0,018
Februar	6	0,010	0,031	0,004	0,010	6	0,023	0,040	0,007	0,014
Marec	11	0,012	0,030	0,004	0,007	11	0,048	0,220	0,005	0,058
April	6	0,009	0,014	0,005	0,003	6	0,020	0,040	0,013	0,010
Maj	10	0,013	0,031	0,006	0,007	10	0,036	0,081	0,02	0,019
Junij	5	0,010	0,016	0,004	0,004	5	0,028	0,043	0,008	0,014
Julij	10	0,020	0,090	0,010	0,025	10	0,047	0,114	0,018	0,029
Avgust	8	0,042	0,148	0,010	0,046	8	0,088	0,261	0,01	0,080
September	5	0,014	0,026	0,010	0,007	5	0,082	0,286	0,01	0,116
Oktober	6	0,013	0,030	0,006	0,009	7	0,032	0,054	0,015	0,015
November	8	0,015	0,031	0,006	0,008	10	0,039	0,110	0,005	0,036
December	6	0,011	0,025	0,004	0,007	6	0,046	0,162	0,01	0,058
1–12	89	0,016	0,148	0,004	0,019	92	0,043	0,286	0,005	0,048

3.1.7 Zaščitene naravne vrednote

Na območju obeh raziskovalnih porečij je moč najti območja Nature 2000, naravnih vrednot, ekološko pomembnih območij, zavarovanih območij in točk. Natura 2000 je evropsko omrežje posebnih varstvenih območij, razglašeni v državah članicah Evropske unije z osnovnim ciljem ohraniti biotsko raznovrstnost za bodoče rodove. Vlada je območja NATURA 2000 potrdila z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (2004) in Uredbo o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (2004) (Ohranjanje..., 2010). Naravna vrednota je poleg redkega, dragocenega ali znamenitega naravnega pojava tudi drug vredni pojav, del žive ali nežive narave, naravno območje ali del naravnega območja, ekosistem, krajina ali oblikovana narava. Narave vrednote so opredeljene s Pravilnikom o določitvi in varstvu naravnih vrednot (2004, 2006). Zakon o ohranjanju narave opredeljuje vrste zavarovanih območij kot širša (Narodni park, Regijski park, Krajski park) in ožja (Strogi naravni rezervat, Naravni rezervat, Naravni spomenik). Ekološko pomembno območje (EPO) je, po Zakonu o ohranjanju narave (2004), območje habitatnega tipa, dela habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti (Ohranjanje..., 2010).

Na območju porečja reke Reke je nekaj manjših območij zaščitene narave, ki se medsebojno prekrivajo in obsegajo 22 % vsega območja (preglednica 3.19, slika 3.31). Največje območje (554,7 ha) je uvrščeno med naravne vrednote in obsega del zgornjega dela porečja Kožbanjščka s koriti in tolmoni, ki je uvrščen med državne vrednote. Ostala območja se uvrščajo med lokalni pomen (del porečja Belskega potoka, travišča Korade, plošče flišnega peščenjaka v Vedrijanu, hudourniške grape zahodno od Brdic pri Kožbani in v grižo razpadel peščenjak SV od Krasnega, korozijsko in mehansko razčlenjeni apnenci SZ od Vrhovelj. Drugo največje območje (107,5 ha) je opredeljeno kot EPO in obsega Korado in Kolovrat ter zgornji del potoka Kožbanjšček. Natura, v katero je uvrščen zgornji

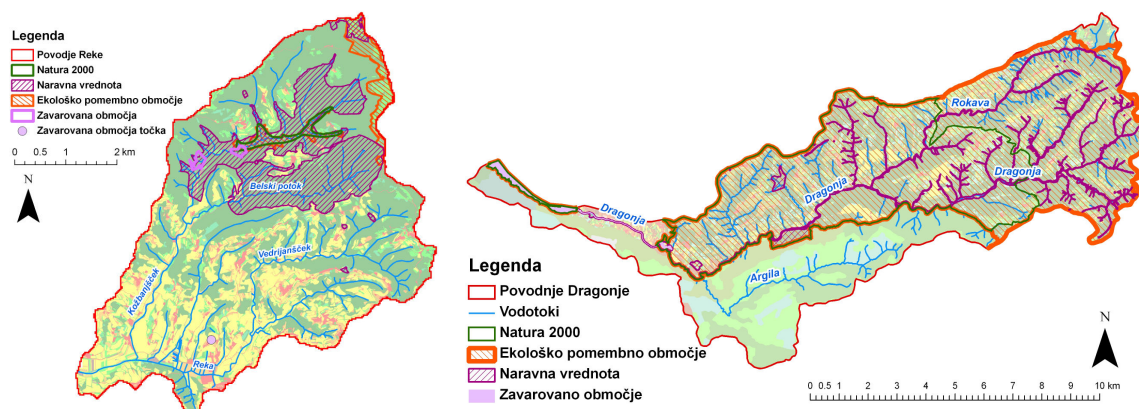
del potoka Kožbanjšček, obsega 31,5 ha. Zavarovana območja, v katera je uvrščeno območje Kožbane in Krčnika s sotesko, koriti in naravnim mostom, obsegajo 8,7 ha.

Večji del porečja reke Dragonje na slovenski strani (95 %) je zavarovan z vsemi oblikami varstva okolja, ki se medsebojno prekrivajo (preglednica 3.19, slika 3.32). Največje območje (68,4 ha) predstavlja EPO, ki varuje celotno porečje Dragonje, Sečoveljske soline, del kraških območij in morje z morskim obrežjem. Natura 2000 obsega območje 40,5 ha in varuje osrednji del porečja Dragonje ter Sečoveljske soline z estuarijem Dragonje. Območje naravnih vrednot obsega 4,6 ha in varuje Dragonjo kot flišni vodotok s fosili, sledovi lazenja in izjemnimi geomorfološkimi značilnostmi ter redkimi živalskimi in rastlinskimi vrstami. Varuje tudi več manjših območij kot so: Krkavška komunela, soline, apnenčaste stene in apnenčast peščenjak, slapove na Stranici, Rokavi (Škrline), Dragonji ter suhe travnike, rastišče venerinih laskov, lokve. Zavarovana območja obsegajo krajinski park Sečoveljske soline, naravni spomenik Dragonjo s pritoki in naravni spomenik steno Grič.

Preglednica 3.19: Površine zavarovanih območij v porečjih reke Reke in Dragonje

Table 3.19: Areas of protected zones in the rivers Reka and Dragonja catchments

	<i>Reka</i>			<i>Dragonja</i>		
Ukrep zaštite	ha	km²	%	ha	km²	%
Ekološko pomembno območje	107,5	1,1	3,6	6836,3	68,4	68,0
Naravna vrednota	554,7	5,6	18,5	456,8	4,6	4,5
Natura 2000	31,5	0,3	1,1	4052,3	40,5	40,3
Zavarovano območje	8,7	0,1	0,3	86,6	0,9	0,9



Slika 3.31: Zavarovana območja porečij rek Reke in Dragonje (Atlas okolja, 2010)

Figure 3.31: Protected zones in the rivers Reka and Dragonja catchments (Atlas okolja, 2010)

3.2 ZBIRANJE PODATKOV, ANALIZA IN GRADNJA MODELA

Pred izvedbo modeliranja je bil izveden ogled raziskovalnih območij in pregled dostopnih podatkov s področij geografije, topografije, pedologije, hidrologije, hidrogeologije, klimatologije, rabe prostora, agronomije (kolobar, živinoreja), kakovosti voda, virov onesnaževanja in morebitnih zaščitnih območij, ki smo jih pridobili v sodelovanju s številnimi javnimi in raziskovalnimi ustanovami. V primeru, da so bile baze dostopnih podatkov nepopolne ali nezadovoljive za modeliranje, smo izvedli dodaten monitoring površinskih voda, kjer smo v dnevnem nizu odvzemali vzorce vode iz raziskovanih vodotokov za ugotavljanje vsebnosti suspendiranih snovi, nitrata in celotnega fosforja. To smo storili v primeru porečja Reke, kjer smo na hidrološki postaji na pritoku Kožbanjšček postavili avtomatske vzorčevalnike. Enako se je v primeru pomanjkljivih pedoloških podatkov izvedel dodaten izkop profilov, kjer se je po horizontih ugotavljajo standardne (tekstura, globina, kemijske lastnosti) in vodno fizikalne lastnosti tal (hidravlična prevodnost, vodno-zadrževalne lastnosti (pF), gostota tal), ki so nujne za pravilno modeliranje gibanja vode, sedimenta in hranil do vodotokov. V porečju Reke smo tako vzorčili 10 ter v porečju Dragonje talnih 18 profilov.

V nadaljevanju so predstavljeni potrebni vhodni podatki in način njihove obdelave za izgradnjo modela ter način razdelitve porečja na podporečja in hidrološke odzivne enote (HOE).

3.2.1 Zahteve modela

Za potrebe te raziskave smo kot osrednji element uporabili model SWAT 2005 in programsko opremo Geografski informacijski sistem GIS 9.1 (ArcMap), ki s pomočjo vmesnika ArcSWAT postaneta združljiva. Za nemoteno delovanje so potrebni še dodatki Spatial analyst, SWAT Project manager in SWAT Watershed Delineator, ki omogočajo delo z modelom in vizualni prikaz rezultatov. Ker je model SWAT vsestranski in obširen, zahteva široko paleto informacij, če ga želimo uporabiti in zagnati. Zasnovan je bil za napovedovanje vpliva rabe in upravljanja zemljišč na količino vode, sedimenta in topnih snovi iz kmetijstva v velikih kompleksnih porečjih s heterogenimi tlemi, rabo in upravljavskimi razmerami preko daljših časovnih obdobj (Neitsch in sod., 2005). Za nekatere vhodne podatke smo morali opraviti terenske meritve ali izvesti oceno s pomočjo različnih virov, saj za preučevani območji ni bilo neposrednega vira zahtevanih podatkov.

Viri podatkov za posamezne vhodne elemente so podani v prilogi B1. Da bi lahko zgradili model SWAT za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje, smo zbrali **prostorske podatke** (digitalni model višin – DMV, mreža vodotokov, točkovni onesnaževalci, glavna točka iztoka porečja, karta rabe tal, karta tal in njihovih lastnosti), **časovne nize** (dnevne padavine, temperature, sončno obsevanje, hitrost vetra, relativna zračna vlaga, vrsta gojene kulture, kolobar, obdelava tal, gnojenje, vodna dovoljenja za namakanje in točkovni izpusti), **podatke za analizo senzitivnosti, kalibracijo in validacijo** (pretok vodotokov, kakovost voda – sediment, dušik, fosfor).

SWAT je zmožen simulirati eno enotno porečje oz. porečje ali sistem hidrološko povezanih podporečij. Prvi korak pri pripravi modela je določitev glavne točke iztoka iz

porečja in razdelitev ter porazdelitev na posamezne podenote imenovane podporečja. Razdelitev lahko poteka na več načinov: odseki vodotokov/glavne struge – ena na podporečje; raba zemljišč/talni tip/topografija; točkovni viri; jezera/zajetja – eno na podporečje; točke monitoringa pretoka in kakovosti voda. Na tej točki se določi mreža vodotokov porečja in točke vtokov in iztokov vodotoka v podporečju. Rečna mreža se lahko določi na podlagi v GIS predpripravljenе mreže ali s pomočjo ArcSWAT vmesnika. Vsako podporečje vključuje vsaj eno hidrološko odzivno enoto (HOE), strugo pritoka in strugo glavnega vodotoka. Podporečja so med seboj prostorsko povezana.

Drugi korak je pripis značilnosti rabi zemljišč in tlem ter določitev razredov kombinacij med rabo zemljišč, tlemi in topografijo za porazdelitev podporečij. V tem procesu razrede rabe zemljišč in tal prekrijemo in združimo v hidrološke odzivne enote – hydrologic response units (HOE – HRU). HOE so v osnovi delčki posameznega podporečja z enkratno kombinacijo rabe, tal, naklona in kasneje z enkratno tehnologijo pridelovanja. Uporaba HOE omogoča modelu izraziti razlike v npr. ET, eroziji in hidroloških pogojih (površinski odtok, vodno zadrževalne lastnosti) za različne kombinacije rastlinskega pokrova, tal in naklona. Prav tako poveča natančnost napovedovanja in zagotavlja boljši fizičen opis vodne bilance (Di Luzio in sod., 2005). Zelo pomemben korak pri določanju HOE je razporeditev in določanje njihovega števila za posamezno podporečje. To naredimo z določitvijo minimalnega praga površine posamezne rabe, tal ali naklona, ki naj bo vključen v modeliranje. Za raziskovalni območji je bil uporabljen površinski prag 5 : 5 : 5 (raba/tla/naklon), kar je manj kot priporočajo avtorji priročnika za uporabo SWAT 2005, ki za večino projektov predlagajo razmerje 20 : 10 : 20 (Winchell in sod., 2007). Površinski prag pomeni, da je raba zemljišč ali talni tip, ki zavzema manj odstotkov površine, kot je površinski prag izločen iz podporečja, z namenom znižanja števila HOE, ki ne pomeni pomembnega znižanja natančnosti modela. Različni površinski pragovi dajo različne HOE resolucijo znotraj modela. Preglednica 3.20 predstavlja primer spreminjanja pragov za raziskovalni območji z uporabo SWAT razredov rabe in osnovne digitalne karte tal. S spreminjanjem pragov se število HOE viša ali niža skupaj s površinami posameznih rab.

Tretji korak je vnos dnevnihi vremenskih podatkov in lokacij vremenskih postaj. Podatki o vremenu so vitalni za model, saj opisujejo vodni cikel. Za vsak posamezni tip potrebnih vremenskih podatkov je potrebo oblikovati lokacijsko preglednico, ki je povezana z bazo dnevnihi podatkov. SWAT zahteva podatke o padavinah, temperaturi, sončnemu obsevanju, hitrosti vetra in relativni zračni vlagi. SWAT nato vzpostavi povezavo med podporečji in najbližjo opazovalno postajo za posamezen tip vremenskih podatkov.

Četrty korak je oblikovanje datotek podatkovne baze, ki vsebujejo informacije, potrebne za generiranje vnosa osnovnihi baz podatkov za potrebe delovanja SWAT modela. Datoteke podatkovne baze, iz katerihi model pridobiva podatke o lastnostihi območja (INPUT DATA TABLES), so razdeljene v petnajst datotek: Watershed Configuration File (.fig), Soil Data (.sol), Weather Generator Data (.wgn), Subbasin General Data (.sub), HRU General Data (.hru), Main Channel Data (.rte), Groundwater Data (.gw), Water Use Data (.wus), Management Data (.mgt), Soil Chemical Data (.chm), Pond Data (.pnd), Stream Water Quality Data (.swq), Watershed general data (.bsn.), Watershed Water Quality Data

(.wwq), Master Watershed Data (.cio). Zbrani in urejeni prostorski podatki in časovni nizi, ki opisujejo značilnosti porečja se vnesejo v te datoteke.

Preglednica 3.20: Povezava med površinskim pragom, številom HOE in odstotkom rabe tal za porečja reke Reke (9 podporečij) in Dragonje (16 podporečij)

Table 3.20: Relationship between surface threshold, number of HRU and percentage of land uses for the river Reka (9 subcatchments) and Dragonja (16 subcatchments) catchments

Površinski prag (raba : tla : naklon)		Št. HOE	SWAT razred rabe (%)													
			AGRC	AGRR	ASPR	TRAV	VINE	ORCI	ORCE	OLEA	FRSD	FRST	URMD	URBN	WETL	WATR
Reka	0 : 0 : 0	754	0,4	-	-	7,6	22,7	1,8	2,9	0,2	59,8	-	-	4,2	-	0,2
	5 : 0 : 0	469	0,02	-	-	8,0	23,8	0,8	0,7	0	64,2	-	-	2,4	-	0
	5 : 5 : 0	371	0,02	-	-	8,0	23,8	0,8	0,7	0	64,2	-	-	2,4	-	0
	5 : 5 : 5	291	0,02	-	-	8,0	23,8	0,8	0,7	0	64,2	-	-	2,4	-	0
	10 : 5 : 0	217	0	-	-	1,9	26,2	0	0	0	71,9	-	-	0	-	0
	10 : 10 : 0	172	0	-	-	1,9	26,2	0	0	0	72,9	-	-	0	-	0
	20 : 10 : 20	67	0	-	-	0	28,2	0	0	0	71,8	-	-	0	-	0
Dragonja	0 : 0 : 0	2022	0,2	2,9	0,04	17,4	4,5	0,3	0,6	2,7	63,5	5,1	2,4	0,02	0,08	0,3
	5 : 0 : 0	1180	0	1,0	0	18,7	3,7	0,2	0	1,7	69,3	5,0	0,5	0	0	0
	5 : 5 : 0	785	0	1,0	0	18,7	3,7	0,2	0	1,7	69,3	5,0	0,5	0	0	0
	5 : 5 : 5	602	0	1,0	0	18,7	3,7	0,2	0	1,7	69,3	5,0	0,5	0	0	0
	10 : 5 : 0	552	0	0,4	0	16,9	0,3	0	0	0,9	75,3	6,3	0	0	0	0
	10 : 10 : 0	366	0	0,4	0	16,9	0,3	0	0	0,9	75,3	6,3	0	0	0	0
	20 : 10 : 20	107	0	0	0	7,0	0	0	0	0	84,3	8,7	0	0	0	0

Legenda: AGRC, AGRR, ASPR – njiva; TRAV – travnik; VINE – vinograd; ORCI – intenzivni sadovnjak; ORCE – ekstenzivni sadovnjak; OLEA – oljčnik; FRSD – listopadni gozd; FRST – mešani gozd; URMD, URBN – urbano srednja gostota, WETL – mokrišča; WATR – voda

Peti korak je modifikacija INPUT FILE podatkovne baze: Databases (rastlinski pokrov/rastni parametri, parametri profilov tla po horizontu, uporabnikove vremenske postaje, obdelava tal, gnojenje, pesticidi, urbana področja), iztok iz točkovnih virov (po vsakem podporečju), vstopni pretok (če določenega dela porečja nismo zmožni modelirati), zajetja (parametri), podporečja (urejanje strug, mokrišč, sistema podzemne vode, zemljišč), porečje (podatki pomembni za celotno območje), prepis SWAT Input Files omogoča posodobitev *.sub, *.mgt, *.hru itd. potem, ko smo popravili parametre v omenjenih bazah.

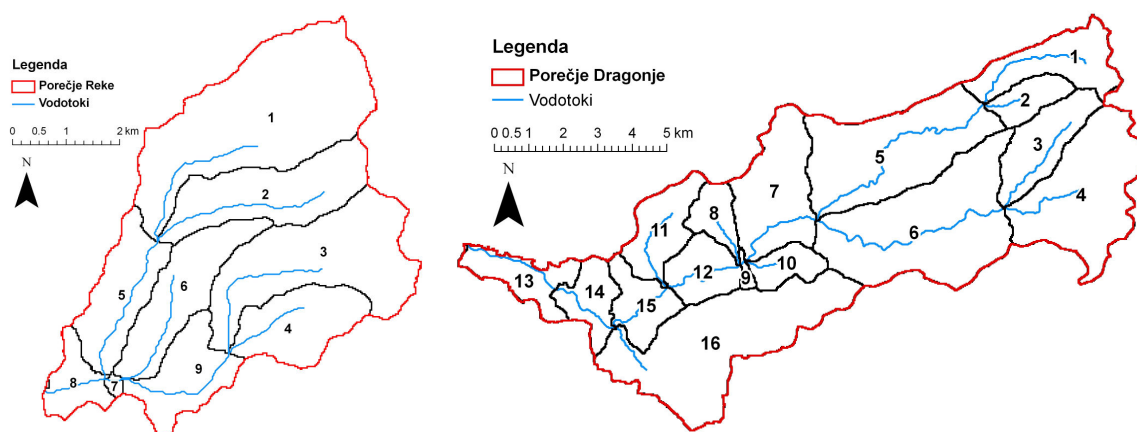
Šesti korak je zagon modela, analiza senzitivnosti, kalibracija, analiza negotovosti in ponovni zagon kalibriranega modela z nizom dobrih ali najboljših parametrov pridobljenih po kalibraciji.

3.2.2 Razdelitev na podporečja in vodozbirna območja

Za določitev območja porečja rek Reke in Dragonje smo uporabili digitalni model višin (DMV) z resolucijo 25×25 m (slika 3.4). Ker so bila nižinska območja obeh porečij v preteklosti meliorirana in so bile struge predstavljene in izravnane, smo morali za določitev primerne in realne rečne mreže uporabiti predpripravljene plasti pridobljene na ARSO, kar nam je omogočilo pravilno modeliranje. V procesu določitve hidrografske mreže nismo

uporabili ortofoto posnetkov. Prag za določitev minimalnega prispevnega območja površinskega odtoka potrebnega za oblikovanje izvira potoka, je bil postavljen pri Reki na 90 ha pri 1447 celicah in pri Dragonji na 90 ha pri 2348 celicah, saj so te vrednosti vrnilo najboljše določitev omrežja vodotokov. V nadaljevanju smo v procesu določitve podporečij odstranili manj pomembne avtomatsko določene točke, ki se formirajo na iztoku pritokov v glavno strugo ter s tem znižali število podporečij. Dodatno smo vnesli končne točke porečij, ki so bile nameščene na reki Reki na hidrološki postaji Neblo 8680 in na reki Dragonji pri iztoku reke v estuarij pred solinami (slika 3.32). Določili smo tudi točke monitoringa pretoka in kakovosti voda, ki so vnesene kot točke iztoka iz podporečij, kjer se bo izvajala kalibracija in validacija modela. Po dokončni ureditvi glavne točke iztoka je model izrisal obe porečji. V modelu SWAT porečje reke Reke pokriva 29,95 km² in porečje reke Dragonje 93,77 km².

Porečje reke Reke je bilo razdeljeno (Delineation) na 9 in porečje Dragonje na 16 podporečij (slika 3.32), ki v prostoru zavzemajo določeno geografsko pozicijo in so prostorsko povezana med seboj. Kot je videti na sliki 3.32, iztok iz podporečja 1 vstopi v podporečje 2. Postavitev podporečij je bila narejena na podlagi površinske topografije digitalnega modela višin. Vsako podporečje vključuje vsaj eno hidrološko odzivno enoto, pritok in glavno strugo. V porečju Reke je vsakemu podporečju med 18 in 48 HOE in v porečju Dragonje med 15 in 68 HOE. Določeni scenariji rabe tal ne pokrivajo celotnih območij porečij Reke in Dragonje, zato smo za osnovna dva scenarija oblikovali še po en večji rečni odsek na katerem se bo izvršila primerjava med scenariji. V porečju Reke smo tako za raziskovalni namen določili rečni odsek R-Vedrijašček (vključuje podporečja 3, 4, 9) in v porečju Dragonje rečni odsek D-Rokava (vključuje podporečja 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).



Slika 3.32: Razdelitev porečij Reke in Dragonje na podporečja

Figure 3.32: Subcatchments distribution in the rivers Reka and Dragonja catchments

3.2.3 Podnebni podatki

Glavne klimatske spremenljivke zahtevane za zagon SWAT modela so dnevne padavine, maksimalna in minimalna dnevna temperatura, relativna zračna vlaga, sončno obsevanje in hitrost vetra. Vse podatke smo pridobili iz obstoječih meteoroloških oz. padavinskih postaj. Obstaja tudi možnost generatorja vremena, ki zapolni manjkajoče podatke v časovnem nizu, ki je nismo uporabili. Morebitne manjkajoče nize smo zapolnili s podatki najbližje

vremenske postaje. Vse potrebne podatke nam je zagotovila Agencija Republike Slovenije za okolje (Meteorološki podatki ARSO, 2009). Za območje Reke smo uporabili podatke za dnevne padavine (mm dan^{-1}) iz padavinskih postaj sredi porečja Vedrijan (1. 4. 1991–1. 9. 2009) in Brdice (1. 4. 1991–31. 12. 2007), kjer smo zaradi prenehanje postaje zadnji dve leti nadomestili s postajo Vedrijan. V porečju ni meteorološke postaje, zato smo za ostale parametre uporabili podatke iz najbližje meteorološke postaje Bilje pri Novi Gorici.

Neposredno znotraj območja Dragonje ni meteorološke ne padavinskih postaj, zato smo uporabili podatke za dnevne padavine iz treh najbližjih postaj Portorož, Dekani in Movraž ter za ostale parametre iz postaje Portorož. Za območje Dragonje smo uspeli pridobiti podatke iz padavinske postaje Fakultete za gradbeništvo, ki se je nahajala na sredi porečja v vasi Labor, a so podatki časovno omejeni na obdobje 2006–2009 in smo jih uporabili le v namen validacije in za prikaz pomembnosti večje gostote padavinskih postaj. Narava obeh območji je zelo nevihtna zato smo iz ARSO pridobili podatke o padavinah iz radarske slike in jih zaradi motenj, ki so vzrok v oddaljenosti radarja prilagodili glede na najbližje postaje. Opis postopka je obrazložen v podpoglavju 3.1.4. Te podatke smo uporabili z željo prikazati, ali so radarski podatki uporabni in bi bili primerni za uporabo v modeliranju območij, ki nimajo dovolj goste mreže padavinskih postaj.



Slika 3.33: Lokacije pri modeliranju uporabljenih padavinskih postaj za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje

Figure 3.33: Locations of the rainfall gauging stations used in modelling of the Reka in Goriška Brda and Dragonja catchments

Sončno obsevanje

Za izračun sončnega obsevanja ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$) iz sončnih ur (h dan^{-1}) smo uporabili model AWSET 3 (Hess, 2000). Sončno obsevanje/radiacija je bila izračunana s pomočjo Ångströmove enačbe, ki vzpostavlja povezavo med dotečajočim sončnim obsevanjem in izvenzemeljskim obsevanjem ter relativno dolžino sončnih ur (enačba 4):

Sončno obsevanje (R_s):

$$R_s = R_a \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) \quad \dots (4)$$

Kjer je:

R_s	dotelejajoče kratkovalovno obsevanje ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
R_a	izvenzemeljsko obsevanje ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) ($16.83 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
N	maksimalno število ur dnevne svetlobe (ura) (11,98 ur)
n	dejanska dolžina sončnega obsevanja (ure)
$\frac{n}{N}$	relativna dolžina časa sončnega obsevanja (ure)
a_s	Angstromova regresijska konstanta (0.25)
b_s	Angstromova regresijska konstanta (0.50)

Potencialna evapotranspiracija

Za izračun dnevne potencialne evapotranspiracije (PET) lahko uporabimo privzete formule modela SWAT, ki izračuna vrednosti na podlagi vnesenih meteoroloških podatkov, ali vnesemo svoje izračune. Model omogoča izračun po več metodah (Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves), od katerih smo v procesu modeliranja izbrali metodo po Penman-Monteithu (enačba 5). Združuje komponente, ki vključujejo energijo, potrebno za vzdrževanje evaporacije, ima močan mehanizem, nujen za izhlapevanje vodne pare, in toplotni vzgon ter mehanizem zagotavljanja pogojev za aerodinamično in površinsko napetost (Neitsch in sod., 2005). Za izračun PET po Penman-Monteith metodi potrebujemo naslednje meteorološke podatke: temperaturo (min., maks.), sončno obsevanje, relativno zračno vlago in veter.

Potencialna evapotranspiracija – Penman-Monteith ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$):

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot (H_{net} - G) + \rho_{zrak} \cdot c_p \cdot [e_z^\circ - e_z] / r_a}{\Delta + \gamma \cdot (1 + r_c / r_a)} \quad \dots (5)$$

Kjer je:

λE	gostota latentnega toka toplote ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
E	stopnja evaporacije (mm dan^{-1})
Δ	naklon krivulje nasičenosti vodne pare – temperatura de/dT ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
H_{net}	neto radiacija ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
G	toplotni tok tal ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$)
ρ_{zrak}	gostota zraka (kg m^{-3})
c_{p_o}	specifična toplotna kapaciteta vlažnega zraka ($\text{MJ kg}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$)
e_z°	nasičeni parni pritisk zraka pri višini z (kPa)
e_z	vodni parni pritisk zraka pri višini z (kPa)
γ	psihrometrična konstanta ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)
r_c	upornost rastlinskega pokrova (s m^{-1})
r_a	aerodinamična upornost (s m^{-1})

3.2.4 Tla

Podatki o tleh, ki jih uporablja SWAT, so lahko razdeljeni v dve skupini po fizikalnih in kemičnih lastnostih. Fizikalne lastnosti tal so odgovorne za gibanje vode in zraka skozi profil in imajo močan vpliv na cikel vode znotraj HOE. Kemične lastnosti tal se uporabljajo za vzpostavitev začetnih vrednosti elementov (N, P, K, sredstva za varstvo rastlin, težke kovine) v tleh. Medtem ko so fizikalne lastnosti nujne za delovanje modela,

informacija o kemičnih lastnostih ni obvezna (Neitsch in sod., 2005), a model za primerno vzpostavitev začetnih pogojev potrebuje prehodno/ogrevalno obdobje. Vhodna Preglednica o tleh (.sol) definira fizikalne lastnosti vseh horizontov v talnem profilu.

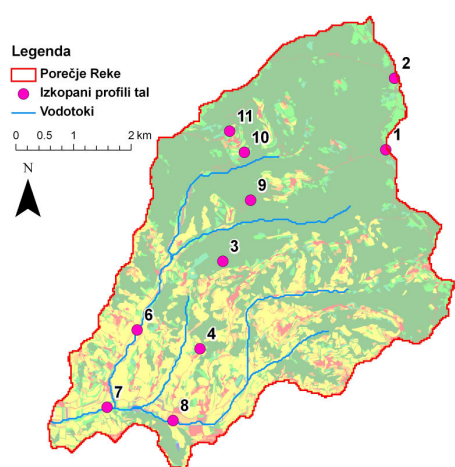
Za osnovno definiranje talnih tipov smo uporabili digitalno pedološko karto (DPK) Slovenije (Reka, Dragonja) v merilu 1 : 25.000 in digitalizirano pedološko karto Hrvaške (Dragonja) v merilu 1 : 50.000 (slika 3.6, slika 3.7). Za območje povodja Dragonje na območju Hrvaške smo podatke o lastnostih tal pridobili na Univerzi v Zagrebu (Agronomski fakultet, Zavod za pedologijo). Digitalna pedološka karta Slovenije je osnovana na 1644 profilih, ki so bili izkopani po celi Sloveniji. Iz tega so določili 998 pedo-sistematskih enot (PSE), ki posamezno ali v skupini po tri tvorijo 1860 pedo-kartografskih enot (PKE). Število horizontov po pedoloških profilih (zaporedni pedološki profil – ZPP) je različno in se giblje med 1 in 5. Horizonti vsebujejo podatke o standardni pedološki analizi tal, ki ne vsebuje podatkov o vodno-fizikalnih lastnostih (gostota, vodno-zadrževalne lastnosti, hidravlična prevodnost). PKE enote v digitalni karti so osnovane na pedosistematskih enotah (PSE), ki so tvorjene na podlagi dveh ali treh meritev v državi zato podatki pedološke karte ne predstavljajo tal na lokalnem nivoju temveč so oblikovani na majhnem številu vzorcev in povprečjih.

Za povezavo med PSE in PKE je nujno potrebna analiza pedologa, ki med vsemi profili in horizonti v bazi poišče najbolj reprezentativnega. Različno oblikovane karte imajo posledice na natančnost modeliranja. Zato smo v procesu raziskave izvedli terensko vzorčenje tal na obeh raziskovalnih porečjih. Profile tal za izkop smo določili glede na digitalno pedološko karto in rabo tal (GERK). Ko smo ju prekrili smo ugotovili, da določene PKE enote prekrivajo določene rabe tal. Na območju porečja reke Reke smo kljub 6 PKE enotam in 6 ZPP profilom izkopali 10 profilov tal, saj smo želeli razlikovati tla tudi po kmetijski rabi (vinograd, travnik) (slika 3.34).

Na območju reke Dragonje smo ob 18 PKE enotah in 12 ZPP profilih na območju slovenskega dela porečja izkopali 18 profilov (slika 3.35), saj smo ob pregledu karte in kasneje ob terenskem ogledu ugotovili, da so določene enote zelo butičnih vrednosti (med njimi so tudi smetišče, peskokop, skalni previs, ki ga omejuje cesta), ali so si med seboj zelo podobne in se bistveno ne razlikujejo oz. ne vplivajo na okolico (preglednica 3.2). Prekriti karti tal in rabe smo nato združili in oblikovali novi digitalni karti tal za obe območji v Sloveniji, ki tako temeljita na terenu in s pomočjo analiz vzorcev s terena v laboratoriju pridobljenih podatkih (priloga C).

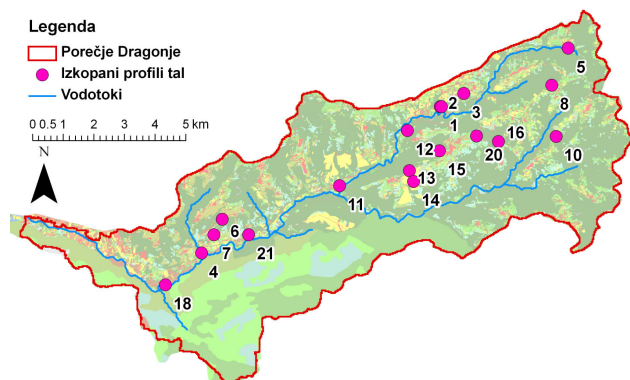
Za modeliranje SWAT so zahtevane splošne vrednosti talnega tipa za naslednje parametre: ime talnega tipa, število horizontov, hidrološka skupina, maksimalna globina korenin (mm), poroznost – delež praznih por (privzeto = 0,50) in potencialni volumen razpok (opcija). Nadalje potrebuje za vsak horizont informacijo o: globini horizonta od površja (mm), gostoti tal (g cm^{-3}), količini rastlinam dostopne vode ($\text{mm H}_2\text{O mm}^{-1}$ tal), nasičeni hidravlični prevodnosti (mm h^{-1}), vsebnosti organskega ogljika (% mase tal) v glini – melju – pesku (% mase tal), skeletu (% skupne mase vzorca), albedu tal, faktorju erozivnosti (K) iz enačbe MUSLE (K_{USLE}) ($(\text{ton m}^2 \text{ h})/\text{m}^3$ (ton cm)).

Več parametrov, ki jih SWAT nujno potrebuje za delovanje, ni bilo možno pridobiti iz osnovne digitalne pedološke karte oz. so bili podatki dostopni le za posamezne profile (hidrološka skupina, gostota tal, količina rastlinam dostopne vode, nasičena hidravlična prevodnost, vsebnost organskega ogljika, albedo, faktor erozivnosti – K_{USLE}). Zato smo si pri oblikovanju pedološkega dela modelov, osnovanih na osnovni DPK, pomagali z določenimi računskimi postopki in spletno aplikacijo, ki so služili za popolnitev manjkajočih podatkov. Hidrološka skupina, albedo in faktor erozivnosti so parametri, ki smo jih morali določiti tudi za modele osnovane na novi digitalni karti tal, in so se določili iz na terenu merjenih parametrov. Na terenu smo vzorčili tudi za meritve in kasnejšo analizo gostote tal, hidravlične prevodnosti in količino rastlinam dostopne vode. Količino rastlinam dostopne vode smo merili po dveh metodah (porušeni in neporušeni vzorci tal). Tako smo oblikovali za vsako porečje po tri različne baze podatkov tal. Prva je osnovana na osnovni digitalni pedološki karti Republike Slovenije z modeliranimi manjkajočimi podatki (Pedosphere, 2009; Saxton in sod, 1986). Druga in tretja baza tal sta v celoti osnovani na terenskih in laboratorijskih meritvah vzorcev tal in se med seboj razlikujeta le po podatku o količini rastlinam dostopne vode v tleh (neporušeni in porušeni vzorci tal). Iz tega smo za proces analize senzitivnosti, kalibracije in validacije naredili po tri modele za posamezno območje raziskovanja (RekaBase, RekaBaseNEporušeni, RekaBasePORušeni, DragonjaBase, DragonjaBaseNEporušeni, DragonjaBasePORušeni). Priloge D1 – D10 vsebujejo parametre lastnosti tal uporabljene v vseh šestih modelih tal, ki so služili za primerjavo v postopku kalibracije.



Slika 3.34: Točke izkopanih profilov tal za porečje reke Reke in profil številka 7

Figure 3.34: Points of the excavated soil profiles for the river Reka catchment and profile number 7



Slika 3.35: Točke izkopanih profilov tal za porečje reke Dragonje in slikovni prikaz profila številka 7
Figure 3.35: Points of the excavated soil profiles for the river Reka catchment and profile number 7

3.2.4.1 Hidrološka skupina tal (A, B, C, D)

Skupaj z rabo zemljišč se podatek o hidrološki skupini uporablja za določitev vrednosti površinskega odtoka (surface runoff curve number). Služba za zaščito naravnih virov v ZDA je razvila klasifikacijo tal v štiri hidrološke skupine na podlagi značilnosti tal. Tla, ki spadajo v določeno skupino, imajo podoben odtočni potencial pod podobnimi pogoji (intenziteta padavin in rastlinski pokrov). Na odtok najbolj vplivajo lastnosti, ki so povezane z minimalno stopnjo infiltracije na golih nezmrznjenih tleh po daljšem obdobju padavin. Te lastnosti so globina do sezonske višine gladine podtalnice, nenasičena hidravlična prevodnost in globina do zelo počasi propustne plasti.

Definicije za te štiri skupine so:

A Tla, ki imajo visoko stopnjo infiltracije tudi, ko so popolnoma namočena. Pretežno jih sestavljajo peski in prodi in so globoka in zelo dobro do ekstremno drenirana. Tla imajo visoko stopnjo prevodnosti vode in nizek potencial za površinski odtok.

B Tla, ki imajo srednjo stopnjo infiltracije, ko so popolnoma namočena. So pretežno srednje globoka do globoka in srednje dobro drenirana s srednje fino do srednje grobo teksturo. Tla imajo srednjo stopnjo prevodnosti vode.

C Tla, ki imajo počasno stopnjo infiltracije, ko so popolnoma namočena. Profil vsebuje horizont, ki ovira gibanje vode navzdol in vsebuje srednje fino do fino teksturo. Tla imajo počasno stopnjo prevodnosti vode in visok potencial za površinski odtok.

D Tla, ki imajo zelo počasno stopnjo infiltracije, ko so popolnoma namočena. Pretežno so sestavljena iz glin z visokim potencialom za krčenje in raztezanje. Tla imajo stalno visoko gladino podtalnice in imajo lahko plast iz gline, ki je blizu površja oz. imajo plitko plast tal na nepropustni podlagi. Tla imajo zelo počasno stopnjo prevodnosti vode.

Hidrološke skupine tal na obravnavanih območjih so bile določene s pomočjo table iz SWAT teoretične dokumentacije (Neisch in sod. 2005) na podlagi vrednosti o nasičeni hidravlični prevodnosti.

3.2.4.2 Gostota tal

Podatek o gostoti tal v digitalni pedološki karti ni na voljo, zato smo si za pridobitev tega podatka pomagali z modelom po Saxtonu (Pedosphere, 2009; Saxton in sod, 1986), ki gostoto tal izračuna na podlagi teksture tal. V delu naloge, kjer smo primerjali osnovno karto z meritvami podprto novo karto, smo gostoto tal določili na podlagi standarda American society for testing and materials – ASTM D7263 (ASTM, 2010a). Podatke smo pridobili z odvzemom neporušenih vzorcev tal blizu poljske kapacitete v Kopecky cilindrih (100 cm³). Vzorce smo nato posušili (24 ur pri 105 °C), stehali in izračunali gostoto tal (enačba 6).

$$\rho_b = m_s / V_b \quad \dots (6)$$

Kjer je:

ρ_b	gostota tal (g cm ³)
m_s	masa suhih tal (g)
V_b	celotni volumen vzorca odvzet blizu poljske kapacitete (cm ³)

3.2.4.3 Količina rastlinam dostopne vode – AWC

Podatek o količini rastlinam dostopne vode v digitalni pedološki karti ni na voljo, zato smo si za pridobitev tega podatka pomagali z modelom po Saxtonu (Pedosphere, 2009; Saxton in sod, 1986), ki količino rastlinam dostopne vode v tleh izračuna na podlagi teksture tal. V delu naloge, kjer smo primerjali osnovno karto z meritvami podprto novo karto, smo podatke pridobili z odvzemom porušenih (razsuti vzorec) in neporušenih (Kopecky cilinder) vzorcev tal. Za analizo vzorcev smo uporabili mednarodni standard ISO 11274, ki opisuje laboratorijske metode za določanje vodno-zadrževalnih lastnosti tal z neporušenimi vzorci tal. Pri tej metodi smo uporabili 5 cm visoke Kopecky cilindre, ki veljajo po standardu za zgornjo mejo uporabnosti. Metoda s porušenimi vzorci (standard D6836, ASTM) se od prejšnje metode razlikuje po tem, da smo vzorec tal posušili, zdrobili in ga v treh ponovitvah nasuli v 1 cm visoke plastične obročke. Postopek je v nadaljevanju enak metodi s neporušenimi vzorci (ASTM, 2010b).

Vzorce smo tako v treh ponovitvah za vsak horizont izpostavili tlakoma 0.33 bar za poljsko kapaciteto in 15 bar za točko venenja in iz razlike izračunali količino rastlinam dostopne vode (RDV-AWC) ob določenem matričnem potencialu (enačba 7).

$$RDV = \frac{PK - TV}{100} \quad \dots (7)$$

Kjer je:

RDV	količina rastlinam dostopna voda (mm H ₂ O mm tal ⁻¹)
PK	poljska kapaciteta (mm H ₂ O mm tal ⁻¹)
TV	točka venenja (mm H ₂ O mm tal ⁻¹)

3.2.4.4 Nasičena hidravlična prevodnost – K_{sat}

Podatek o nasičeni hidravlični prevodnosti v digitalni pedološki karti ni na voljo, zato smo si za pridobitev tega podatka pomagali s spletnim modelom po Saxtonu (Pedosphere, 2009; Saxton in sod, 1986), ki podatek izračuna na podlagi teksture tal. V delu naloge, kjer smo primerjali osnovno karto z meritvami podprto novo karto, smo podatke pridobili z odvzemom vzorcev tal v Kopecky cilindre. Nadaljnje meritve smo izvedli s pomočjo testa prepustnosti tal za vodo v napravi imenovani prepustometer za talno vodo (Soil water permeameter, izdelovalec Eijkelkamp), ki temelji na Darcyjevi metodi ugotavljanja prepustnosti tal v pogojih nasičenja tal. Za meritve smo uporabili dve laboratorijski metodi. Za bolj prepustne vzorce metodo s stalnim tlakom in za bolj neprepustne, metodo s padajočim tlakom po standardu ASTM D5084 (Klute in Dirksen, 1986; ASTM, 2010c).

3.2.4.5 Vsebnost organskega ogljika

Podatek o vsebnosti organskega ogljika v osnovni digitalni pedološki karti ni na voljo za vse profile, zato smo si za pridobitev manjkajočih podatkov pomagali s preračunom vsebnosti organske snovi (OS) (enačba 8).

$$orgC = OS/1,72 \quad \dots (8)$$

Kjer je:

<i>orgC</i>	odstotek organskega ogljika v horizontu (%)
<i>OS</i>	odstotek organske snovi (%)
<i>1,72</i>	faktor za preračun

3.2.4.6 Albedo

Albedo tal je funkcija barve tal, ki se tvori zaradi loma svetlobnega sevanja in je odvisen od barve matične podlage, vsebnosti organske snovi in pogojev preperevanja. Barvo tal, ki služi za izračun albeda se določa, ko so tla blizu poljske kapacitete. Digitalna pedološka karta kot tudi meritve na terenu so osnovane na podatku o barvi tal, zato smo jih preračunali (enačba 9). Barva tal se določa po Munsellovi lestvici, ki opisuje 322 standardnih odtenkov. Podatek o barvi tal sestoji iz oznake (npr.: 10 YR 5/2), ki jo sestavljajo trije deli: **hue** – prevladujoči barvni spekter (npr.: 10 YR); **value** – svetlost (bela = 0) oziroma temnost (črna = 10) barve, kjer je siva barva srednji vrednost 5; **chroma** – opisuje intenzivnost barve, kjer je motna barva 0 in bistra barva 8. Najpogostejše vrednosti za barvni spekter so od 2.5 YR, 7.5 YR, 10 YR do 2.5 Y in opisujejo barve od rumenkaste preko oranžne, rjave do rdeče. V enačbi 9 se uporabi podatke o **value**, ki opisuje svetlost oz. temnost barve tal.

$$Albedo\ tal = (0,07 \cdot barva\ tal) - 0,12 \quad \dots (9)$$

3.2.4.7 Faktor erozivnosti tal (K_{USLE})

Za izračun faktorja erozivnosti tal smo uporabili alternativno USLE formulo (K_{USLE}), ki jo je predlagal Williams (1995) (enačba 10–enačba 14) in se izračuna na podlagi texture tal iz standardne pedološke analize:

$$K_{USLE} = f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand} \quad \dots (10)$$

Kjer je:

- f_{csand} faktor, ki podaja nizke vrednosti erozivnost tal ob večji vsebnosti zelo grobega peska in visoke vrednosti ob nizki vsebnosti peska,
 f_{cl-si} faktor, ki podaja nizke vrednosti erozivnosti tal za razmerje med visokimi vsebnostmi gline in melja,
 f_{orgc} faktor, ki zniža erozivnost tal z visoko vsebnostjo organskega ogljika,
 f_{hisand} faktor, ki zniža erozivnost tal z ekstremno visoko vsebnostjo peska.

Faktorji se izračunajo kot:

$$f_{csand} = \left(0,2 + 0,3 \cdot \exp \left[-0,256 \cdot m_s \cdot \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right) \quad \dots (11)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3} \quad \dots (12)$$

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0,25 \cdot orgC}{orgC + \exp[3,72 - 2,95 \cdot orgC]} \right) \quad \dots (13)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0,7 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5,51 + 22,9 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right) \quad \dots (14)$$

Kjer je:

- m_s odstotek peska (0,05–2,00 mm premer delcev),
 m_{silt} odstotek melja (0,002–0,05 mm premer delcev),
 m_c odstotek gline (< 0,002 mm premer delcev),
 $orgC$ odstotek organskega ogljika v horizontu (%).

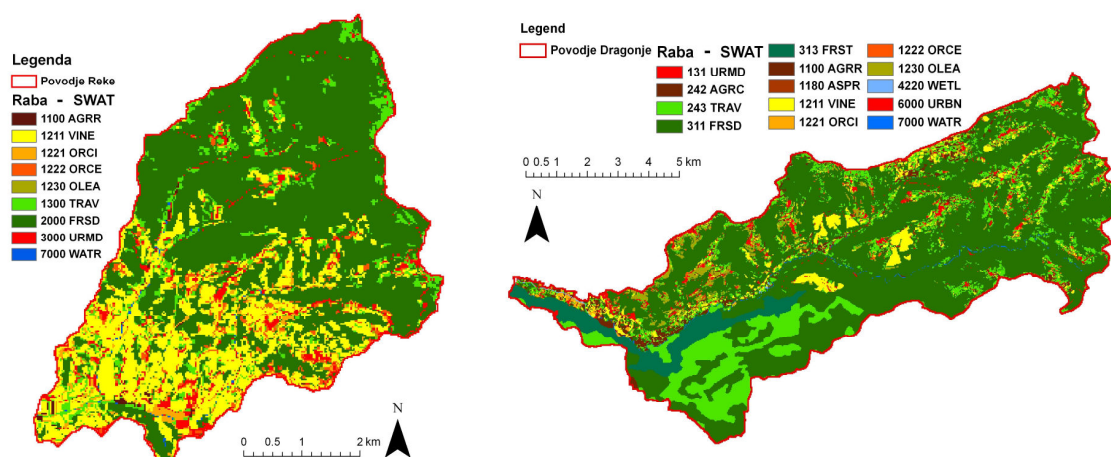
3.2.5 Raba zemljišč

Za površinsko porazdelitev glavnih razredov pokrovnosti zemljišč, ki jih je treba določiti za modeliranje smo uporabili karto rabe zemljišč iz leta 2009, pridobljeno na Ministrstvu RS za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), ki je oblikovana iz podatkov GERK. Na območju porečja Dragonje, katerega del sega na Hrvaško smo uporabili karto pokrovnosti zemljišč CORINE 2000, pridobljeno na spletni strani Evropske okoljske agencije (EOA-EEA). Karta GERK je zelo natančna, saj omogoča definiranje rabe na

obdelovalnih zemljiščih zelo natančno (1 m × 1 m). Medtem je karta pokrovnosti zemljišč CORINE 2000 dokaj nenatančna saj so območja z zelo heterogeno zemljiško strukturo združena v enotni razred, ki pogosto ne odseva realnega stanja. Razrede rabe iz kart GERK in CORINE 2000 smo morali v nadaljevanju povezati z razredi rabe v bazi podatkov modela (preglednica 3.21), iz katerih je model oblikoval karto rabe prilagojeno modelu SWAT (slika 3.36). V bazi podatkov se lahko glede na razmere v porečjih spreminja parametre in imena posameznih rab zemljišč. Oba tipa sadovnjakov sta osnova na sadovnjaku jabolk, kateremu smo spremenili določene parametre, da bolj odraža realne razmere. V prilogi E so parametri rasti rastlin za vse uporabljene rabe zemljišč in rastline gojene na njih.

Preglednica 3.21: Razmerja med CORINE, GERK in SWAT razredi rabe zemljišč
Table 3.21: Relationships between CORINE, GERK and SWAT land use classes

		SWAT razredi rabe zemljišč
CORINE land cover razredi	131 – izkopi gradbenega materiala, gradbišča	URMD – naselje srednja gostota
	242 – zapleteni vzorci obdelovanja, njiva, travnik	AGRC – njiva žita
	243 – kmetijska zemljišča z pomembnim deležem naravne vegetacije	TRAV – travnik
	312 – iglasti gozd	FRSE – vednozelen gozd
	313 – mešani gozd	FRST – mešan gozd
	311 – listopadni gozd	FRSD – listopadni gozd
	321 – naravna travišča	
	323 – sklerofilna vegetacija	
	324 – prehod med gozdom in grmičevjem	
	422 – morska mokrišča, soline	WETL – mokrišča
GERK razredi rabe zemljišč	1100 – njiva	AGRR – njiva vrstni posevki
	1190 – rastlinjak	
	1180 – trajne rastline na njivskih površinah	ASPR – beluši, trajne vrtnine
	1211 – vinograd	VINE – vinograd
	1221 – intenzivni sadovnjak	ORCI – intenzivni sadovnjak
	1222 – intenzivni sadovnjak	ORCE – ekstenzivni sadovnjak
	1230 – oljčnik	OLEA – oljčnik
	1300 – travnik	TRAV – travnik
	1410 – kmetijsko zemljišče zaraščanju	FRSD – listopadni gozd
	1500 – drevesa in grmičevje	
	1600 – neobdelano kmetijsko zemljišče	
	1800 – kmetijsko zemljišče poraslo z gozdnim drevjem	
	2000 – gozd	
	5000 – suho odprto zemlj. s posebnim rast. pokrovom	URMD – urbano srednja gostota
	3000 – pozidano in sorodno zemljišče	
	4210 – trstičje	WETL – mokrišča
	4220 – ostalo zamočvirjeno zemljišče	
	6000 – odprto zemlj. brez ali z nepome. rast. pokrovom	URBN – urbano srednja gostota
	7000 – voda	WATR – voda



Slika 3.36: Modificirani karti rabe zemljišč uporabljeni pri modeliranju s SWAT modelom za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje

Figure 3.36: Modified land use map used in modelling with SWAT model for the Reka in Goriška Brda and Dragonja catchments

3.2.6 Kmetijske prakse

Primarni cilj priprave datoteke tehnologije pridelovanja (management files) je oceniti učinke človeške aktivnosti na preučevani sistem. Središčni del te ocene je določitev kmetijskih praks rabe zemljišč in vode, ki potekajo znotraj sistema. Najpomembnejša datoteka, ki se uporablja za združevanje praks je HRU (HOE) management file (.mgt). Ta datoteka vsebuje podatke o sajenju/saditvi, žetvi, namakanju, gnojenju, sredstvih za varstvo rastlin, obdelavi tal (Neitsch in sod., 2005). Uporabnik lahko določi začetek in konec rastne sezone, razpored obdelovalnih operacij (setev, žetev, paša, itd.) ob določenem času, tip in vrsto gnojila, aplikacijo sredstev za varstvo rastlin, čas namakanja ter tip in vrsto obdelave tal. Tehnologije pridelovanja na kmetijskih zemljiščih imajo velik vpliv na onesnaževanje površinskih voda s fosforjem, dušikom in sedimentom. Slednji lahko kot pomemben onesnaževalec izvira tudi iz gozdarstva ob povečani izrabi gozdov.

Tehnologija pridelovanja

V modelu je treba pripraviti datoteko pridelovalnih praks. To pomeni, da je treba oblikovati časovno zaporedje dogodkov (npr. kolobar), ki pripomorejo k uspešni modelni rasti rastlin iz leta v leto. Če imamo trajne rastline, je lahko dovolj, da oblikujemo enoletne nize, ki se vsako leto ponovijo. V primeru poljedelstva ali vrtnarstva je potrebno oblikovati večletne kolobarje, ki se nato ob koncu obdobja ponovijo. Model ne omejuje števila različnih pridelovalnih in obdelovalnih operacij. SWAT ne omejuje števila rastlin gojenih v enem letu, a le ena je lahko gojena naenkrat na eni hidrološki odzivni enoti (HOE).

Vsi postopki obdelave tal in tehnologije pridelave rastlin, uporabljeni v modelu SWAT, so tipični za zahodno submediteransko Slovenijo. Cilj ni bil modeliranje dejanske realne pridelave (to je nemogoče), ampak definiranje reprezentativnih operacij. Tako smo definirali šest različnih tehnologij pridelave (vinograd, oljčnik, njiva, travnik, ekstenzivni in intenzivni sadovnjak), ki smo jih uporabili na kmetijskih zemljiščih raziskovalnih območij. Za vsako tehnologijo smo pri Kmetijski svetovalni službi (KSS) KGZS – Zavod

Nova Gorica in v pogovoru s kmeti pridobili pridelovalni koledar z okvirnimi datumi opravil (oranje, setev/saditev, gnojenje, spravilo, itd.).

Tehnologijo pridelovanja smo pripisali posameznim območjem na podlagi karte rabe tal GERK. Na območju Hrvaške smo to storili na podlagi karte rabe CORINE 2000, kjer je bila tehnologija njiva pripisana šifri rabe 242 in travnik šifri rabe 243. V rastlinski bazi modela smo poiskali primerljive rastline. Tako smo za oljko uporabili vednozelen gozd (Evergreen Forest), ki smo ga korigirali z značilnostmi oljčnika. Za trto in sadovnjake smo uporabili jablano (Apple), ki smo jo dopolnili z značilnostmi trte, pri intenzivnih sadovnjakih z značilnostmi breskev in ekstenzivnih z značilnostmi češenj. Za travnike smo uporabili visoko bilnico (Tall Fescue). Za njive, kjer prevladujejo zelenjadnice smo uporabili beluše (Asparagus). V prilogi F je koledar opravil in parametri za vse uporabljene tehnologije pridelovanja v osnovnih in alternativnih scenarijih rabe.

Njivske površine na območjih raziskovanja predstavljajo majhen del (Reka = 0,4 % – SWAT 0,02 %; Dragonja = 3,1% – SWAT 1,01 %) od katerega velik del zasedajo manjša zemljišča posajena s krompirjem in vrtninami za lastno pridelavo (preglednica 3.22). KSS je oblikovala splošno vrtnarsko tehnologijo pridelovanja in koledar opravil (priloga F3). Travne površine so obdelovane zelo ekstenzivno z izredno nizko obtežbo ali celo brez obtežbe in se vrši le košnja za vzdrževanje odprtega prostora in obrambo pred zaraščanjem.

Preglednica 3.22: Tehnologije pridelovanja (ha, %) na raziskovalnih območjih rek Reke in Dragonje
Table 3.22: Techniques of cultivation (ha,%) in the research areas of the rivers Reka and Dragonja

Tehnologija	Površina (ha)	Površina (%)	Kmetijsko zemljišče (%)
<i>Reka</i>			
Vinograd	714,2	23,84	71,47
Oljčnik	-	-	-
Njiva	0,6	0,02	0,06
Travnik	238,1	7,95	23,83
Ekst. sadovnjak	22,2	0,74	2,22
Int. sadovnjak	24,0	0,80	2,40
Skupaj	999,2	33,35	100,00
<i>Dragonja</i>			
Vinograd	342,1	3,65	14,46
Oljčnik	157,1	1,67	6,64
Njiva	94,3	1,01	3,98
Travnik	1750,5	18,67	73,97
Ekst. sadovnjak	-	-	-
Int. sadovnjak	22,5	0,24	0,95
Skupaj	2366,5	25,24	100,00

Pomemben SWAT parameter je tudi harvest index override (žetveni indeks) $((\text{kg ha}^{-1})(\text{kg ha}^{-1})^{-1})$ (HI_OVR) v žetvenih operacijah (*.mgt). Ta spremenljivka določa razmerje med količino pridelka in celotno nadzemno biomaso in to razmerje uravna na določeno vrednost (večji kot je, več biomase je odstranjene). Žetveni indeks v podatkovni bazi rastnih parametrov (crop.dat) predvideva, da so požeta le semena. Če je biomasa pokošena in odstranjena (seno, silaža, rez dreves), je potrebno specificirati količino odstranjene biomase. Ta parameter je variiral od tehnologije do tehnologije, a je bil za vse scenarije enako ovrednoten. HI_OVR pridružen parameter je tudi harvest efficiency (HARVEFF) ali učinkovitost spravila, ki opredeli odstotek biomase, ki je odstranjen s

površine. Če je manj kot 1, je preostanek pretvorjen v organsko snov. V primeru košnje travnika je HI_OVR 0,9 in HARVEFF 1. Za posamezne tehnologije pridelave smo uporabljali različne vrednosti, ki so predstavljene v prilogi F.

Zaradi pomembnosti teras na raziskovalnih območjih smo prilagodili USLE_P faktor, ki je definiran kot razmerje med izgubo/erozijo tal ob določeni praksi in izgubo tal iz prakse nad in pod dotično prakso oz. hidrološko odzivno enoto. Teraso so lahko različnih oblik (nagnjene naprej – odvodne ali nazaj – lovilne, širše ali ožje, na položnih ali strmih naklonih) in iz tega izhaja njihov učinek na preprečevanje erozivne sile površinskega odtoka. Teraso lahko učinek erozije znižajo za več kot 10-krat (Neitsch in sod., 2005) (preglednica 3.23). Gozdovi na raziskovalnih območjih nimajo večje gospodarske vrednosti. Gozdovi na območju Dragonje so povečini sestavljeni iz gospodarsko nezanimivih vrst hrasta, jesena, črnega bora in robinije z veliko podrasti. Veliko je tudi zaraščenih kmetijskih zemljišč, ki jih težko ovrednotimo kot gozd. Na območju Reke gozdarstvo enako ne predstavlja pomembne panoge, kljub temu, da se v gozdovih že pojavlja večji delež bukve. Od ostalih vrst se pojavljajo še gospodarsko nezanimive vrste hrasta, jesena in večje površine robinije. Slednja zaradi ugodnih klimatskih razmer zelo dobro uspeva in kolonizira vse izsekane površine.

Preglednica 3.23: USLE P faktorji za kmetijske rabe na različnih naklonih in ob prisotnosti teras
Table 3.23: USLE P factor for agricultural use at different slopes and for terraces

Naklon (%)	USLE P (njiva, oljčnik, vinograd, sadovnjak)	USLE P (travnik)
1–10	0,55 – ni teras	0,55
11–20	0,70 – ni teras	0,70
21–35	0,06	0,75
36–50	0,07	0,80
> 51	0,08	0,85

Uporaba gnojil

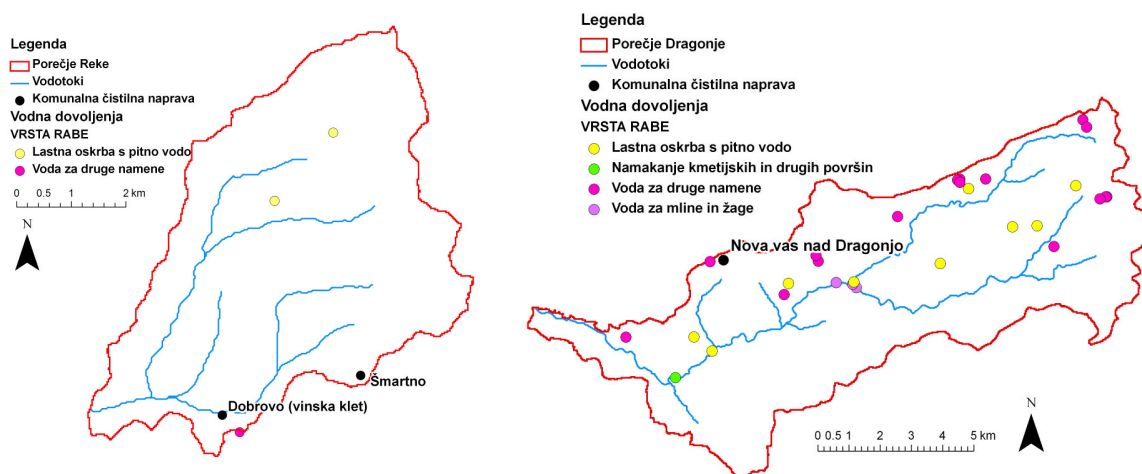
Ta operacija je v SWAT namenjena aplikaciji mineralnih in organskih gnojil na tla za izboljšanje rasti rastlin. Zato so potrebne določene informacije, kot je čas aplikacije (dan in mesec), vrsta in količina gnojila ter globina uporabe gnojila. SWAT predvideva, da povprečen površinski odtok vpliva na zgornjih 10 mm tal. To pomeni, da so hranila, ki jih vsebuje zgornja plast dostopna površinskemu odtoku za transport do vodotokov (Neitsch in sod., 2005). To kaže na visok pomen pravilne uporabe modeliranja mineralnih in organskih gnojil.

Podatki o vrsti gnojil, količini uporabljenih gnojil, rokih uporabe in gnojilnih obrokah so bili pridobljeni na KSS, pri kmetih iz raziskovalnih območij ter iz literature (Leskošek, 1993; Mihelič in sod., 2009). V modelu smo modelirali le z mineralnimi gnojili, saj organskih (hlevski gnoj, gnojnica) zaradi odsotnosti živinoreje skoraj ne uporabljajo. Organska gnojila so v večini primerov prisotna v obliki mulčenja trave (humus in sproščanje N) in vračanju tropin po predelavi oliv in grozdja (številna makro in mikrohranila ter humus). Obliko organskih gnojil uravnamo s parametrom HVSTI (žetveni indeks pri optimalnih rastnih pogojih), ki opredeli količino rastlinske biomase, ki je »izgubljena« iz sistema in nedostopna za pretvorbo v humus in razgradnjo. Za modeliranje

rasti rastlin ni važno katero obliko mineralnega gnojila (UREA, elementni) uporabimo, le da je uporabljena prava količina. Morebitna uporaba organskih gnojil je pomembna, ker se hranila iz organske snovi sproščajo počasneje, še posebno iz hlevskega gnoja in mulčene trave. Gnojilni obroki so predstavljeni v prilogi F in vrste uporabljenih gnojil v prilogi G.

3.2.7 Odvzem vode

Odvzem vode iz porečja je lahko pomemben faktor v modelu, saj lahko vpliva na bilanco vode, še posebno, če je voda odvzeta iz vodotoka neposredno. SWAT uporablja posebno orodje upravljanja (*.wus) za porabljeno vodo, ki je nepovratno odvzeta iz porečja. Ta datoteka se uporablja za odvzem vode za namen namakanja, industrije ali javnega vodovoda izven raziskovalnega porečja. Simulira se lahko odvzem iz plitkega ali globokega vodonosnika, iz vodotoka ali iz jezera/rezervoarja na nivoju podporečja. Odvzem vode se lahko simulira na dnevni, mesečni ali letni ravni v obliki povprečne dnevne količine (Neitsch in sod., 2005). Podatki pridobljeni na ARSO (Atlas okolja, 2010), so pokazali, da so v porečju Reke tri odobrena vodna dovoljenja in v porečju Dragonje 30 odobrenih vodnih dovoljenj. Slika 3.37 prikazuje točke vodnih dovoljenj in njihov namen. Vsa odobrena vodna dovoljenja so opremljena z dovoljenim letnim odvzemom v kubičnih metrih, ki so maksimum za točko kot celoto. Odvzeta voda ni nepovratno odvzeta iz porečja z namenom rabe za pitno vodo ali industrijo, zato vodnih dovoljenj nismo uporabili v modelu. Enako velja za mline, namakanje znotraj porečja in za pitno vodo, ki služi kot samooskrba. V obeh porečjih so količine odvzete vode minimalne in še te so porabljene na območju porečja, torej ne vplivajo na bilanco porečja. Pomemben vpliv bi lahko imela le vodna dovoljenja, ki odvezemajo vodo neposredno iz vodotokov in s tem znižujejo pretok v reki. Pomemben podatek je tudi količina dejansko odvzete vode na vodno dovoljenje, a pravih podatkov o tem praktično ni.



Slika 3.37: Vodna dovoljenja in komunalne čistilne naprave v porečjih rek Reke in Dragonje
Figure 3.37: Water permits and wastewater treatment plants in the river Reka and Dragonja catchments

3.2.8 Točkovno onesnaževanje

Za modeliranje izpustov vode in onesnažil iz točkovnih virov oz. čistilnih naprav odpadnih voda, SWAT omogoča vnos točkovnih podatkov na kateremkoli mestu vzdolž vodotoka. Izpusti iz točkovnih virov so lahko uporabljeni kot povprečne spremenljive ali stalne letne vrednosti na urnem, dnevnem, mesečnem ali letnem nivoju. V model se tako lahko vstavi podatke o pretoku, količini sedimenta, hranil, CBOD, DO, klorofila-a, sredstev za varstvo rastlin, kovin in število bakterij (Neitsch in sod., 2005).

Podatke o aktivnih izpustih točkovnih virov smo pridobili pri ARSO in se nanašajo na leto 2008. Na območju Reke se nahajata dva izpusta iz čistilnih naprav, KČN Dobrovo Vinska klet (2400 PE, obremenitev 1242, količina odplake $49.500 \text{ m}^3 \text{ l}^{-1}$), ki sodi med srednje velike naprave in KČN Šmartno (200 PE, obremenitev 293 PE, količina odplake $7.430 \text{ m}^3 \text{ l}^{-1}$), ki sodi med male naprave (slika 3.37). V porečju Dragonje je zabeležen le en točkovni vir, KČN Nova vas nad Dragonjo (200 PE, obremenitev 203 PE, količina odplake $8.700 \text{ m}^3 \text{ l}^{-1}$), ki sodi med male naprave (slika 3.37). Vse naprave izvajajo tudi sekundarno čiščenje odpadnih voda. Podane so le letne količine obdelane odplake, zato smo za namen uporabe v modelu vrednosti preračunali na povprečni dnevni pretok. Pri oceni povprečnih dnevnih izpustov ostali parametrov potrebnih za modeliranje ciklov hranil (sediment/neraztopljene snovi, dušik, fosfor) smo se soočili z pomanjkanjem podatkov, tako smo prednostno uporabili le uradno dostopne. Male čistilne naprave so imele tako le podatke o KPK in BPK, medtem ko je imela večja tudi podatek o amoniju, celotnem N in P na iztoku. Kjer za modeliranje potrebnih parametrov nismo uspeli pridobiti, smo si pomagali z literaturo, ki je navajala merjene vrednosti za čistilne naprave podobnih velikosti (Brake, 1998; Twichell in sod., 2002; Salih, 2004; USGS..., 2003; Clark in sod., 2005; Neal in sod., 2005). Vse te podatke smo potem združili in jih kot povprečne vrednosti uporabili pri modeliranju. Ko smo podatke uredili, smo jih združili za nivo podporečij. Uporabljene vrednosti so predstavljene v prilogi H. Podatki so bili vneseni v model v dveh stopnjah. Najprej smo v postopku razdelitve na podporečja vnesli preglednico točkovnih onesnaževalcev. Kasneje smo preko modifikacije vhodnih podatkov (zavihek Point Source Discharge) vnesli še povprečne stalne dnevne vnose (pretok, hranila) iz točkovnih virov v vodotok po posameznem podporečju.

3.2.9 Varovalni pasovi

Varovalne pasove se v SWAT modelu nastavi na nivoju HOE v podatkovni datoteki tehnologije pridelave (Management parameters – *.mgt). Parameter se imenuje Width of edge-of-field filter strip (m) in je označen s kratico FILTERW. Z njegovo vključitvijo se znižajo količine sedimenta, hranil, pesticidov in bakterij v površinskem odtoku, ko le-ta preide preko pasu. SWAT trenutno še ne omogoča modeliranja z grmičevjem in drevesi zasajenega obrežnega pasu ob vodotoku in uporabe dveh različni pasov na enem HOE ob istem času. SWAT na podlagi preprostega algoritma uporablja enako zadrževalno učinkovitost tako za sediment kot hranila, a različno za površinski odtok (enačba 15) in podpovršinski odtok (enačba 16).

$$trap_{ef} = 0,367 \times (width_{filtstrip})^{0,2967} \quad \dots (15)$$

Kjer je $trap_{ef}$ delež količine sedimenta ali hranila površinskega odtoka zaustavljenega z varovalnim pasom in $width_{filtstrip}$ širina varovalnega pasu (m).

$$trap_{ef,sub} = \frac{(2.1661 \times width_{filtstrip} - 5.1302)}{100} \quad \dots (16)$$

Kjer je $trap_{ef,sub}$ delež količine sedimenta ali hranila podpovršinskega odtoka zaustavljenega z varovalnim pasom in $width_{filtstrip}$ širina varovalnega pasu (m).

3.2.10 Statistične metode uspešnosti modela in primerjave rezultatov

Simulirane in merjene časovne nize za pretok, sediment in hranila je potrebno primerjati za obdobje kalibracije in validacije, za kar se lahko uporabi več statističnih testov. Za ugotavljanje učinkovitosti in kakovosti ter zanesljivosti napovedi je bila izvedena statistična analiza primerjave merjenih in simuliranih rezultatov. Tako smo v končni oceni rezultatov uporabili srednjo vrednost in standardni odklon (SO), ki se uporabljata za ugotavljanje sposobnosti SWAT-a za ponovitev distribucije merjenih podatkov in za oceno variabilnosti med merjenimi in simuliranimi podatki. V primerih, kjer smo imeli zadovoljive nize podatkov (pretok, sediment, dušik, fosfor), smo uporabili naslednje štiri statistične teste: koeficient determinacije (R^2), Nash-Sutcliffe učinkovitost simulacije (E_{NS}) (Nash in Sutcliffe, 1970), root mean square error – efektivna srednja kvadratna napaka ($RMSE$) in percent bias – odstotek pristranskosti ($PBIAS$) (Moriassi in sod., 2007), ki so vse dobro znane in uporabljane pri oceni delovanja modelov.

Koeficient determinacije – R^2 koeficient (brez enot) in Nash-Sutcliffe indeks učinkovitosti simulacije – E_{NS} (brez enot) merita, kako dobro so trendi v merjenih podatkih ponovljeni v simuliranih rezultatih v določenem času in za določeno niz podatkov.

Koeficient determinacije (R^2) za n časovni korak se izračuna kot (enačba 17):

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (simulacija_i - simulacija_{povp.})(meritev_i - meritev_{povp.})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (simulacija_i - simulacija_{povp.})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (meritev_i - meritev_{povp.})^2}} \right)^2 \quad \dots (17)$$

Opisuje del celotne variance v merjenih podatkih, ki jo lahko pojasni model. Razpon vrednosti je od 0,0 (slab model) do 1,0 (odličen model). Vrednost 0 za R^2 pomeni, da nobena od varianc v merjenih podatkih ni ponovljena v modelski napovedi in vrednost 1 pomeni, da so vse variance merjenih podatkov ponovljene v modelski napovedi. Dejstvo, da koeficient oceni le porazdelitev vseh podatkov, je njegova glavna pomanjkljivost, če ga uporabljamo samostojno. Torej, če model sistematično ves čas precenjuje in podcenjuje napoved, bo rezultat še vedno dober, blizu 1, čeprav bi bile vse napovedi napačne.

Nash-Sutcliffe indeks učinkovitosti simulacije (E_{NS}) za n časovni korak se izračuna kot (enačba 18):

$$E_{NS} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\text{meritev}_i - \text{simulacija}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\text{meritev}_i - \text{meritev}_{povp.})^2} \right) \quad \dots (18)$$

Se obširno uporablja za oceno učinkovitosti hidroloških modelov. Meri, kako dobro simulirani rezultati napovedujejo merjene podatke od dneva do dneva. Vrednosti za E_{NS} se gibljejo od minus neskončno (slab model) do 1,0 (odličen model). Vrednost 0,0 pomeni, da so modelske napovedi ravno tako dobre kot če bi uporabljali povprečje merjenih podatkov. Vrednost večja od 0,0 pomeni, da je model boljši napovedovalec podatkov kot povprečje merjenih podatkov. E_{NS} indeks je naprednejši od R^2 in boljši za oceno modelov, saj je občutljiv na razlike med merjenimi in simuliranimi srednjimi vrednostmi in variancami. Glavna slabost tega indeksa je dejstvo, da so razlike med merjenimi in simuliranimi vrednostmi kvadrirane, kar daje večji poudarek na najvišje pretoke. Kot rezultat je učinek večjih vrednosti v časovnih nizov močno precenjen, medtem ko so nižje vrednosti zanemarjene. Vrednost indeksa mora biti večja od 0 za minimalno sprejemljivo učinkovitost.

Root mean square error – efektivna srednja kvadratna napaka ($RMSE$) se določa z izračunom standardnega odklona točk iz njihove prave pozicije, seštevkom meritev in končno s korenjenjem vsote. $RMSE$ se uporablja za merjenje razlike med z modelom simuliranim pretokom ($q^{simulacija}$) in merjenim pretokom ($q^{meritev}$), ki se jo deli s številom vseh meritev (n) (enačba 19). Razpon vrednosti se giblje od 0 (optimalno) do neskončnosti. Manjše vrednosti nakazujejo boljše delovanje modela.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_t^{simulacija} - q_t^{meritev})^2}{n}} \quad \dots (19)$$

Percent bias – odstotek pristranskosti ($PBIAS$) meri povprečno težnjo simuliranih pretokov (q), da bi bili večji ali manjši kot merjeni na opazovani dan (enačba 20). Optimalna vrednost je 0, pozitivne vrednosti nakazujejo modelsko podcenjevanje pretoka in negativne precenjevanje.

$$PBIAS = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (q_t^{meritev} - q_t^{simulacija})}{\sum_{i=1}^n (q_t^{meritev})} \right) \cdot 100\% \quad \dots (20)$$

Za primerjavo rezultatov med osnovnim in ostalimi scenariji smo uporabili ilustrativen grafični prikaz podatkov porazdelitve številskih spremenljivk im. okvir z ročaji. Tu so rezultati prikazani s pogojnim minimumom in maksimumom, kvartili ter osamelci. Okvir z ročaji določa 5 točk: *minimum* (*), *maksimum* (*), Q_1 , Q_2 , Q_3 . Spodnji ročaj določata vrednost min* in Q_1 , zgornji ročaj vrednosti Q_3 in maks*. Okvir določata kvartila Q_1 in Q_3 , njegovo prečko pa Q_2 . V intervalu od Q_1 do Q_3 je 50 % vseh vrednosti, četrtina je manjša od Q_1 in četrtina je večjih od Q_3 (Košmelj, 2001).

Za ugotavljanje prisotnosti statističnih razlik med osnovnima scenarijema in ostalimi scenariji smo uporabili statistični test Studentova t-statistika ($\alpha = 0,025$, stopinje prostosti ($SP = n-1$)), kjer smo primerjali povprečno letno vrednost dveh odvisnih vzorcev pri stopnji značilnosti 0,05) (enačba 21). Pri spremenljivki, ki ima približno simetrično frekvenčno porazdelitev z enim modusnim razredom pričakujemo v intervalu $\bar{x} \pm s$ približno 2/3 vrednosti spremenljivke in $\bar{x} \pm 2s$ približno 95 % vrednosti spremenljivke in $\bar{x} \pm 3s$ skoraj vse spremenljivke. Izračunali smo tudi interval zaupanja ($l_{1,2}$) za vse vzorčne aritmetične sredine ($\bar{x}$) (Enačba 22).

Studentova t-statistika:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}} \quad \dots (21)$$

Interval zaupanja za Studentovo porazdelitev

$$t = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}}(n-1) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \dots (22)$$

- $\bar{x}$ vzorčna aritmetična sredina (alternativni scenarij)
- μ povprečje pripadajoče slučajne spremenljivke (osnovni scenarij)
- s vzorčni standardni odklon (alternativni scenarij)
- n število parov (alternativni scenarij)
- $t_{\frac{\alpha}{2}}$ Studentova porazdelitev

4 ANALIZA SENZITIVNOSTI, KALIBRACIJA IN VALIDACIJA

Številni parametri, ki jih vključuje model in vplivajo na točnost rezultatov iz različnih razlogov (visoki stroški opreme, pomanjkanje časa in ljudi niso vedno dostopni. To pomeni, da je treba določene parametre na podlagi lastnih izkušenj ali različnih virov prilagoditi v procesu kalibracije. Zaradi velikega števila parametrov se lahko znajdemo pred težko nalogo zapletene ročne kalibracije. V ta namen je v modelu vgrajeno orodje, ki izvede oceno analizo senzitivnosti parametrov in jih razvrsti po njihovem relativnem učinku na izhodno modelno varianco v primerjavi z varianco vhodnih merjenih podatkov (van Griensven in sod., 2006; Green in van Griensven, 2008). Na podlagi te analize določimo glavne parametre, katerih vrednosti nato variiramo najprej v procesu ročne kalibracije in v končni fazi v procesu avtokalibracije, ki je kot orodje tudi vgrajena v model in služi za optimiziranje rezultatov kalibracije. Ti postopki so nujni, če želimo zagotoviti učinkovite rezultate. Vsekakor mora biti model najprej kalibriran (prilagajanje parametrov) ob niz merjenih podatkov ter v nadaljevanju še testiran – validiran (brez nadaljnjega prilagajanja parametrov) ob niz še neuporabljenih podatkov.

Analizo senzitivnosti izvedemo, da omejimo število parametrov, ki potrebujejo optimizacijo za doseg dobrega ujemanja med simuliranimi in merjenimi podatki. Taka optimizacija omogoči boljše ujemanje modela z realnimi pogoji. Ta način analize je osnovan na metodi Latin Hypercube One-factor-at-a-Time (LH-OAT), kot jo je predlagal Morris (1991). LH-OAT združuje prednosti globalnih in lokalnih analiz senzitivnosti (van Griensven in sod., 2006). Ta metoda najprej izvede LH vzorčenje podatkov, kateremu sledi OAT vzorčenje. LH vzorčenje (McKay in sod., 1979) uporablja stratificiran način vzorčenja, ki bolje povzame vzorčni hypercube z manj vzorci/podatki. Taka nova shema LH-OAT združuje robustnost Latin Hypercube vzorčenja, ki zagotavlja, da je vzorčen poln razpon vseh parametrov z natančnostjo OAT, ki zagotavlja, da so lahko spremembe v izhodnih podatkih vsakega modela nezmotljivo povezane s spremenjenim parametrom (van Griensven in sod., 2006).

Kalibracija je postopek spreminjanja parametrov oblikovanega modela znotraj sprejemljivega območja dokler ni dosežena zadovoljiva podobnost med merjenimi in simuliranimi vrednostmi. Spremenljivka, ki je najbolj občutljiva bi morala biti najprej kalibrirana. Vrednosti, ki se nanašajo na klimo, rabo tal in kmetijske prakse, je treba vnesti pred kalibracijo. Na tej stopnji uporabljamo merjene podatke, ki smo jih pridobili iz standardnih baz različnih agencij, ali smo jih izmerili na terenu (Shirmohammadi in sod., 2000). Model SWAT vključuje postopek avtomatske kalibracije (Green in van Griensven, 2008). Kalibracija je osnovana na Shuffled complex evolution algoritmu (SCE-UA) (Duan in sod., 1992; Duan, 2003). Avtokalibracija je učinkovito orodje, ki prihrani veliko časa, frustracij in zniža merilne negotovosti, ki so značilen del ročne kalibracije. Parametri, umerjeni v procesu kalibracije, se nato uporabijo za validacijo. Validacija je ocena točnosti, natančnosti in test predhodno kalibriranih parametrov ob neodvisen niz merjenih podatkov, ki niso bili uporabljeni v procesu kalibracije. V procesu validacije se parametri ne smejo več spreminjati. Ocena modela v procesu kalibracije in validacije mora biti izvršena s pomočjo statističnih analiz merjenih in simuliranih podatkov. Uspešnost modela je zagotovljena, če med merjenimi in simuliranimi podatki ni pomembne oz. statistično značilne razlike (Shirmohammadi in sod., 2000).

4.1 STRATEGIJA MODELIRANJA

Pomembni sestavni deli vodne bilance so pravilna postavitev razpršenega prenosa hranil, izguba vode z evapotranspiracijo (ET), infiltracija, površinski odtok, lateralni in podzemni tok vode. Da bi lahko govorili o zanesljivi kalibraciji mora biti (če je možno) izvedena v treh fazah (vodna bilanca s pretokom, sediment, hranila).

Za raziskovalno območje reke Reke smo pri ARSO pridobili podatke o dnevni dolgoletnih pretokih na postaji Neblo (8680 Neblo) in na pritoku Kožbanjšček (8700 Neblo). Dnevne meritve vsebnosti sedimenta in hranil smo opravili z lastno opremo za obdobje enega leta (1.7. 2008–30. 6. 2009), na pritoku Kožbanjšček (8700 Neblo). Za raziskovalno območje reke Dragonje smo pri ARSO uspeli pridobiti podatke o dnevni dolgoletnih pretokih na postaji Podkaštel (9300 Dragonja) ter mesečne (dnevni ni) večletne nize podatkov o vsebnosti sedimenta in hranil.

Raziskovalno obdobje je bilo razdeljeno na tri obdobja: ogrevanje, kalibracija in validacija. Za obe območji smo zaradi pomanjkljivih podatkov (manjkajoča leta zaradi nedelovanja postaj) določili 8 letno obdobje hidrološke kalibracije (1. januar 1998–31. december 2005). Kalibracijska in validacijska obdobja (pretok, sediment, hranila) za obe območji so različna in so prikazana v preglednici 4.1. Daljši nizi podatkov so pomembni zaradi ublažitve učinkov povzročenih s strani ekstremnih meteoroloških dogodkov (nevihte) ali za izločitev učinkov mokrih in suhih obdobj. Kljub daljšim časovnim obdobjem podatkov o snoveh v vodi za reko Dragonjo, smo se odločili, da izvedemo samo kalibracijo, saj so podatki zelo pomanjkljivi tako po številu kot po metodologijo odvzema vzorcev, kar onemogoča zadovoljivo validacijo.

Modeliranje smo opravili na dnevni časovni skali, saj tako dosežemo boljše razumevanje procesov v porečju (Glavan in sod., 2010). Obdobje ogrevanja modela zajema prva tri leta simulacij. Tako smo v obdobju kalibracije prva tri leta (1. januar 1998–31. december 2000) izločili. To obdobje je ključno pri vzpostavitvi parametrov, saj rezultati v začetni dobi modela močno odstopajo od merjenih. V tem obdobju se model vzpostavi, prilagaja in nato približuje razumnim začetnim vrednostim parametrov, ki se izrazijo v primerljivih simuliranih in merjenih vrednostih (Whitehead, 2006). V tem obdobju model odlaga sediment v rečni mreži in zapolni profil tal z vodo, kar se ob koncu ogrevanja odrazi v realistični rezultatih. Vsi izhodni rezultati iz tega obdobja so izvzeti iz statistične analize.

Kalibracijo smo izvedli v dveh fazah za vse modele. Najprej smo izvedli ročno kalibracijo za večino parametrov, ki smo jih prepoznali kot občutljive po analizi senzitivnosti. S pomočjo ročne kalibracije lahko skozi postopek opazovanja in preučevanja ugotovimo, kateri parametri imajo pomemben vpliv na rezultate simulacij, kar nam pride prav pri izboru parametrov za avtokalibracijo. Ko smo dosegli sprejemljive rezultate simulacij, smo na teh podatkih izvedli še avtokalibracijski postopek. Vsi uporabljeni parametri so bili izbrani na podlagi analize senzitivnosti in priročnika SWAT Calibration Techniques (SWAT, 2007).

Preglednica 4.1: Uporabljeni kalibracijski in validacijski podatki in njihova obdobja
Table 4.1: Data used for calibration and validation data and their periods

Vodotok Parameter	SWAT ekvivalentna output spremenljivka	Kalibracija/ Analiza senzitivnosti		Validacija	
		obdobje	vir	obdobje	vir
Reka					
pretok (m ³ s ⁻¹)	FLOW_OUT	1998–2005	ARSO	1993–97, 2006–08	ARSO
Kožbanjšček pritok Reke					
pretok (m ³ s ⁻¹)	FLOW_OUT	1998–2005	ARSO	1992–94, 2006–08	ARSO
sediment (t dan ⁻¹)	SED_OUT	1.7.2008–30.6.2009	lasten	/	/
nitrat (NO ₃ ⁻)	NO3_OUT	1.7.2008–30.6.2009	lasten	/	/
celotni fosfor	MINP_ORGP	1.7.2008–30.6.2009	lasten	/	/
orto-fosfor (PO ₄ ³⁻)	MINP_OUT	1.7.2008–30.6.2009	lasten	/	/
Dragonja					
pretok (m ³ s ⁻¹)	FLOW_OUT	1998–2005	ARSO	1994–96, 2006–08	ARSO
sediment (t dan ⁻¹)	SED_OUT	1994–2008	ARSO	/	/
nitrat (NO ₃ ⁻)	NO3_OUT	1994–2008	ARSO	/	/
celotni fosfor	MINP_ORGP	1994–2008	ARSO	/	/
orto-fosfor (PO ₄ ³⁻)	MINP_OUT	1994–2008	ARSO	/	/

4.2 ANALIZA SENZITIVNOSTI

Pred izvedbo kalibracije in validacije je v primeru, ko model na določenih območjih še ni bil uporabljen, potrebno izvesti analizo senzitivnosti (sensitivity analysis). Orodje znotraj modela izvede avtomatsko analizo senzitivnosti na dva možna načina. Lahko analizo zaženemo brez merjenih podatkov, pri čemer nam bo model ocenil senzitivnost simuliranih rezultatov ob spremembi vrednosti parametrov modela in jih razvrstil glede na učinek na rezultate modela (average flow) od najbolj vplivnega do najmanj. Druga in najboljša možnost je uporaba merjenih podatkov, s pomočjo katerih model oceni senzitivnost napake med merjenimi in simuliranimi podatki ob spremembi vrednosti parametrov modela (Sum of the squares for flow). S tem identificiramo parametre, ki jim je potrebno v nadaljevanju nameniti največ pozornosti.

Raziskovalci (van Griensven in sod., 2006) so razvili spremenjeno LH-OAT metodo. Tu so zamenjali Monte Carlo vzorčenje z Latin Hypercube vzorčenjem, ki dovoljuje uporabniku nadzor nad celotnim številom simulacij; hkrati je vzpostavljena optimalna predstavitev celotnega razpona parametra. LH-OAT metoda izvaja LH vzorčenje, ki ji sledi OAT vzorčenje. Metoda začne preračunavanje z vzorčenjem N števil Latin Hypercube vzorčnih točk za N intervalov, ki potem variira vsako LH vzorčno točko P krat, tako da spreminja vsakega od P parametrov zaporedno, kot je to izvedeno pri OAT načinu. Metoda se izvaja v obliki zank, kjer se vsaka zanka začne z LH točko. Okoli vsake LH točke i , je izračunan delni učinek $S_{i,j}$ za vsak parameter e_i kot (v odstotku) (enačba 23):

$$S_{i,j} = \left| \frac{100 * \left(\frac{M(e_1, \dots, e_i * (1 + f_i), \dots, e_P) - M(e_1, \dots, e_i, \dots, e_P)}{[M(e_1, \dots, e_i * (1 + f_i), \dots, e_P) + M(e_1, \dots, e_i, \dots, e_P)] / 2} \right)}{f_i} \right| \quad \dots (23)$$

Kjer je $M(\cdot)$ funkcija modela, f_i je delež, za katerega je parameter e_i spremenjen (predhodno določena konstanta) in i je LH točka. Parameter je lahko povečan ali znižan za delež f_i , saj se predznak spremembe spreminja naključno. Zato zanka zahteva P+1 zagon modela.

Končni rezultat analize senzitivnosti so parametri razvrščeni v range, kjer parameter z največjim učinkom dobi rang 1 in parameter najnižjim učinkom rang, kot je vseh analiziranih parametrov. Pogosto določeni parametri v procesu analize ne pokažejo učinka na napoved ali delovanje modela in tako dobijo rang enak številu vseh parametrov. Parameter, ki ima globalni rang 1, je kategoriziran kot »**zelo pomemben**«, rang 2–6 kot »**pomemben**«, rang 7–41 (oz. število parametrov v analizi – npr. pretok 7–26) kot »**malo pomemben**« in rang 42 (oz. pretok 27) kot »**nepomemben**« saj model na njihovo spreminjanje ni občutljiv (Griensven in sod., 2006). Analiza ponudi dve razvrstitvi/rangiranje parametrov imenovani Objective function in Out value. Objective function/objektivna funkcija (OF) je definirana za vsak rezultat, za katerega obstaja meritev. OF je kazalnik razlik med meritvami in simulacijo, podaja merilo uspešnosti modela. Zato v kalibracijskem postopku uporabimo vrednosti in njihovo razvrstitev, kot jo poda OF. A velja opozorilo, če ima določen parameter visoko razvrstitev po Out value in nizko po OF to pomeni, da imajo uporabljeni podatki v modelu (climate, soil, management) določeno napako. Out value namreč podaja merilo uspešnosti modela na podlagi masne bilance izhodnih podatkov. Ker smo uporabili veliko podatkov, se je to izrazilo v velikem številu uporabljenih parametrov, kjer so številni imeli le majhen ali ničel vpliv na rezultate. Vrednost vsakega parametra je model spreminjal znotraj določenega razpona (MIN, MAKŠ), ki se ga lahko poljubno prilagaja značilnostim porečja. Določeni parametri so prostorsko zelo heterogeni (CN2), zato se njihova vrednost spreminja kot delež ($\pm 50\%$), ali pa se pri osnovni vrednosti doda ali odvzame del le-te.

Analizo senzitivnosti smo izvedli s pomočjo merjenih podatkov. Izvedena je bila za reko Reko (podporečje 8), njen pritok Kožbanjšček (podporečje 5) in reko Dragonje (podporečje 14), kjer smo izvedli analizo za pretok, suspendirane snovi, celotni P, mineralni P in nitrat. Rezultati so predstavljeni za vse tri analize skupno, a razčlenjeno glede na element analize. Analizo senzitivnosti smo izvedli za vseh šest osnovnih modelov, ki se razlikujejo predvsem glede na podatke o tleh (RekaBase, RekaBaseNEporušeni, RekaBasePORušeni, DragonjaBase, DragonjaBaseNEporušeni, DragonjaBasePORušeni). V preglednicah 4.3 do 4.10 predstavljamo za vsak model prvih 10 parametrov, ki imajo največji učinek na model ob spremembi vrednosti. Celoten niz vseh analiziranih parametrov in rang lestvice so predstavljene v prilogah I1 do I12. Pri analizi je potrebno opozoriti, da smo za suspendiran sediment in hranila za pritok reke Reke, Kožbanjšček, uporabili enoletni niz dnevni vrednosti z dnevnim vzorcem vzorčenja in pri Dragonji osemletni niz dnevni vrednosti z mesečnim vzorcem vzorčenja.

Pri analizi senzitivnosti parametrov modela smo uporabili vse, ki jih je ponudil vmesnik za analizo senzitivnosti, saj smo želeli zajeti vse pomembne procese, ki jih simulira SWAT (Preglednica 4.2).

Preglednica 4.2: Parametri in razponi vrednosti uporabljeni pri analizi senzitivnosti (po abecedi)

Table 4.2: Parameters and ranges of values used in the sensitivity analysis (in alphabetical order)

Parameter	Definicija	Proces	Min.	Maks.	X
Alpha_Bf	Base flow factor (days)	Podzemna voda	0	1	1
Biomix	Biological mixing efficiency	Tla	0	1	1
Blai	Leaf area index for crop	Rastline	0	1	1
Canmx	Maximum canopy index	Odtok	0	10	1
Ch_Cov	Channel cover factor	Erozija	0	1	1
Ch_Erod	Channel erodibility factor	Erozija	0	1	1
Ch_K2	Effective hydraulic cond. in main channel allu.(mm h ⁻¹)	Kanal vodotoka	0	150	1
Ch_N	Manning coefficient for channel	Kanal vodotoka	0	1	1
Cn2	SCS runoff curve number for moisture condition II	Odtok	-25	25	3
Epc	Plant evaporation compensation factor	Evaporacija	0	1	1
Esco	Soil evaporation compensation factor	Evaporacija	0	1	1
Gw_Delay	Groundwater delay (days)	Podzemna voda	-10	10	2
Gw_Revap	Groundwater 'revap' coefficient	Podzemna voda	-0,036	0,036	2
Gwno3	Nitrate concentration in the groundwater (mg l ⁻¹)	Podzemna voda	0	10	1
Gwqmn	Threshold depth of water (shallow aquifer) required for return flow to occur (mm)	Tla	0	1.000	2
Nperco	Nitrogen percolation coefficient	Tla	0	1	1
Phoskd	Phosphorus soil partitioning coefficient	Tla	100	200	1
Pperco	Phosphorus percolation coefficient	Tla	10	18	1
Rchrg_Dp	Groundwater recharge to deep aquifer (fraction)	Podzemna voda	0	1	1
Revapmin	Threshold depth of water in the shallow aquifer for 'revap' to occur (mm)	Podzemna voda	-100	100	2
Sftmp	Snowfall temperature (°C)	Sneg	0	5	1
Slope	Average slope steepness (m m ⁻¹)	Geomorfologija	-25	25	3
Slsbssn	Average slope length (m)	Geomorfologija	-25	25	3
Smfmin	Minimum melt rate for snow during the year (occurs on winter solstice) (mm °C day)	Sneg	0	10	1
Smfmx	Maximum melt rate for snow during the year (mm °C day)	Sneg	0	10	1
Smtmp	Snow melt base temperature (°C)	Sneg	-25	25	3
Sol_Alb	Soil albedo	Evaporacija	-25	25	3
Sol_Awc	Available water capacity of the soil layer (mm mm ⁻¹ soil)	Tla	-25	25	3
Sol_K	Soil conductivity (mm h ⁻¹)	Tla	-25	25	3
Sol_Labp	Initial labile (soluble) P concentration in surface soil layer (kg ha ⁻¹)	Tla	-25	25	3
Sol_No3	Initial NO3 concentration (mg kg ⁻¹) in the soil layer	Tla	-25	25	3
Sol_Orgn	Initial organic N concentration in surface soil layer (kg ha ⁻¹)	Tla	-25	25	3
Sol_Orgp	Initial organic P concentration in surface soil layer (kg ha ⁻¹)	Tla	-25	25	3
Sol_Z	Soil depth (mm)	Tla	-25	25	3
Spon	Linear parameter for calculating the channel sediment routing	Kanal vodotoka	0,0001	0,01	1
Spexp	Exponent parameter for calculating the channel sediment routing	Kanal vodotoka	1	2	1
Surlag	Surface runoff lag coefficient	Odtok	0	10	1
Timp	Snow pack temperature lag factor	Sneg	0	1	1
Tlps	Temperature lapse rate (°C km ⁻¹)	Geomorfologija	0	50	1
Usle_C	Minimum value for USLE C factor for water erosion applicable to the cover/plant	Erozija	-25	25	3
Usle_P	USLE equation support practice (P) factor	Erozija	0	1	1

Legenda: X ~ 1 – zamenja z novo vrednostjo, 2 – dodatek k vrednosti, 3 – pomnoži vrednost

4.2.1 Pretok

Pri analizi senzitivnosti za pretok reke Reke so se v vseh treh modelih pokazali kot najbolj pomembni parametri za senzitivnost modelov (preglednica 4.3, priloga I1): Alpha_Bf (base flow factor), Ch_K2 (Effective hydraulic conductivity in main channel alluvium (mm h^{-1})) in Cn2 (SCS runoff curve number for moisture condition II). Med pomembne parametre sodijo še ESCO, Surlag, CH_N, Canmx, Sol_Awc. V primeru pritoka reke Reke, Kožbanjščka so se kot najbolj pomembni pokazali naslednji parametri (preglednica 4.4, priloga I2) Ch_K2, Alpha_Bf, Surlag (Surface runoff lag coefficient) in Cn2. Ostali občutljivi parametri so še Esco, Blai, Ch_N. Glede na to, da prvo mesto po senzitivnosti zasedajo drugi parametri kot pri Reki lahko ugotovimo, da je vzrok temu lokalna heterogenost podporečij. V primeru porečja Dragonje se je kot najbolj pomemben parameter pri senzitivnosti vseh treh modelov izkazal parameter Cn2 (preglednica 4.5, priloga I3). Kot pomembna parametra mu sledita Alpha_Bf in Ch_K2. Ti trije parametri so se kot pomembni že izkazali v porečju Reke. Od ostalih pomembnih parametrov so tu še Surlag, Esco, Ch_N, Rchrg_Dp, Sol_Z.

Preglednica 4.3: Analize senzitivnosti pretoka (SWAT) – porečje Reke (podporečje 8) (1998–2005)

Table 4.3: Flow sensitivity analysis (SWAT) – Reka catchment (subcatchment 8) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
RekaBase			RekaBaseNEporušeni			RekaBasePORušeni			
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
Cn2	1	2,020	Alpha_Bf	1	2,030	Alpha_Bf	1	2,090	Zelo pomemben
Alpha_Bf	2	1,960	Ch_K2	2	1,970	Ch_K2	2	2,010	Pomemben (2–6)
Ch_K2	3	1,660	Cn2	3	1,510	Cn2	3	1,840	
Sol_Awc	4	0,472	Ch_N	4	0,344	Esco	4	0,444	
Surlag	5	0,452	Esco	5	0,276	Surlag	5	0,433	
Esco	6	0,385	Canmx	6	0,202	Ch_N	6	0,384	
Ch_N	7	0,279	Surlag	7	0,172	Sol_Awc	7	0,286	Rahlo pomemben (7–26)
Sol_Z	8	0,141	Gwqmn	8	0,149	Sol_Z	8	0,173	
Gwqmn	9	0,117	Sol_K	9	0,102	Canmx	9	0,109	
Canmx	10	0,081	Sol_Awc	10	0,068	Sol_K	10	0,105	

Preglednica 4.4: Analiza senzitivnosti pretoka (SWAT) – prtok Kožbanjšček v porečju Reke (podporečje 5) (1998–2005)

Table 4.4: Flow sensitivity analysis (SWAT) – Reka catchment tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
RekaBase			RekaBaseNEporušeni			RekaBasePORušeni			
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
Surlag	1	1,830	Ch_K2	1	1,410	Ch_K2	1	1,410	Zelo pomemben
Alpha_Bf	2	1,660	Alpha_Bf	2	1,060	Alpha_Bf	2	1,400	Pomemben (2–6)
Cn2	3	1,290	Cn2	3	1,010	Surlag	3	0,810	
Ch_K2	4	0,746	Surlag	4	0,923	Cn2	4	0,783	
Esco	5	0,193	Blai	5	0,579	Blai	5	0,604	
Ch_N	6	0,166	Canmx	6	0,343	Esco	6	0,368	
Sol_K	7	0,090	Esco	7	0,234	Canmx	7	0,269	Rahlo pomemben (7–41)
Sol_Awc	8	0,079	Ch_N	8	0,153	Ch_N	8	0,176	
Slope	9	0,054	Sol_K	9	0,125	Sol_Awc	9	0,156	
Canmx	10	0,046	Rchrg_Dp	10	0,071	Sol_Z	10	0,111	

Pri obeh porečjih (Reka, Dragonja) so se kot pomembni parametri za senзитivnost modela izkazali isti parametri (Alpha_Bf, Cn2, Ch_K2) z le nekoliko različnim vrstnim redom. Tak rezultat kaže na pomen parametrov, ki ga imajo na pretok. Alpha_Bf faktor določa, koliko vode za pretok vodotoka prispeva bazni tok in koliko površinski. Cn2 krivulja odtoka v vlažnih pogojih določa, koliko vode odteče po površini in koliko s podpovršinskim odtokom. Ch_K2 opisuje efektivno hidravlično prevodnost aluvija rečnega dna, torej koliko vode se skozi dno izgubi ali pridobi. Hkrati sta se pogosto pojavljala še dva parametra. Surlag ponazarja hitrost površinskega odtoka padavin do vodotoka in Esco opisuje evaporacijo iz tal.

Preglednica 4.5: Analize senзитivnosti pretoka (SWAT) – porečje Dragonje (podporečje 14) (1998–2005)

Table 4.5: Flow sensitivity analysis (SWAT) – Dragonja catchment (subcatchment 14) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
DragonjaBase			DragonjaBaseNE			DragonjaBasePO			
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
Cn2	1	2,090	Cn2	1	3,050	Cn2	1	2,840	Zelo pomemben
Alpha_Bf	2	1,400	Ch_K2	2	2,470	Alpha_Bf	2	1,760	Pomemben (2–6)
Ch_K2	3	0,832	Alpha_Bf	3	2,230	Ch_K2	3	1,330	
Rchrg_Dp	4	0,758	Surlag	4	1,410	Sol_Z	4	0,822	
Esco	5	0,521	Ch_N	5	0,564	Surlag	5	0,787	
Surlag	6	0,421	Esco	6	0,421	Esco	6	0,664	
Blai	7	0,418	Sol_Awc	7	0,280	Sol_Awc	7	0,522	Rahlo pomemben (7–41)
Ch_N	8	0,335	Canmx	8	0,246	Blai	8	0,486	
Canmx	9	0,226	Sol_Z	9	0,237	Ch_N	9	0,400	
Sol_Awc	10	0,220	Rchrg_Dp	10	0,173	Canmx	10	0,323	

4.2.2 Sediment

Analiza senзитivnosti za suspendirane snovi (preglednica 4.6, priloga I4–I5) je pokazala, da je najbolj pomemben parameter, ki vpliva na rezultate modela Spcon – Linear parameter for calculating the channel sediment routing, ki je skupaj s Spexp pomemben za modeliranje gibanja in ločevanja frakcij sedimenta v strugi. Na pritoku Reke, Kožbanjščku, in tudi na Dragonji se je v vseh treh primerih izkazal kot pomemben parameter Ch_N – Manning coefficient for channel, ki glede na obliko struge in vrsto materiala v strugi določa prenos sedimenta. V primeru Dragonje sta se kot pomembna izkazala še Ch_Cov – Channel cover factor in Ch_Erod – Channel erodibility factor, kjer prvi podaja vpliv rastlinskega pokrova na sediment in drugi erozivnost struge vodotoka. Hkrati se je pokazalo, da je erozija sedimenta zelo povezana predvsem s hidrološkimi procesi površinskega odtoka (Surlag, Cn2).

Preglednica 4.6: Analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005)

Table 4.6: Sensitivity analysis of the suspended sediment concentration (SWAT) – river Reka tributary, Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008–2009) and river Dragonja (subcatchment 14) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
RekaBase Kožbanjšček			RekaBaseNE Kožbanjšček			RekaBasePO Kožbanjšček			
Spcon	1	8,030	Spcon	1	7,800	Spcon	1	8,190	Zelo pomemben
Ch_N	2	6,790	Ch_N	2	6,020	Ch_N	2	5,810	Pomemben
Surlag	3	2,700	Spexp	3	1,970	Usle_P	3	2,910	
Spexp	4	1,960	Surlag	4	1,710	Spexp	4	2,060	
Cn2	5	1,920	Cn2	5	1,450	Surlag	5	1,890	
Alpha_Bf	6	1,440	Usle_P	6	1,280	Sol_Awc	6	1,660	
DragonjaBase			DragonjaBaseNE			DragonjaBasePO			
Spcon	1	10,400	Spcon	1	9,980	Spcon	1	10,100	Zelo pomemben
Ch_Erod	2	6,200	Ch_N	2	5,710	Ch_N	2	5,950	Pomemben
Ch_Cov	3	6,010	Ch_Cov	3	4,660	Ch_Cov	3	4,140	
Ch_N	4	5,560	Ch_Erod	4	3,910	Ch_Erod	4	3,850	
Spexp	5	3,310	Spexp	5	3,130	Spexp	5	3,390	
Surlag	6	1,940	Surlag	6	1,830	Cn2	6	3,020	

4.2.3 Dušik

Pri analizi senzitivnosti za nitrat (NO_3^-) (preglednica 4.7, priloga I6–I7), ki je zelo mobilni element, je bilo pričakovati velik pomen parametra Nperco – Nitrogen percolation coefficient, ki pa se kot pomemben pojavi le pri dveh alternativnih modelih Reke na vodotoku Kožbanjšček. Zelo veliko pomembnost je analiza dala hidrološkim parametrom, ki so povezani z površinskim in podpovršinskim odtokom (Cn2, Canmx, Sol_Awc), izhlapevanjem (Revapmin, Esco, Blai), baznim tokom (Alpha_Bf) in podzemnimi vodami (Rchrg_Dp, Gwqmn), kar kaže na veliko število poti po katerih se giblje nitrat in previdnost pri modeliranju. Za celotni dušik je bila analiza senzitivnosti izvedena le za porečje Dragonje (Priloga I8), kjer se kot najbolj vpliven parametre izkazal Cn2, kateremu sledijo Canmx, Surlag, Blai. To kaže na dejstvo, da celotni dušik sestavlja tudi organski del, ki se giblje po površinskih poteh. Analiza TN bistveno ne odstopa od analize nitrata. V procesu kalibracije dušika smo opazili, da na količino dušika vplivajo tudi drugi parametri, ki niso vključeni v orodje analize senzitivnosti (to so: rate factor for humus mineralization of active organic nutrients N and P (CMN – .bsn); half-life of nitrate in the shallow aquifer (HLIFE_NGW – .gw); fraction of algal biomass that is nitrogen (Al1 – .wwq)).

Preglednica 4.7: Analize senzitivnosti vsebnosti nitrata (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005)

Table 4.7: Sensitivity analysis of the nitrate concentration (SWAT) – river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008–2009) and river Dragonja (subcatchment 14) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
RekaBase Kožbanjšček			RekaBaseNE Kožbanjšček			RekaBasePO Kožbanjšček			
Cn2	1	2,330	Rchrg_Dp	1	4,520	Revapmin	1	3,620	Zelo pomemben
Revapmin	2	2,230	Nperco	2	2,750	Sol_Awc	2	2,730	Pomemben
Alpha_Bf	3	2,140	Alpha_Bf	3	2,250	Cn2	3	2,060	
Esco	4	1,180	Canmx	4	2,220	Gwqmn	4	2,050	
Rchrg_Dp	5	1,050	Esco	5	2,110	Alpha_Bf	5	1,770	
Sol_Awc	6	0,786	Revapmin	6	1,610	Nperco	6	1,450	
DragonjaBase			DragonjaBaseNE			DragonjaBasePO			
Blai	1	3,310	Cn2	1	7,350	Cn2	1	11,200	Zelo pomemben
Sol_Awc	2	3,010	Canmx	2	5,500	Blai	2	6,560	Pomemben
Cn2	3	2,380	Surlag	3	5,140	Sol_Awc	3	5,290	
Revapmin	4	2,120	Revapmin	4	4,630	Sol_Z	4	5,200	
Rchrg_Dp	5	2,070	Alpha_Bf	5	3,810	Surlag	5	5,090	
Sol_Z	6	1,880	Esco	6	3,420	Canmx	6	4,930	

4.2.4 Fosfor

Analiza senzitivnosti za mineralni fosfor (PO_4^{3-}) je pri vseh modelih za zelo pomembne določila parametre, ki močno vplivajo na površinski odtok (Cn2, Canmx, Usle_P) (preglednica 4.8, priloga I9–I10). Medtem ko se Cn2 in Canmx pojavljata v obeh porečjih, je parameter Usle_P kot pomemben izračunan le za Kožbanjšček. Usle_P je faktor, ki prilagodi USLE vrednost za določeno prakso upravljanja z zemljišči. Kar pomeni, da je količina izgube tal ob obdelavi tal po plastnicah ali ob različnih izvedbah teras drugačno, kot če teh praks ni. V porečju Reke je več teras kot v porečju Dragonje, zato se to tudi izraža pri analizi senzitivnosti. Kot dokaj pomembna se pojavljata še parametra Blai in Surlag. Pri analizi senzitivnosti za celotni fosfor (TP) (preglednica 4.9, priloga I11–I12), so se kot pomembni izkazali isti parametri kot pri mineralnem P, zamenjan je le vrstni red, kar je vzrok v tem, da je v analizo vključen tudi organski P. Sicer se fosfor prednostno giblje s površinskim tokom vode, le ob razpokah, preveliki založenosti tal ali na dreniranih površinah lahko pride do izpiranja in spremembe gibanja tega elementa skozi podpovršinski tok. V procesu kalibracije smo opazili, da imajo pomemben vpliv na fosfor tudi ostali parametri, ki niso vključeni v orodje analize senzitivnosti (to so: fraction of algal biomass that is phosphorus (A12 – .wwq); phosphorus availability index (PSP – .bsn); phosphorus enrichment ratio for loading with sediment (ERORGP – .hru); BC4 – .swq; benthic sediment source rate for dissolved phosphorus in the reach at 20 °C (RS2 – .swq); organic phosphorus settling rate in the reach at 20 °C (RS5 – .swq)).

Preglednica 4.8: Analize senzitivnosti vsebnosti orto-fosforja (SWAT) – pritok reke Reke, Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in reka Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005)

Table 4.8: Sensitivity analysis of the ortho-phosphorus concentration (SWAT) – river Reka tributary, Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008–2009) and river Dragonja (subcatchment 14) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
RekaBase Kožbanjšček			RekaBaseNE Kožbanjšček			RekaBasePO Kožbanjšček			
Cn2	1	7,640	Canmx	1	9,140	Canmx	1	7,650	Zelo pomemben
Usle_P	2	6,250	Usle_P	2	5,680	Blai	2	6,500	Pomemben
Surlag	3	4,980	Blai	3	5,230	Usle_P	3	5,570	
Blai	4	4,970	Surlag	4	4,600	Cn2	4	5,440	
Canmx	5	4,270	Cn2	5	3,440	Surlag	5	4,260	
Biomix	6	1,620	Biomix	6	1,770	Sol_Z	6	1,570	
DragonjaBase			DragonjaBaseNE			DragonjaBasePO			
Canmx	1	11,900	Cn2	1	13,100	Cn2	1	14,400	Zelo pomemben
Blai	2	11,600	Canmx	2	12,000	Surlag	2	11,600	Pomemben
Surlag	3	9,300	Blai	3	7,390	Canmx	3	10,300	
Cn2	4	8,240	Surlag	4	6,740	Sol_Z	4	7,420	
Alpha_Bf	5	7,780	Esco	5	3,210	Blai	5	7,100	
Rchrg_Dp	6	3,320	Rchrg_Dp	6	2,580	Sol_Awc	6	6,360	

Preglednica 4.9: Analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja za pritok reke Reke Kožbanjšček (podporečje 5) (2008–2009) in za reko Dragonjo (podporečje 14) (1998–2005)

Table 4.9: Sensitivity analysis of the total phosphorus concentration of the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008–2009) and river Dragonja (subcatchment 14) (1998–2005)

Objective function (SSQR)									Kategorija senzitivnosti
parname	rank	mean	parname	rank	mean	parname	rank	mean	
RekaBase Kožbanjšček			RekaBaseNE Kožbanjšček			RekaBasePO Kožbanjšček			
Usle_P	1	4,180	Surlag	1	4,140	Cn2	1	5,140	Zelo pomemben
Cn2	2	3,790	Cn2	2	3,300	Surlag	2	4,460	Pomemben
Alpha_Bf	3	2,900	Usle_P	3	2,290	Usle_P	3	2,130	
Surlag	4	2,760	Blai	4	1,300	Blai	4	1,360	
Ch_K2	5	1,630	Canmx	5	1,140	Sol_Awc	5	1,350	
Slope	6	0,990	Slope	6	0,742	Alpha_Bf	6	0,942	
DragonjaBase			DragonjaBaseNE			DragonjaBasePO			
Canmx	1	7,930	Cn2	1	12,000	Cn2	1	11,400	Zelo pomemben
Alpha_Bf	2	7,310	Surlag	2	6,640	Canmx	2	10,200	Pomemben
Blai	3	7,150	Canmx	3	6,630	Surlag	3	10,200	
Surlag	4	6,810	Blai	4	3,070	Sol_Z	4	5,810	
Cn2	5	6,720	Esco	5	2,190	Sol_Awc	5	4,630	
Sol_Z	6	1,940	Rchrg_Dp	6	1,800	Blai	6	4,430	

4.3 KALIBRACIJA – UMERJANJE MODELA

Za mnoge od parametrov modela ni opravljenih primernih meritev, zato je treba izvesti kalibracijo. Pri kalibraciji variramo parametre modela znotraj sprejemljivega razpona, dokler ne dosežemo zadovoljivega ujemanja med merjenimi in simuliranimi izhodnimi podatki.

Pred pričetkom kalibracije moramo na podlagi analize senzitivnosti, literature in lastnih izkušenj izbrati parametre, ki jih želimo kalibrirati in določiti razumne razpone negotovosti za vrednosti parametrov. Iz kalibracije smo izključili določene parametre, kljub temu, da je analiza pokazala njihov učinek. Vzrok za to je, da ali nismo imeli dovolj zanesljivih podatkov in smo raje uporabili prednastavljene vrednosti ali pa jih jih zavestno nismo uporabili, ker bi s tem preveč spremenili realno sliko modelov.

V kalibracijo smo vključili šest modelov, tri za Reko in tri za Dragonjo. Hidrologijo smo kalibrirali za obdobje 1998–2005, od tega smo prva tri leta izključili iz analize uspešnosti kalibracije, saj model potrebuje določeno obdobje stabilizacije. Sediment in hranila smo pri Reki kalibrirali za obdobje med 1. 7. 2008 in 30. 6. 2009 ter za Dragonjo za obdobje 1994–2008. Kalibracija je za večino parametrov potekala tako, da smo posamezen parameter spremenili za celotno porečje, brez prikaza heterogenosti. Določeni parametri (Sol_Awc, Cn2, Canmx) so bili izjeme, ker je ravno njihova heterogenost ključna za pravilno predstavitev porečij.

Kalibracija lahko poteka ročno ali avtomatsko. Običajno je, da najprej izvedemo ročno, kjer vrednosti parametrov prilagajamo postopno, parameter za parametrom, dokler ne dosežemo zadovoljivih rezultatov za pretoke (E_{NS} in $R^2 > 0,5$), izgube sedimenta in hranil. Tak proces je za neizkušene raziskovalce lahko zelo zamuden in zahteva veliko potrpljenja. Ko smo končali ročno kalibracijo, smo v proces avtomatske kalibracije uvrstili 10 parametrov, ki so izkazali v procesu ročne kalibracije največji učinek na modele. Končne vrednosti ročno kalibriranih parametrov so bile uporabljene kot začetne vrednosti za avtokalibracijo. Modelu smo postavili razpon (maks, min) vrednosti parametrov, ki jih mora model upoštevati pri izračunu optimalnih vrednosti. Avtokalibracijo smo nato zagnali, dokler ni dosegla najboljšega ujemanja med merjenimi in simuliranimi podatki. Ujemanje je bilo preverjeno z E_{NS} vrednostjo. Ob koncu smo avtokalibrirane vrednosti parametrov še ročno prilagodili in zagotovili, da so razumne in odsevajo stanje v naravi.

Za avtokalibracijo smo uporabili Parameter Solutions metodo (Parasol with uncertainty analysis), ki se optimizira in izvede analizo negotovosti v enem hodu (Green in van Griensven, 2008). Optimizacijska metoda sloni na Shuffled complex evolution algorithm, ki je globalni iskalni algoritem za minimiziranje 16 parametrov v eno funkcijo (Duan in sod., 1992). Algoritem dela v obliki zank. V prvi zanki (Loop 0) Shuffled complex evolution-uncertainty analysis (SCE-UA) postopek izbere začetno populacijo z naključnim vzorčenjem med parametri in njihovimi razponi vrednosti. Populacija je porazdeljena med več kompleksov, ki sestoji iz $2p + 1$ točk. Vsak kompleks se razvija neodvisno z uporabo simplex algoritma. Kompleksi so nato periodično premešani in tvorijo se novi kompleksi z namenom deljenja pridobljene informacije. SCE-UA je zelo razširjen pri kalibraciji modelov porečij, kot tudi pri kalibraciji drugih hidroloških področij erozije tal in

podpovršinskega toka (Duan, 2003). Analiza negotovosti razdeli simulacije, ki jih je izvedla SCE-UA optimizacija na »dobro« (good) in »ne dobro« (not good). Tako zbrane simulacije so zelo pomembne, saj algoritem vzorči preko celotnega razpona vrednosti parametrov in se fokusira na rešitve blizu optimuma. Uspešnost izbrane simulacije se meri s χ^2 statistiko znotraj intervala zaupanja. Za evaluacijo rezultatov kalibracije model uporabi objektivno funkcijo za vsoto kvadriranih ostankov (Sum of squares residuals; weight 1.0). Za evaluacijo rezultatov modela smo uporabili povprečno vrednost. V sklopu kalibracije se je kasneje izvedla tudi analiza učinkovitosti modela, ki v grobem zajema analizo potencialne evapotranspiracije, vsebnost vode v tleh in parametre rasti rastlin.

4.3.1 Hidrološka kalibracija

Hidrološka kalibracija se izvede tako, da umerjamo simuliran povprečni dnevni pretok glede na merjen povprečni dnevni pretok. Vsi zagoni SWAT modelov in vsi izhodni podatki so bili izvedeni v dnevnem časovnem koraku. Različni parametri so bili varirani tako ročno kot avtomatsko znotraj razumljivih razponov vrednosti skozi številne kalibracije, dokler ni bilo doseženo končno zadovoljivo ujemanje med merjenimi in simuliranimi pretoki. Za večino parametrov je kalibracija potekala na nivoju porečja. Najpomembnejši in najobčutljivejši parametri modela so tisti, povezani s podzemno vodo (*.gw), značilnostmi porečja in podporečij (*.bsn, *.sub), upravljanjem hidroloških enot (*.hru, *.mgt) in značilnostmi struge vodotoka (*.rte).

Na podlagi analiz senzitivnosti in SWAT Calibration techniques manual (SWAT, 2007) smo za vsak model izbrali 11 hidroloških parametrov za ročno in 10 za avtomatsko kalibracijo, ki smo jih znotraj sprejemljivih razponov spreminjali in prilagajali v procesu (preglednica 4.10, priloga I13) dokler nismo dosegli zadovoljivih rezultatov E_{NS} vrednosti.

Preglednica 4.10: Hidrološki parametri, razponi in končne vrednosti izbrane za kalibracijo modelov (SWAT) za porečji Reke in Dragonje

Table 4.10: Hydrological parameters, ranges and final values selected for the calibration of models (SWAT) for the rivers Reka and Dragonja catchments

Parameter				Reka			Dragonja		
		Osnova	Razpon	Kalibrirane vrednosti			Kalibrirane vrednosti		
				RB	RBN	RBP	DB	DBN	DBP
1	Alpha Bf	0,048	0–1	0,30058	0,28	0,28016	0,45923	0,38258	0,40191
2	Canmx ¹	0	0–20	8,4,2	20,10,5	20,10,5	8,4,2	20,10,5	8,4,2
3	Ch_K2	D	0–150	7,0653	9,9807	9,9852	3,7212	5,1551	7,6746
4	Ch_N	D	0–1	0,038981	0,099821	0,084845	0,04363	0,06647	0,034176
5	Cn2 ²	D	–25/+25%	–8,–15	–13,–25	–13,–25	+14	×	+10
6	Esco	0,95	0–1	0,8	0,8	0,8	0,75	0,75	0,75
7	Gw_Delay	31	0–160	131,1	110	109,22	60,684	50	50
8	Gw_Revap	0,02	0–0,2	0,19876	0,19439	0,1707	0,069222	0,055713	0,05264
9	Gwqmn	0	0–100	100	83,342	23,494	0,79193	5	2
10	Sol_Awc	D	+50%	×	+50	×	×	+50	×
11	Surlag	4	0,01–4	0,28814	0,05	0,001	0,13984	0,25	0,22473
E_{NS}				0,61	0,58	0,60	0,57	0,56	0,57

Legenda: Canmx¹: gozd, trajni nasadi, travnik in njiva; Cn2²: podporečje 1-2-5, podporečje 3-4-6-7-8-9; ×: brez sprememb; D: osnovne vrednosti so odvisne od vrste tal, rabe in nastavitev modelarja; Vrsta modela:

RB, DB – osnovni; RBN, DBN – neporušena tla; RBP, DBP – porušena tla

Pri večini parametrov smo vrednosti parametrov spreminjali z nadomestitvijo z novo vrednostjo, razen v primeru Cn2 in Sol_Awc, kjer smo osnovno vrednost pomnožili z določenim faktorjem. Število ročnih zagonov posameznega modela je do doseganja primerne vrednosti variiralo med 13 in 40 in se je nižalo od prvega do zadnje modela z pridobivanjem izkušenj. V procesu avtokalibracije smo zagnali 5–7 zank (Loop 0–6) za vse modele, ki so vsebovali po 2922 merjenih pretokov za obdobje 8 let. Modeli so izvedli od 1578 do 1797 poskusov v 10 kompleksih, z 21 točkami na kompleks, 210 točkami v osnovni populaciji, 11 točkami na podkompleks in 21 evolucijskimi koraki na kompleks.

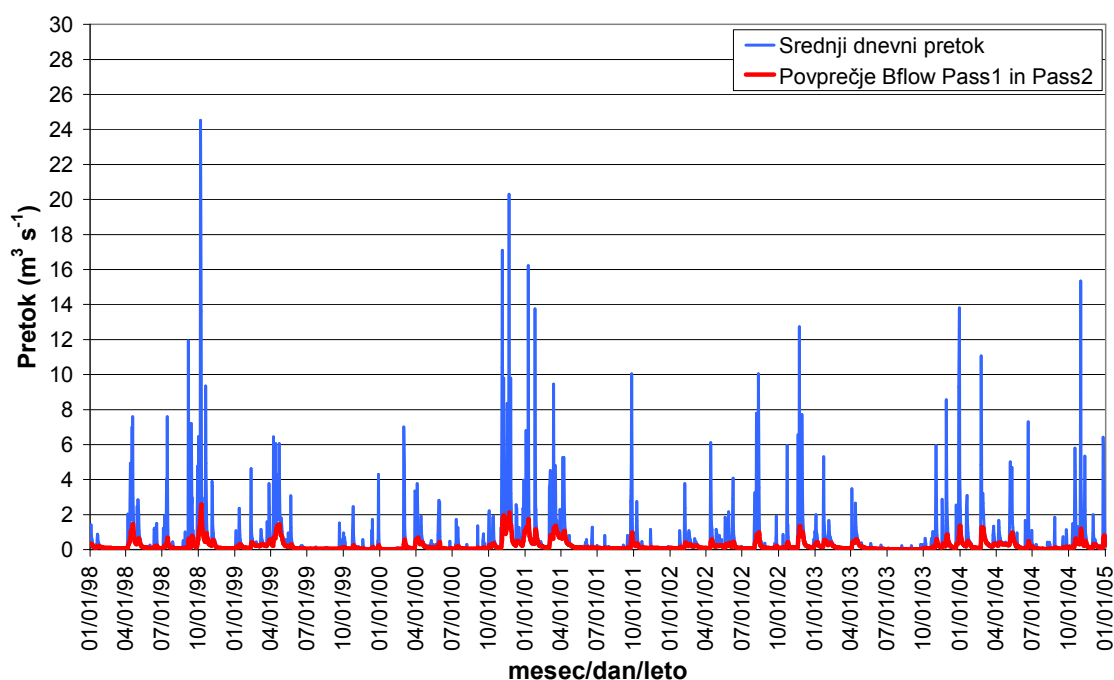
4.3.1.1 Letna kalibracija

Modelne simulacije baznega toka so pomemben del kalibracije za vsako porečje. Celotni pretok je sestavljen iz baznega in površinskega toka, kjer bazni tok večinoma predstavlja glavni delež merjenega pretoka, še posebno v sušnih obdobjih. Za izvedbo primerjave med modeliranim in merjenim baznim tokom potrebujemo oceno enega in drugega. Za izvedbo računanja baznega toka smo uporabili Baseflow program (BFP, 2007), ki vključuje metodo avtomatske ločitve baznega toka (Automated Base Flow Separation) (Arnold in sod., 1995). Ločitev je bila izvedena posebej za kalibracijsko in validacijski dobi z namenom ugotoviti ali SWAT pravilno modelira bazni odtok. Kot predlaga priročnik za uporabo Baseflow programa (BFP, 2007), bi moral biti delež vodnih količin, ki jih prispeva bazni tok med vrednostjo Baseflow Fr1 in Baseflow Fr2 medtem ko Baseflow Fr3 v večini primerov izločimo. Ker sta to flišni porečji, bazni tok tudi dejansko predstavlja manjši delež celotnega toka. Iz izločitve baznega toka iz merjenega pretoka je razvidno, da le-ta prispeva za reko Reko med 28 in 45 % oz. v povprečju približno 37 % pretoka in za reko Dragonjo med 37 in 55 % oz. v povprečju približno 46 %. Temu rezultatu sledijo tudi podatki modelov in ni opaziti večjega odstopanja, razen pri modelih, kjer smo uporabili porušene vzorce tal, ki je simuliral opazno nižje vrednosti (preglednica 4.11). Model Sim RBP je imel manjšo vrednost za Baseflow Fr2, medtem ko je imel model Sim DBP manjšo vrednost tako za Baseflow Fr1 kot Baseflow Fr2. Letna vodna bilanca za model Sim RB in DB je predstavljena v prilogi J. Sliki 4.1 in 4.2 prikazujeta ločitev baznega toka od merjenega srednjega pretoka za Reko in Dragonjo.

Preglednica 4.11: Izračuni deležev baznega toka od celotnega toka z Baseflow Program za kalibracijsko obdobje 2001–2005 za reki Reko in Dragonjo

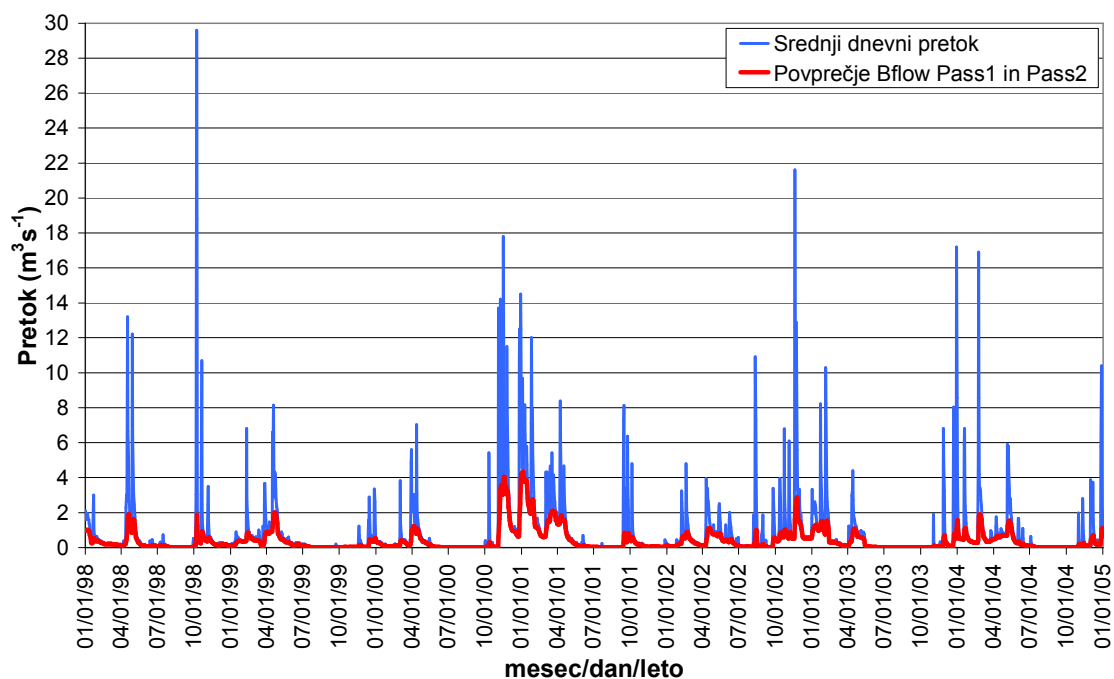
Table 4.11: Calculation of the percentages of the base flow from total flow with Baseflow Program for the calibration period 2001–2005 for the rivers Reka and Dragonja

Vrsta podatka	Bazni tok kot delež celotnega toka vodotoka		
	Baseflow Fr 1	Baseflow Fr2	Baseflow Fr3
Reka			
Meritve	0,45	0,28	0,21
Sim RB	0,43	0,27	0,22
Sim RBN	0,45	0,27	0,20
Sim RBP	0,43	0,25	0,17
Dragonja			
Meritve	0,55	0,37	0,29
Sim DB	0,58	0,43	0,36
Sim DBN	0,57	0,41	0,34
Sim DBP	0,49	0,31	0,25



Slika 4.1: Ločitev baznega toka od merjenega srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko (1998–2005)

Figure 4.1: Separation of base flow from the measured average daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) of the River Reka (1998–2005)



Slika 4.2: Ločitev baznega toka od merjenega srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo (1998–2005)

Figure 4.2: Separation of base flow from the measured average daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Dragonja (1998–2005)

Zaradi negotovosti, vključenih v določanju tehnologij pridelovanja kmetijskih rastlin in njihove prostorske porazdelitve, zaradi razporeditev pedoloških kartografskih enot in njihovih vrednosti ter zaradi značilnosti vremenskih podatkov, katerim se pridružujejo še pomanjkljivosti modela, točnega ujemanja simuliranih in merjenih podatkov nismo dosegli. Kakorkoli že, so imeli glavni vpliv na hidrološko kalibracijo podatki o tleh in v primeru Dragonje tudi podatki o padavinah. To je vplivalo na celotno količino vode in na ET vode, kar vpliva na pretok vodotokov in s tem na statistično uspešnost kalibriranih modelov. Uporabljeni modeli so izkazali različna razmerja, ki pri baznem toku kažejo večja odstopanja od merjenega toka kot pri celotnem pretoku (preglednica 4.12, preglednica 4.13).

Preglednica 4.12: Primerjava vsot merjenih in simuliranih (SWAT) baznih tokov (mm) za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Reko in Dragonjo

Table 4.12: Comparison of measured and simulated (SWAT) sums of base flow (mm) for the calibration period (2001–2005) for the rivers Reka and Dragonja

Leto	Merjeni bazni tok (mm)	Simulirani bazni tok (mm)			Razmerje – Simulirani/Merjeni bazni tok		
Reka		RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
2001	289	317	343	299	1,10	1,19	1,04
2002	215	177	214	197	0,82	0,99	0,91
2003	162	122	148	125	0,76	0,92	0,77
2004	267	202	259	241	0,76	0,97	0,90
2005	187	175	209	179	0,93	1,12	0,96
Povprečje	224	199	235	208	0,89	1,05	0,93
Dragonja		DB	DBN	DBP	DB	DBN	DBP
2001	222	228	226	177	1,03	1,02	0,80
2002	148	124	130	113	0,84	0,88	0,76
2003	93	109	114	87	1,18	1,23	0,94
2004	114	138	142	110	1,21	1,24	0,96
2005	107	93	93	79	0,87	0,87	0,74
Povprečje	137	139	141	113	1,02	1,03	0,83

Preglednica 4.13: Primerjava merjenih in simuliranih (SWAT) pretokov (mm) za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Reko in Dragonjo

Table 4.13: Comparison of measured and simulated (SWAT) flows (mm) for the calibration period (2001–2005) for rivers Reka and Dragonja

Leto	Merjeni bazni tok (mm)	Simulirani bazni tok (mm)			Razmerje – Simulirani/Merjeni bazni tok		
Reka		RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
2001	700	761	824	781	1,09	1,18	1,12
2002	587	512	636	613	0,87	1,08	1,04
2003	455	415	523	485	0,91	1,15	1,06
2004	717	614	735	726	0,86	1,03	1,01
2005	513	461	577	537	0,90	1,13	1,05
Povprečje	595	553	659	628	0,93	1,11	1,06
Dragonja		DB	DBN	DBP	DB	DBN	DBP
2001	380	367	374	360	0,97	0,99	0,95
2002	327	273	287	302	0,83	0,88	0,92
2003	217	231	245	239	1,07	1,13	1,10
2004	246	264	282	282	1,07	1,15	1,15
2005	205	174	182	179	0,85	0,89	0,88
Povprečje	275	262	274	272	0,95	1,00	0,99

4.3.1.2 Dnevna kalibracija

Po kalibraciji pretokov je korelacija med merjenimi in simuliranimi dnevnimi pretoki relativno dobra (preglednica 4.14, 4.15). Statistični testi kažejo, da so simulirani podatki v primerjavi z merjenim pretokom sprejemljivi z rahlo tendenco podcenitve. Podcenitev celotnega pretoka po PBIAS je v mejah, ki jih je definiral Montana Department of Environmental Quality (Flathead basin..., 2005) in ne smejo presegati ± 10 % letnega pretoka. Problem precenitve (PBIAS) se je pojavil pri RBN in RBP, kjer je RBN prešel mejo dovoljenega odstopanja za celotni pretok. Tudi primerjava rezultatov Studentove t -statistike med osnovnima RB in DB in obema alternativnima scenarijema za povprečne letne pretoke je pokazala, da med rezultati ni statistično značilnih razlik (Priloga K).

Preglednica 4.14: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za dnevni pretok za reki Reko in Dragonjo (2001–2005)

Table 4.14: Comparison of basic statistical data between the measured and simulated (SWAT) results for the daily flow of the rivers Reka and Dragonja (2001–2005)

	Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{dan}^{-1}$)			
Reka	Merjen	RB	RBN	RBP
Povprečje	0,67	0,72	0,63	0,60
Median	0,15	0,16	0,15	0,12
Standardni odklon	1,33	1,27	1,25	1,31
Min.	0,000	0,009	0,006	0,005
Maks.	16,22	17,00	12,52	15,15
Dragonja	Merjen	DB	DBN	DBP
Povprečje	0,82	0,78	0,81	0,81
Median	0,25	0,27	0,26	0,23
Standardni odklon	1,61	1,49	1,52	1,68
Min.	0,000	0,006	0,009	0,014
Maks.	21,60	14,16	14,00	16,12

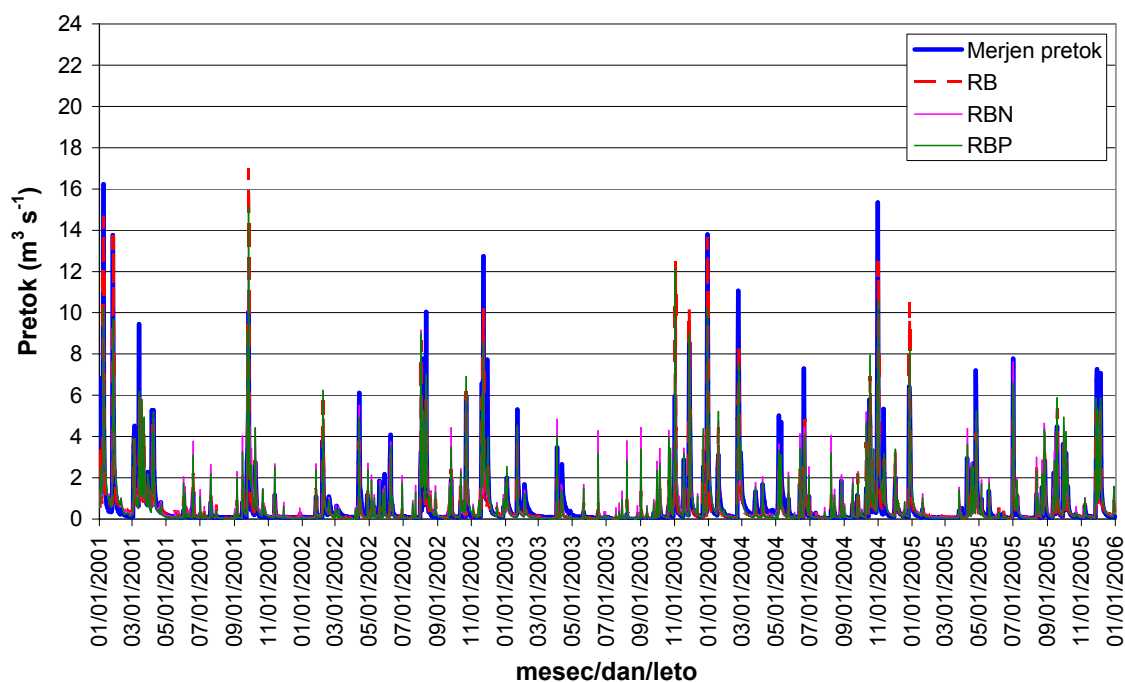
Statistični testi kažejo, da so simulirani celotni pretoki za vse modele v sprejemljivem rangi, s tem, da nekateri precenjujejo (negativni PBIAS) in drugi podcenjujejo (pozitivni PBIAS) pretok (slike 4.3, 4.4, 4.5). Skozi ločitev baznega toka se je pokazalo, da le-ta prispeva 37 % (Reka, Kožbanjšček) in 46 % (Dragonja) vode k celotnemu pretoku. Statistika za bazni tok je v primeru Reke boljša od celotnega pretoka in pri Dragonji slabša (preglednica 4.15). Koeficient korelacije (R^2) za dnevni pretok je pod vplivom nizkih pretokov. R^2 bi lahko izkazali tudi boljšo vrednost, a so pri uradnih meritvah vodostaja in kasneje pri preračunu pretoka ugotovili, da v določenih dneh pretoka naj ne bi bilo oz. je bil tako nizek (na tri decimalke natančno), da je za opazovanje zanemarljiv. Model zelo nizkih pretokov ne zanemari in jih izrazi na več decimalk natančno, kar je razvidno tudi iz kumulativne distribucije pretoka (slika 4.6). Rezultati raziskave, ki je preučevala napake pri meritvah pretoka (Harmel in sod., 2006), so pokazali, da so napake lahko v najslabšem primeru tudi 42 % in v najboljšem 3 % celotnega pretoka. Nekoliko nižje vrednosti za koeficient učinkovitosti (E_{NS}) so odraz razlik med maksimalnimi merjenimi in simuliranimi celotnimi pretoki (slika 4.3, 4.4). A večina vrednosti E_{NS} sodi v kategorijo zadovoljivih rezultatov (Moriassi in sod., 2007, Henriksen in sod., 2003), z izjemo RBN-RBP-Kožbanjšček, ki sodijo v kategorijo nezadovoljivih oz. slabih rezultatov. Večina vrednosti R^2 za celotni pretok se uvršča v kategorijo dobrih in RMSE v kategorijo zelo

dobrih rezultatov, kot so je definirali Henriksen in sod. (2003). Vrednosti PBIAS za celotni pretok se uvrščajo v kategorijo zelo dobrih in dobrih rezultatov, kot so jih definirali Moriasi in sod. (2007) z izjemo RBP in RBN za Kožbanjšček, ki se uvrščata v kategorijo zadovoljivih in nezadovoljivih rezultatov. Vzroke za nizke rezultate pri nekaterih modelih gre iskati v predstavitvi tal za obe območji, podatkih o padavinah v primeru Dragonje in merilni negotovosti. Iz rezultatov hidrološke kalibracije lahko zaključimo, da sta modela primerna za nadaljnjo delo na območju porečja reke RB in DB, ki sta izkazala najboljšo statistiko tako za bazni tok kot celotni pretok.

Preglednica 4.15: Statistika za pretok v dnevnem časovnem koraku za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za reki Dragonjo in Reko ter njen pritok Kožbanjšček

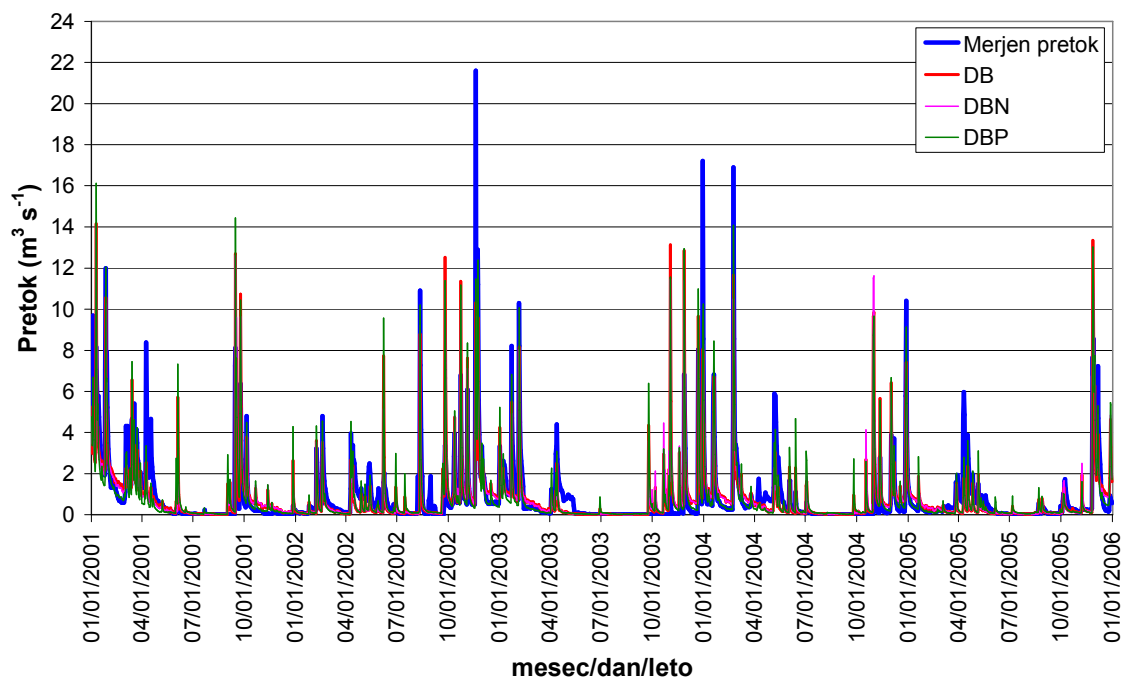
Table 4.15: Statistics for the flow in the daily time step for the calibration period (2001–2005) for the rivers Dragonja, Reka and its tributary Kožbanjšček

Statistični test	Enote	Optimalne vrednosti	Bazni tok			Celotni pretok		
Reka			RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
E_{NS}	-	1	0,61	0,60	0,67	0,61	0,58	0,60
R^2	-	1	0,72	0,61	0,68	0,64	0,61	0,64
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	0,13	0,18	0,16	0,82	0,86	0,84
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	–12,79	4,60	–7,61	7,04	–10,84	–5,70
Reka Kožbanjšček			RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
E_{NS}	-	1	0,70	0,51	0,60	0,53	0,28	0,30
R^2	-	1	0,70	0,56	0,64	0,55	0,49	0,51
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	0,08	0,10	0,09	0,52	0,64	0,63
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	–2,94	6,00	20,76	4,68	–29,47	–20,05
Dragonja			DB	DBN	DBP	DB	DBN	DBP
E_{NS}	-	1	0,55	0,54	0,37	0,57	0,56	0,57
R^2	-	1	0,66	0,65	0,70	0,59	0,59	0,63
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	0,35	0,35	0,34	1,06	1,07	1,05
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	1,49	3,10	–20,82	4,69	0,20	0,84



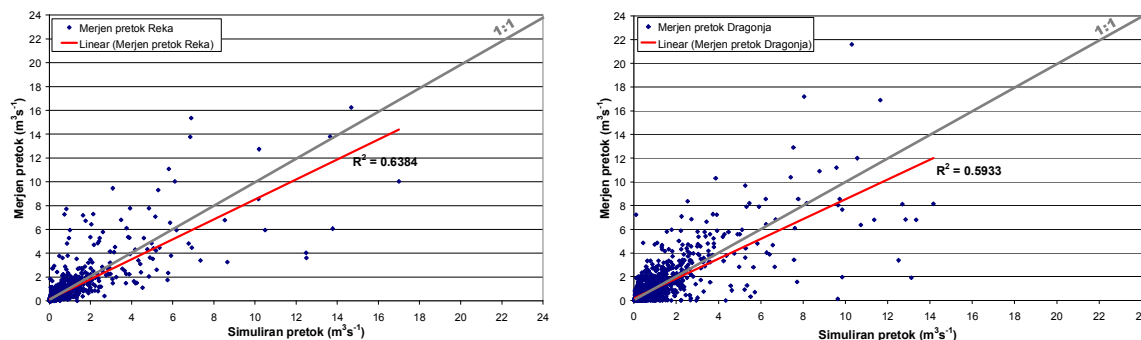
Slika 4.3: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za modele RB, RBN, RBP

Figure 4.3: Comparison between simulated (SWAT) and observed daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Reka calibration period (2001–2005) for the models RB, RBN, RBP



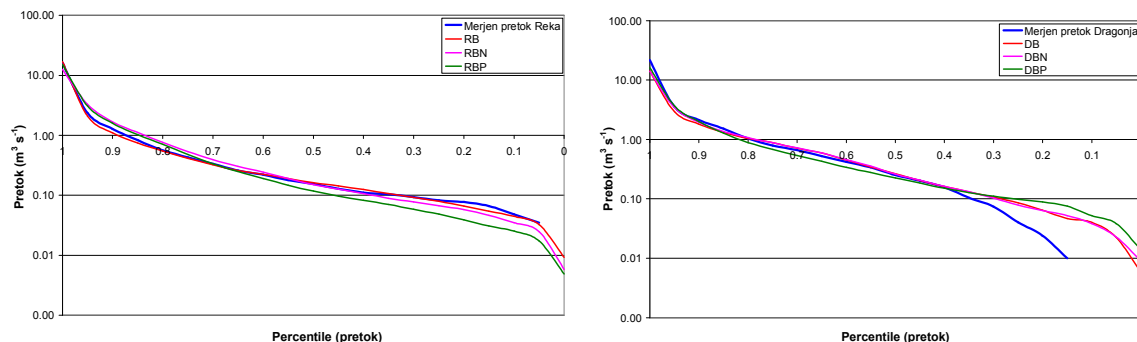
Slika 4.4: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo za kalibracijsko obdobje (2001–2005) za modele DB, DBN, DBP

Figure 4.4: Comparison between simulated (SWAT) and observed daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Dragonja in the calibration period (2001–2005) for the models DB, DBN, DBP



Slika 4.5: Razmerje med simuliranim (SWAT) in merjenim dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reki Reko in Dragonjo za kalibracijsko obdobje (2001–2005) in ustreznim koeficientom determinacije (R^2) za modela RekaBase (RB) in DragonjaBase (DB)

Figure 4.5: Ratio between simulated (SWAT) and observed daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the rivers Reka and Dragonja in calibration period (2001–2005) and the corresponding coefficient of determination (R^2) for the models RekaBase (RB) and DragonjaBase (DB)



Slika 4.6: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za modele rek Reke in Dragonje za kalibracijsko obdobje (2001–2005)

Figure 4.6: Comparison of the cumulative distribution of simulated (SWAT) and observed daily flows ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the rivers Reka and Dragonja models in the calibration period (2001–2005)

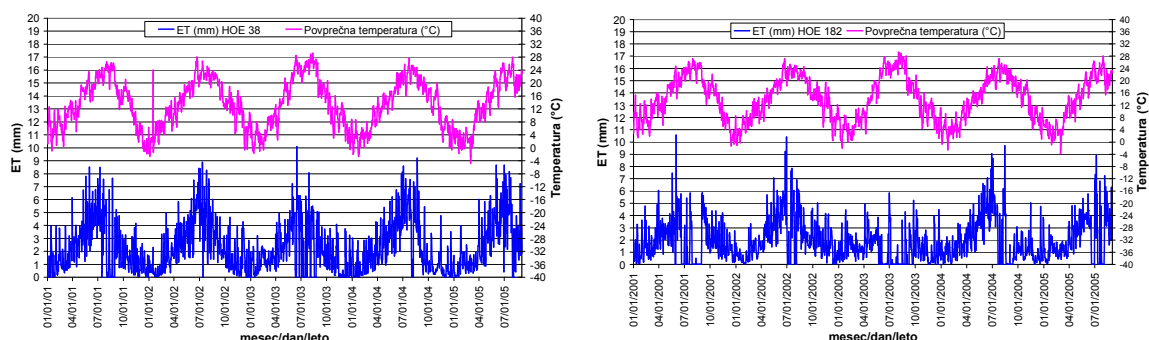
4.3.2 Indikatorji uspešnosti delovanja modela

Pomemben korak pred kalibracijo modela sedimenta in hranil je vpogled v uspešnost modeliranja indikatorjev. Trije najpomembnejši parametri so evapotranspiracija, vsebnost vode v tleh in rast rastlin, ki imajo vsi vpliv na vodno bilanco. Nizi podatkov so bili pridobljeni iz SWAT izhodnih dokumentov (OUTPUT).

4.3.2.1 Evapotranspiracija

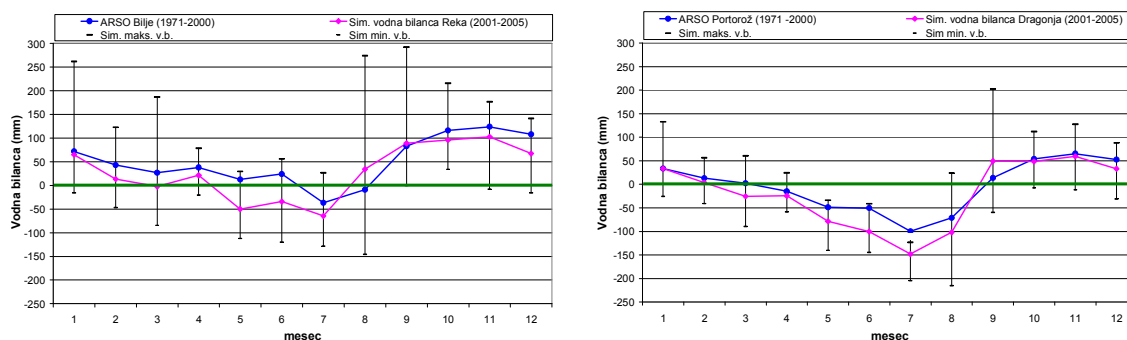
Evapotranspiracija je primarni mehanizem odvzema vode iz sistema in s tem vodne bilance porečja. Evapotranspiracija v grobem predstavlja 62 % odvzema vode, ki pade s padavinami na kontinente in je zato njena pravilna določitev kritična pri oceni vodnih virov in vplivih podnebja in rabe tal na te vire (Neitsch in sod., 2005).

Stopnja evapotranspiracije je odvisna od temperature zraka in vsebnosti vode v tleh. Višja ko je temperatura (poletje), večjo ET lahko pričakujemo. ET je nizka v zimskem času zaradi nizkih temperatur, a lahko je nizka tudi poleti, kot vzrok se najpogosteje pojavlja nizka vsebnost vode v tleh (slika 4.7). Preprosta mesečna vodna bilanca se izračuna tako, da od mesečnih padavin odštejemo mesečno potencialno evapotranspiracijo (PET). V porečju reke Reke smo primerjali vodno bilanco s postajo Bilje. Rezultati so pokazali, da je v večini leta povprečna mesečna vodna bilanca pozitivna, le v 5, 6, in 7 mesecu pade v negativno območje (slika 4.8). V porečju Dragonje smo primerjali vodno bilanco s postajo Portorož. Rezultati so pokazali, da je v skoraj celotni rastni dobi, od aprila do avgusta vodna bilanca negativna (slika 4.8).



Slika 4.7: Primerjava povprečne dnevne temperature (°C) in ET (Penman-Monteith metoda) (mm) za porečje Reke (HOE 38) in Dragonje (HOE 182) v kalibracijskem obdobju (2001–2005)

Figure 4.7: Comparison of average daily temperature (°C) and ET (Penman-Monteith method) (mm) for the rivers Reka (HRU 38) and Dragonja (HRU 182) in the calibration period (2001–2005)



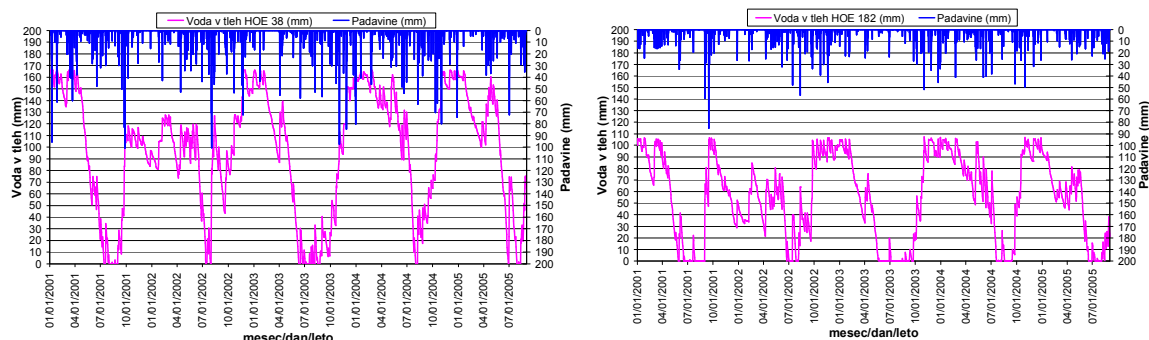
Slika 4.8: Primerjava simulirane vodne bilance (2001–2005) (mm) za podporečji 8 (Reka) in 14 (Dragonja) s podatki ARSO o vodni bilanci (1971–2000) za Bilje in Portorož

Figure 4.8: Comparison of simulated water balance (2001–2005) (mm) for the subcatchments 8 (Reka) and 14 (Dragonja) with ARSO water balance data (1971–2000) for the Bilje and Portorož

4.3.2.2 Voda v tleh

Voda, ki vstopi v profil tal, se lahko premika po več možnih poteh. Voda je lahko odstranjena iz tal z odvzemom rastlin ali evaporacijo (evapotranspiracija), lahko perkolira do konca in preko dna profila, ali se lateralno premika preko profila. Od vseh treh možnih poti je večina vode odstranjene iz tal preko evapotranspiracije, ali še bolje, preko transpiracije (Neitsch in sod., 2005). Vsebnost vode v tleh bo predstavljena pravilno, če bodo poljščine, trava, sadovnjaki, vinogradi, oljčniki in gozdovi rasli s pričakovano stopnjo

in so parametri tal pravilno pripravljene. Iz simulirane povprečna vsebnost vode za porečje Reke (HOE 38) na najpogostejših tleh (PKE 821) in rabi (vinograd) in za porečje Dragonje (HOE 182) na drugih najpogostejših tleh (PKE 927) in rabi (vinograd) za obdobje kalibracije 2001–2005 (slika 4.9), kaže na razumne vsebnosti vode v tleh. Ti dve hidrološki odzivni enoti sta dobri za predstavitev dejanskih talnih pogojev v obeh porečjih, kjer je večina tal meljasto glinastih, z velikim površinskim odtokom in izredno počasnim lateralnim tokom vode, ki pogosto povzroča psevdooglejevanje. Iz podatkov je jasno vidno, kdaj nastopi čas, ko tla niso več v poljski kapaciteti (pomlad) in kdaj se vrnejo v to stanje (jesen). Zelo opazno je obdobje poletja, ko v tleh pogosto ni niti milimetra vode, a se vsebnost občasno poveča zaradi neviht. Poletna sušna obdobja so še posebej izrazita v porečju Dragonje. Kot izrazit padec v vsebnosti se opazi tudi obdobje spomladanskega pomanjkanja padavin v marcu in aprilu, ki se zgodi vsako leto. Iz podatkov se opazi tudi suša v letu 2003.

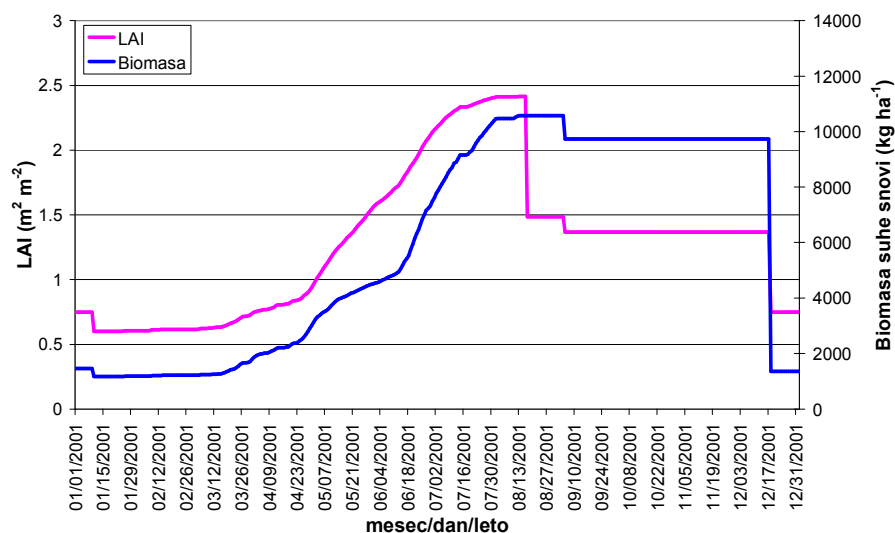


Slika 4.9: Primerjava simulirane vsebnosti vode v tleh (mm) za HOE 38 (Reka) in HOE 182 (Dragonja) in merjenih padavin (mm) za Bilje in Portorož v kalibracijskem obdobju (2001–2005)

Figure 4.9: Comparison of simulated soil water content (mm) for the HRU 38 (Reka) and HRU 182 (Dragonja) and observed precipitation (mm) for the Bilje and Portorož in the calibration period (2001–2005)

4.3.2.3 Rast rastlin

Komponenta rasti rastlin v SWAT (*.crop) je poenostavljena verzija modela EPIC (Williams in sod., 1984), ki je prvenstveno namenjen le modeliranju rasti rastlin, pridelka in izpiranja hranil iz območja njive. Fenološki razvoj rastlin je osnovan na dnevnem seštevku toplotnih enot in potencialna biomasa na metodi, ki jo je razvil Monteith. Žetveni indeks se uporablja za izračun pridelka in rast rastlin je uravnavana s temperaturnim, vodnim, duškovim in fosforim stresom. Rast rastlin je simulirana z razvojem površine listov, sprejemom svetlobe in pretvorbe sprejete svetlobe v biomaso z upoštevanjem za posamezne rastline specifičnih učinkovitosti rabe sončnega sevanja (Neitsch in sod., 2005). V SWAT bazi rastlin se lahko korigira velik razpon parametrov s katerim lahko dosežemo optimalno rast rastlin. Parametri za to raziskavo so bili večinoma povzeti po SWAT bazi in dodatno korigirani iz različnih virov (Frame, 1992; Kannan, 2003; Whitehead, 2006). Primer rastnega profila za vinograd z razvojem indeksa listne površine (LAI) in rastlinske biomase (BIOM) za vinograd je predstavljen na sliki 4.10.



Slika 4.10: Simulirana (SWAT) rast vinograda (kg ha^{-1}) in indeks listne površine ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) (HOE 38) v porečju reke Reke

Figure 4.10: Simulated (SWAT) vineyard growth (kg ha^{-1}) and leaf area index ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) (HRU 38) in the river Reka catchment

4.3.3 Kalibracija modela za sediment

Po izvedeni hidrološki kalibraciji (bazni in celotni pretok) lahko nadaljujemo s kalibracijo erozije sedimenta iz hidroloških odzivnih enot v vodotok in premiki sedimenta v vodotoku. Dobra kalibracija količin sedimenta je nujna, če želimo dobro kalibracijo fosforja, saj se le-ta prednostno premika adsorbiran na delcih sedimenta. SWAT modelira dva vira sedimenta, prvega iz hidroloških odzivnih enot in drugega kot erozijo struge in posedanje na dno struge. Najbolj pogosti SWAT parametri, ki se uporabljajo za kalibracijo sedimenta so: USLE faktor kmetijske rastle (USLE_P), USLE dolžina pobočja (SLSUBBSN), pobočje HRU (SLOPE), faktor oskrbe tal kmetijskih rastlin (RSDCO), učinkovitost biološkega mešanja tal (BIOMIX), linearni in eksponentni izračun v strugi zadržane maksimalne količine sedimenta (SPCON, SPEXP), faktor erozivnosti struge (CH_EROD), faktor pokrovnosti struge (CH_COV).

Agencija RS za okolje ne izvaja rednega dnevnega monitoringa koncentracij suspendiranega sedimenta na nobeni od raziskovalnih lokacij. Na porečju Dragonje se vendarle izvaja redni mesečni monitoring, ki v določenem obdobju ni bil najbolje izvajan (slika 3.28), saj podatki dajejo vtis, da so bile meritve izvajane le ob nizkih vodostajih. Zato smo pomanjkanje variabilnosti v podatkih iz porečja Dragonje nadomestili s tem, da smo v procesu kalibracije uporabili vse pridobljene podatke o sedimentih in hranilih. V primeru reke Reke se ne izvaja nikakršen monitoring kakovosti voda, zato smo izvedli eno letno kampanjo meritev z dnevnim odvzemom vzorcev vode, ki so nam služili za kalibracijo modela. Večja variabilnost podatkov nam omogoča bolj natančno kalibracijo in boljši prikaz simuliranih podatkov in s tem nižjo možnost nepravilne simulacije fosforja.

Preglednica 4.16 predstavlja v kalibraciji uporabljene parametre in končne vrednosti uporabljene v modelih. Koeficienti učinkovitosti razkrivajo nekoliko slabše vrednosti za E_{NS} v primeru Reke, kjer je najboljši rezultat dosegel model RB, ki se je za razliko od

ostalih dveh (RBN, RBP), še posebno dobro izkazal pri napovedovanju variabilnosti vrednosti z modelom $E_{NS \text{ percentile}} = 0,83$. V primeru Dragonje so je najboljše izkazal model DB ($E_{NS} = 0,70$), ki je tudi dosegel najboljši koeficient napovedovanja variabilnosti modela $E_{NS \text{ percentile}} = 0,73$. Tudi vse vrednosti PBIAS sodijo v kategorijo zelo dobrih rezultatov, saj je odstopanje manjše od 15 % (Moriassi in sod., 2007).

Preglednica 4.16: SWAT parametri kakovosti voda, njihovi razponi in končne vrednosti izbrane za kalibracijo modelov za porečji rek Reke (Kožbanjšček) (2008–2009) in Dragonje (1994–2008)

Table 4.16: SWAT water quality parameters, their ranges and the final values chosen for the models calibration for the rivers Reka (Kožbanjšček) (2008–2009) and Dragonja catchments (1994–2008)

			Reka – Kožbanjšček			Dragonja				
Parameter			Osnova	Razpon	Kalibrirane vrednosti			Kalibrirane vrednosti		
Sediment					RB	RBN	RBP	DB	DBN	DBP
1	SpCon		0,0001	0,0001–0,01	0,002	0,0025	0,004	0,002	0,007	0,006
2	SpExp		1	1–1,5	1,3	1	1	1	1	1
3	Ch_Erod		0	0–1	0,092	0,08	0,077	0,06	0,092	0,088
4	Ch_Cov		0	0,05–0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
5	USLE_P		1	0–1	*	*	*	*	*	*
E _{NS}					0,23	0,11	0,14	0,70	0,45	0,49
E _{NS} percentile					0,83	0,20	0,19	0,73	0,48	0,53
R ²					0,24	0,13	0,17	0,80	0,54	0,57
RMSE					10,35	11,07	10,93	19,81	26,77	25,86
PBIAS					–0,15	0,56	10,58	–6,33	0,31	–3,73
Dušik (NO ₃ -N)					RB	RBN	RBP	DB	DBN	DBP
1	Nperco		0,2	0,01–1	1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
2	Al1		0,08	0,07–0,09	0,071	0,071	0,071	0,08	0,08	0,08
3	CMN		0,0003	0,0001–0,001	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001
4	HLIFE_NGW		0	0–200	-	-	-	0,02	0,02	0,02
5	FRT_surface		0,2	0–1	a	a	a	a	a	a
E _{NS}					0,40	0,55	0,64	0,10	0,24	0,38
E _{NS} percentile					0,72	0,83	0,89	0,78	0,73	0,77
R ²					0,46	0,55	0,65	0,17	0,27	0,39
RMSE					79,89	69,08	27,51	5,11	4,70	4,23
PBIAS					21,24	2,10	9,57	–3,43	–6,30	–4,13
Fosfor (TP, minP)					RB	RBN	RBP	DB	DBN	DBP
1	Pperco		10	10–17,5	15	10	10	10	10	10
2	Phoskd		175	100–200	175	175	175	200	200	200
3	Al2		0,015	0,01–0,02	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
4	PSP		0,4	0,01–0,7	0,22	0,01	0,06	0,04	0,01	0,01
5	ERORGP		0	0,001–5	0	0,03	1,5	0,003	0,01	0,01
6	BC4		0,35	0,01–0,7	0,1	0,01	0,14	0,1	0,03	0,05
7	RS2		0,05	0,001–0,1	0,1	0,02	0,01	0,1	0,1	0,1
8	RS5		0,05	0,001–0,9	0,08	0,005	0,32	0,001	0,05	0,5
9	FRT_surface		0,2	0–1	a	a	a	a	a	a
orto P	E _{NS}				0,16	–0,02	–0,03	0,22	0,24	0,24
	E _{NS} percentile				0,92	0,79	0,82	0,65	0,93	0,67
	R ²				0,34	0,10	0,10	0,47	0,45	0,47
	RMSE				0,25	0,12	0,28	0,06	0,05	0,05
	PBIAS				11,84	–0,18	0,46	9,86	3,36	1,83
Total P	E _{NS}				–0,05	–0,79	–0,75	0,36	0,34	–0,41
	E _{NS} percentile				0,95	1	1	0,85	0,78	–0,59
	R ²				0,11	0,00	0,00	0,46	0,47	0,41
	RMSE				48,17	28,08	62,07	0,18	0,18	0,26
	PBIAS				3,43	1,75	–0,65	49,21	36,34	10,63

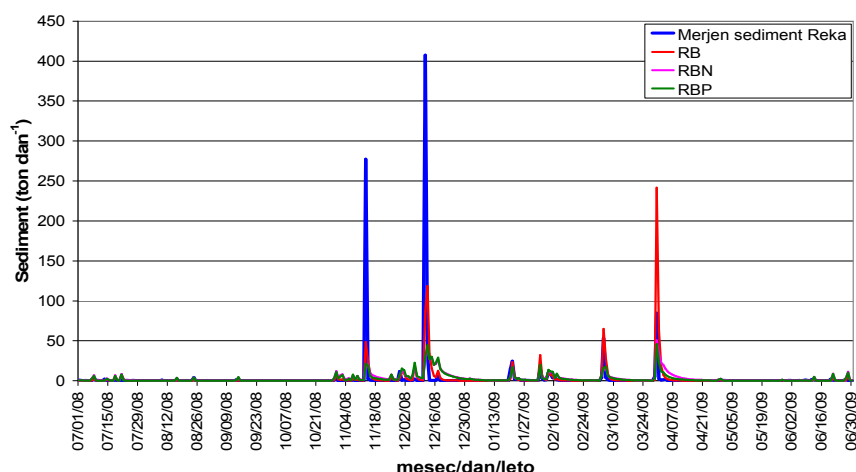
Legenda: Vrsta modela: RB, DB – osnovni; RBN, DBN – neporušena tla; RBP, DBP – porušena tla

*glej Preglednica 3.23, ^a glej PRILOGA F

Slike 4.11 do 4.13 prikazujejo primerjavo rezultatov za dnevne nize in kumulativno distribucijo za obe območji raziskovanja. V primeru reke Reke, kjer smo kalibracijo izvedli le na enem letu merjenih podatkov, se je izkazalo, da največ sedimenta erodira v zimskem in zgodnje spomladanskem času, ko so tla v kombinaciji z obdelavo tal in vplivom vremenskih pojavov najbolj izpostavljena. Izmerjene povprečne dnevne količine bistveno ne odstopajo od merjenih, kar ne velja za srednjo vrednost (mediano) in standardno deviacijo, ki se merjeni še najbolj približa v primeru modela RB (preglednica 4.17). V primeru reke Dragonje je razvidno, da monitoring do leta 2004 ni bil izvajan tako, da bi zajel celoten spekter možnih erodiranih dnevnih količin, kar je povzročalo težave pri kalibraciji. Povprečne dnevne količine se medsebojno ujemajo, medtem, ko je mediana kar precej različna a pri tako majhnem številu meritev (92 v 14 letih), je težko pričakovati bolj izenačene rezultate. Standardna deviacija je najboljše ujemanje pokazala z DB, kar velja tudi za maksimalno vrednost. Na slikah 4.11 in 4.13 je vidno kako se giblje krivulja dnevnih erodiranih količin, ki kaže na največjo erozijo v jesenskem, zimskem in zgodnje spomladanskem času, ko območje prejme večino padavin. V tem obdobju so tla hitro saturirana, evapotranspiracija pa je nizka. Tla imajo nizko hidravlično prevodnost, zato se ob večjih intenzitetah padavin pogosto pojavljajo hudourniške poplave. Obe območji sta zaradi svoje geološke podlage in iz tega izvirajočih vrst tal zelo podvrženi eroziji, saj površinski tok prevladuje nad baznim tokom. Vendarle je potrebno opozoriti na pomanjkanje podatkov, ki bi bolje opisali procese. Pomembno je tudi opozoriti, da so simulirane količine suspendiranega sedimenta ($t\ dan^{-1}$) preračunane iz v določenem delu dneva odvzete koncentracije ($mg\ l^{-1}$) s pomočjo srednjega dnevnega pretoka ($m^3\ dan^{-1}$), kar ustvarja določeno negotovost pri uporabi te vrste podatkov. Iz primerjave modelov je razvidno, da modeli v določenih dogodkih precenjujejo ali podcenjujejo količino suspendiranega sedimenta v odtoku (slika 4.12).

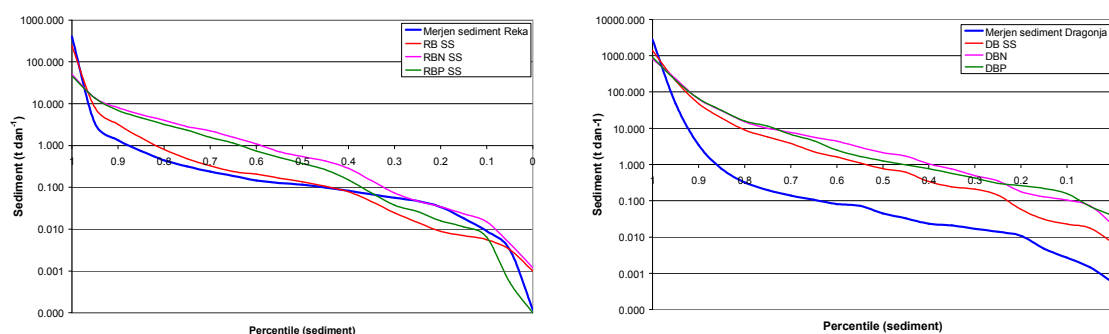
Preglednica 4.17: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos sediment ($t\ dan^{-1}$) v reki Reka – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonja (1994–2008)
Table 4.17: Comparison of basic statistical data between the measured and simulated (SWAT) results for the sediment transport ($t\ dan^{-1}$) in the rivers Reka – Kožbanjšček (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)

	Sediment ($t\ dan^{-1}$)			
Reka – Kožbanjšček	Merjen	RB	RBN	RBP
Povprečje	2,93	2,93	2,91	2,62
Median	0,12	0,13	0,54	0,37
Standardni odklon	26,33	16,05	5,97	5,85
Min.	0,000	0,001	0,001	0,000
Maks.	407,32	241,80	50,44	45,67
Dragonja	Merjen	DB	DBN	DBP
Povprečje	39,09	41,56	38,96	40,54
Median	0,05	0,76	2,13	1,26
Standardni odklon	288,87	165,01	124,80	134,20
Min.	0,007	0,022	0,038	0,001
Maks.	2737,75	1369,00	817,10	907,10



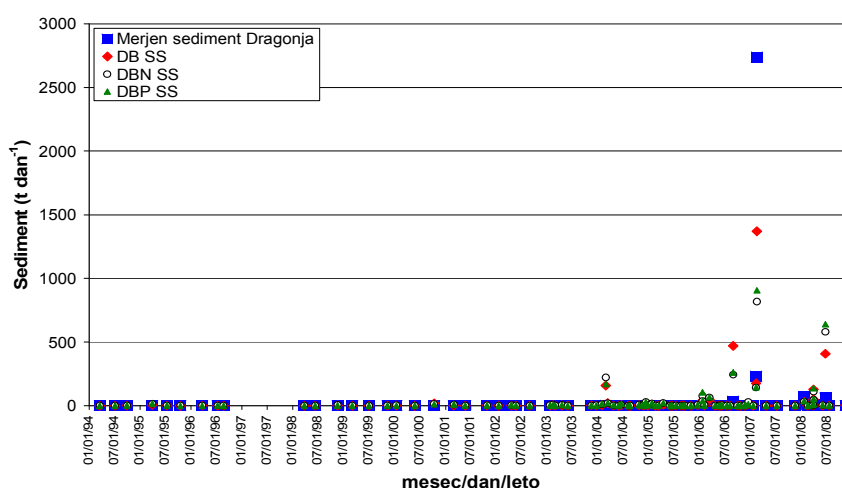
Slika 4.11: Primerjava simuliranih in merjenih dnevnih količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) RB, RBN, RBP modelov za reko Reko – Kožbanjšček (2008–2009)

Figure 4.11: Comparison between simulated and observed daily loads of suspended sediment (t day^{-1}) RB, RBN, RBP models for the river Reka – Kožbanjšček (2008–2009)



Slika 4.12: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) za reki Reko – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.12: Comparison of the cumulative distribution of simulated (SWAT) and measured loads of suspended sediment (t dan^{-1}) for the rivers Reka – Kožbanjšček (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)



Slika 4.13: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin suspendiranega sedimenta (t dan^{-1}) DB, DBN, DBP modelov za reko Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.13: Comparison between simulated (SWAT) and observed (ARSO) loads of suspended sediment (t day^{-1}) of the DB, DBN, DBP models for the river Dragonja (1994–2008)

4.3.4 Kalibracija modela za dušik

Glavne izhodne spremenljivke na nivoju podporečja (output.rch) za dušik so organski dušik (ORGN_OUT), nitratni dušik (NO3_OUT), amonijev dušik (NH4_OUT) in nitritni dušik (NO2_OUT), ki so izražene v kilogramih dušika (kg N). Če vse te spremenljivke združimo dobimo celotni dušik. Kalibracija reke Reke je bila osnovana na enoletnem nizu povprečnih dnevnih vrednosti, ki smo jih merili z nitratno sondo. Medtem, ko je bila kalibracija Dragonje osnovana na podatkih pridobljenih iz ARSO, ki so bili podani v najboljšem primeru na mesečni ravni a pogosto tudi v večmesečnih presledkih, saj je niz vseboval le 73 podatkov za 14 let. Odnos med nitratom (NO_3^-) in nitratnim dušikom ($\text{NO}_3\text{-N}$) je bil določen kot $1 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$ je $4,4 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3^-$. V procesu kalibracije smo tako primerjali merjene vrednosti za nitratni dušik in simuliran nitratni dušik.

Najpogosteje uporabljeni parametri v procesu kalibracije dušika so: koncentracija nitrata in organskega dušika v tleh (SOL_NO3, SOL_ORGN), gnojilna norma za površinski sloj (FRT_SURFACE), koeficient rastlinskih ostankov (RSDOC), učinkovitost biomešanja tal (BIOMIX), koeficient perkolacije dušika (NPERCO), delež biomase alg kot dušik (A11), faktor stopnje mineralizacije humusa aktivnih organskih hranil (CMN), razpolovna doba nitrata v plitkem vodonosniku (HLIFE_NGW). Za namen te raziskave smo uporabili pet parametrov (FRT_SURFACE, NPERCO, A11, CMN, HLIFE_NGW), za katere je bilo tekom kalibracije ugotovljeno, da imajo odločilen vpliv na kakovost simulacij. Njihov vpliv na izboljšanje statistike je bil očiten. V procesu raziskave smo morali za dosego boljših rezultatov izboljšati tudi upravljanje s HOE in bolje urediti kmetijsko pridelavo, še posebno gnojilne norme (FRT_KG), ki so bile pri scenarijih v primeru prenizkih ali previsokih vrednosti naprej preverjene.

Preglednica 4.16 predstavlja v kalibraciji uporabljene parametre in končne vrednosti uporabljene v modelih. V splošnem je kalibracija nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) dobra za reko Reko in glede na pomanjkljive podatke še zadovoljiva za reko Dragonjo (Moriassi in sod., 2007). Boljši rezultat pri reki Reki je bilo pričakovati, saj je bil niz podatkov zelo gost (dnevne vrednosti), kar je pomenilo širok razpon vrednosti in variabilnosti, kar razkriva dober rezultat za $E_{\text{NS percentile}}$, ki je dosegel vrednosti med 0,72 in 0,89. Tudi vrednosti PBIAS sodijo v kategorijo zelo dobrih rezultatov, saj so imele vse simulacije napako nižjo od 25 % (Moriassi in sod., 2007). Rezultat je še toliko bolj presenetljiv, ker smo simulacije zagnali že z letom 1992, kar pomeni 18 let predhodnih simulacij in veliko možnosti za napako, a je bil odziv različnih modelov dober. Rezultati za povprečno vrednost, mediano in standardni odklon, kažejo v kombinaciji z maksimalno vrednostjo na nižjo variabilnost simuliranih vrednosti v primerjavi z merjenimi (preglednica 4.18 in slika 4.14).

V primeru Dragonje je bi dosežen slabši, a še zadovoljiv rezultat $E_{\text{NS}} = 0,10$ do $0,38$ in $E_{\text{NS percentile}} = 0,73$ do $0,78$ (preglednica 4.16). Rezultati PBIAS sodijo v kategorijo zelo dobrih rezultatov (Moriassi in sod., 2007). Treba je opozoriti na izredno nizko število merjenih podatkov, le 73 za 14 let, kar pomeni, da je bila frekvenca vzorčenja nižja od enega ali celo dveh mesecev. Frekvenca vzorčenja je bila povišana šele po pridružitvi EU v letu 2004. Vendar ena vrednost na mesec za zadovoljivo kalibracijo dušika, ki je zelo mobilen element, očitno ni dovolj. Tako je težko reči, ali model dobro napoveduje nitratni

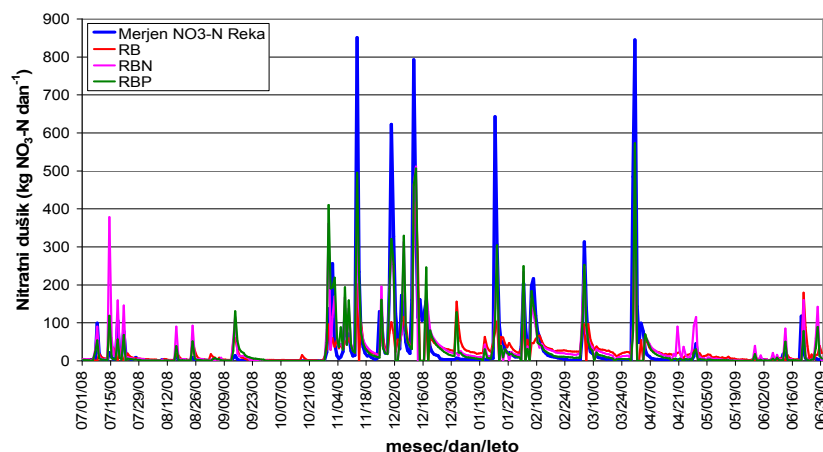
dušik in ali je dinamika nitrata v času realistična. Johnes (2007) ugotavlja, da enomesečna frekvenca vzorčenja privede do netočnih ocen o količini prenesenih hranil v vodotokih. Harmel in sod. (2006) opozarjajo, da so napake pri meritvah nitrata lahko v najslabšem primeru tudi 421 %, a se v povprečju gibljejo okoli 10 %. Migliaccio in sod. (2007) so opozorili, da algoritmi, ki v SWAT simulirajo procese v strugi (QUAL2E), potrebujejo nadaljnje testiranje in izpopolnitev, saj niso odkrili nobenih značilnih razlik v rezultatih simulacij, če so uporabili procese v strugi ali ne.

Preglednica 4.18: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos nitratnega dušika (kg dan^{-1}) v rekah Reka – Kožbanjšček (2008–2009) in Dragonja (1994–2008)

Table 4.18: Comparison of basic statistical data between the measured and simulated (SWAT) results for the nitrate nitrogen transport (kg dan^{-1}) for the rivers Reka – Kožbanjšček (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)

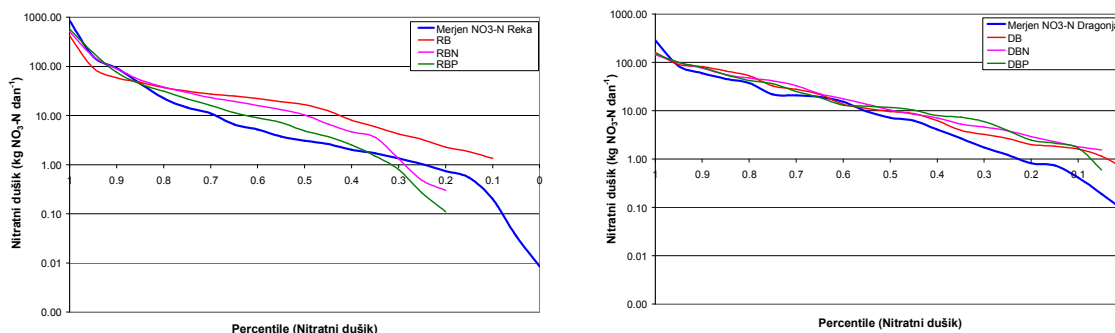
	Nitratni dušik (kg dan^{-1})			
Reka – Kožbanjšček	Merjen	RB	RBN	RBP
Povprečje	34,08	26,84	33,36	30,82
Median	3,08	16,56	10,26	4,84
Standardni odklon	102,86	44,64	68,97	75,31
Min.	0,009	0,000	0,000	0,000
Maks.	851,12	417,20	512,10	573,00
Dragonja	Merjen	DB	DBN	DBP
Povprečje	24,96	25,81	26,53	25,99
Median	7,14	9,62	10,30	11,62
Standardni odklon	48,50	33,88	33,51	33,90
Min.	0,081	0,621	0,000	0,000
Maks.	285,29	160,10	143,40	154,20

Za obe območji, še posebno Dragonjo (velik delež gozda) velja poudariti veliko prostorsko distribucijo različnih kmetijskih rab prostora in tehnologij pridelave (čas gnojenja, mulčenja, obiranja, rezi). Slednje so bile v modelu predstavljene z enotnimi apliciranimi količinami in časi izvedbe, kar v naravi ne velja, saj na to vpliva več dejavnikov (vreme, čas kmeta). Gotovo negotovosti izvirajo tudi iz karte tal njene prostorske distribucije in kombinacije parametrov, ki rezultira v kombinacijah HOE. Iz slik 4.14 in 4.16 je razvidno, da različni modeli dobro sledijo merjenim podatkom, saj se časovno pravilno odzivajo na prisotnost maksimalnih in minimalnih količin, ki je močno povezana z letnimi časi. Tako je razvidno, da so količine nitratnega dušika v reki v zimskem obdobju višje kot v poletnem. Kumulativna porazdelitev (slika 4.15) in E_{NS} percentile (preglednica 4.18) razkrivata dobro ujemanje in napovedovanje variabilnosti vrednosti z modelom. A opaziti je odstopanje pri najvišjih in najnižjih vrednostih, saj merjene vrednosti kažejo višje visoke in nižje nizke vrednosti kot simulirani podatki, to pa je opaziti tudi pri standardnem odklonu.



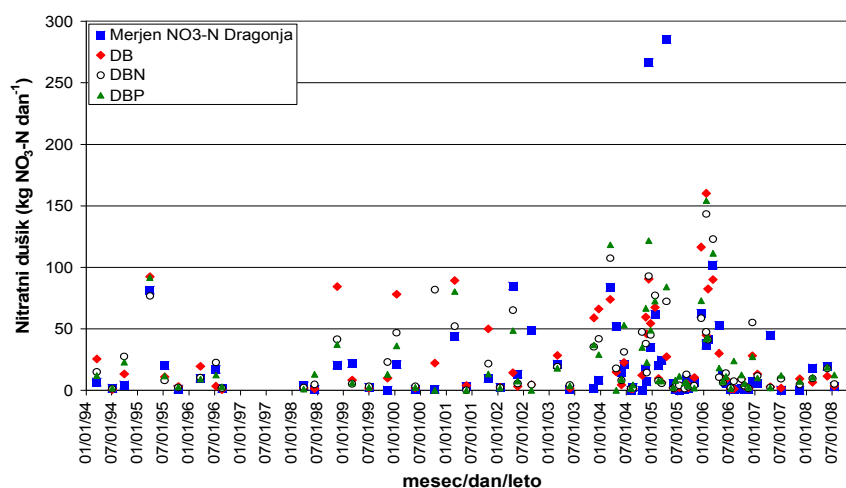
Slika 4.14: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) RB, RBN, RBP modelov za reko Reko (2008–2009)

Figure 4.14: Comparison between simulated (SWAT) and observed daily loads of nitrate nitrogen (kg dan^{-1}) of the RB, RBN, RBP models for the river Reka (2008–2009)



Slika 4.15: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.15: Comparison of the cumulative distribution of simulated (SWAT) and measured loads of nitrate nitrogen (kg dan^{-1}) for the rivers Reka (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)



Slika 4.16: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin nitratnega dušika (kg dan^{-1}) DB, DBN, DBP modelov za reko Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.16: Comparison of simulated (SWAT) and measured (ARSO) loads of nitrate nitrogen (kg dan^{-1}) for the DB, DBN, DBP models for the rivers Reka and Dragonja (1994–2008)

4.3.5 Kalibracija modela za fosfor

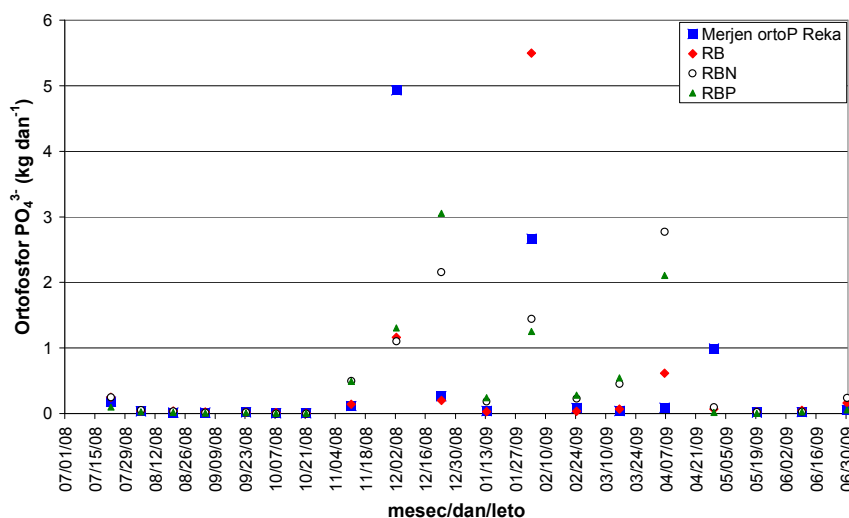
Glavni izhodni spremenljivki na nivoju podporečja za fosfor sta mineralni fosfor (MINP_OUT) in organski fosfor (ORGP_OUT), ki skupno tvorita celotni fosfor (TP). Kalibracija fosforja je bolj zapletena, saj je močno vezana na dobro kalibracijo sedimenta. Podatki v primeru reke Reke so bili zagotovljene z lastnimi meritvami na nivoju dneva za obdobje enega leta za celotni fosfor, medtem ko smo orto-fosfor merili v dvo- do tritedenskih presledkih. Kalibracija reke Dragonje je temeljila na podatkih ARSO z eno- do večmesečnimi presledki. V primeru celotnega fosforja (TP) smo imeli na voljo 78 podatkov in v primeru orto-fosforja (ortoP) 75 podatkov za 14 let, kar je izredno nizko število. Celotni fosfor sicer vključuje tri oblike fosforja: mineralni obliki orto-fosfor in meta-fosfor (poli-fosfor) ter organsko vezan fosfor. Meta-fosfor večinoma izvira iz pesticidov in je v naravi redek. Organsko vezan fosfor SWAT simulira kot organski fosfor. V procesu kalibracije smo tako medsebojno primerjali merjene vrednosti za orto-fosfor in simuliran mineralni fosfor ter merjen celotni fosfor in seštevek simuliranih mineralnega in organskega fosforja.

Najpogosteje uporabljeni parametri v procesu kalibracije fosforja so: koncentracija mineralnega in organskega fosforja v tleh (SOL_MINP, SOL_ORGP), gnojilna norma za površinski sloj (FRT_SURFACE), koeficient rastlinskih ostankov (RSDOC), učinkovitost biološkega mešanja tal (BIOMIX), koeficient perkolicije fosforja (PPERCO), koeficient razporeditve fosforja v tleh (PHOSKD), delež biomase alg kot fosfor (AI2), indeks dostopnosti fosforja (PSP), razmerje dostopnosti fosforja za transport s sedimentom (ERORGP), stopnja konstante za mineralizacijo organskega P v topni P v vodotoku pri 20 °C (BC4), stopnja bentičnega vira (sediment) za topni fosfor (RS2), hitrost usedanja organskega fosforja (RS5). Za namen te raziskave smo uporabili pet parametrov (FRT_SURFACE, PPERCO, PHOSKD, AI2, PSP, ERORGP), za katere je bilo tekom kalibracije ugotovljeno, da imajo odločilen vpliv na kakovost simulacij. V procesu raziskave smo morali za dosego boljših rezultatov izboljšati tudi upravljanje s HOE in bolje urediti kmetijsko pridelavo, še posebno gnojilne norme (FRT_KG), ki so bile pri scenarijih v primeru prenizkih ali previsokih vrednosti naprej preverjene.

Preglednica 4.16 predstavlja v kalibraciji uporabljene parametre in končne vrednosti uporabljene v modelih. Rezultati so zelo trivialni in močno odsevajo slabše rezultate kalibracije sedimenta. V primeru reke Reke je najboljši rezultat za ortoP ($E_{NS} = 0,16$) in TP ($E_{NS} = -0,05$) dosegel model RB, ki ga rešuje kumulativna distribucija rezultatov $E_{NS\ percentile} = 0,95$, saj koeficient efektivnosti za TP ni presegel $E_{NS} 0$, kar model ne uvršča med najboljše. Boljši rezultat je bil dosežen za R^2 , ki je dosegel 0,34 za ortoP in 0,11 za TP. Rezultati za PBIAS so pokazali boljše ujemanja, saj rezultati sodijo v zelo dobro kategorijo (Moriassi in sod., 2007). Slabo ujemanje med merjenimi in modeliranimi vrednostmi je bilo pričakovano, saj je bilo ujemanje meritev in simulacij slabo že pri kalibraciji sedimenta (slika 4.17, 4.19, 4.21, 4.22). To pomeni, da bo v prihodnje potrebno nameniti še več pozornosti pravilni predstavitvi porečja v kontekstu vloge teras, meritev erozije tal in vsebnosti P v erodiranem materialu. Opozoriti velja, da so se skozi celotno obdobje opravljanja meritev izvajala različna zemeljska dela (širitve in obnove vinogradov) v

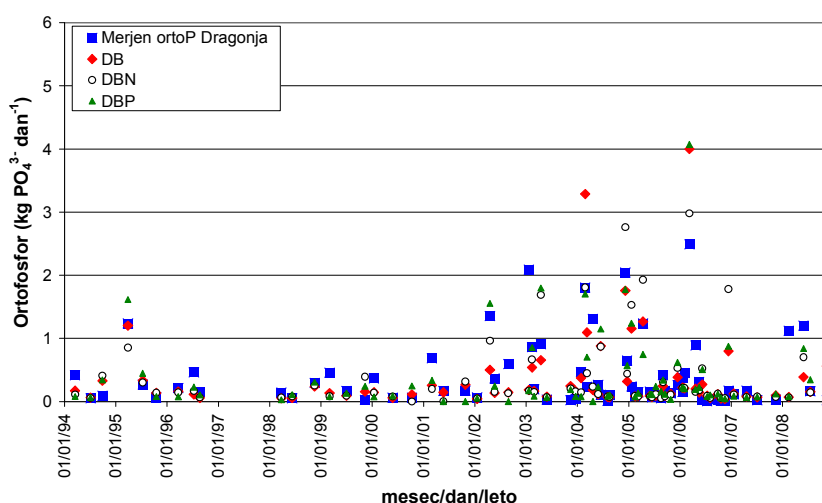
porečju in celo v strugi reke, ki jih v modelu zaradi narave del nismo mogli zajeti. Večjih razlik med merjenimi in simuliranimi vrednostmi ni (preglednica 4.19).

Za porečje Dragonje so bili rezultati boljši, saj so v primeru dveh modelov (DB, DBN) zadovoljivi in so tako za ortoP ($E_{NS} = 0,22, 0,24$) kot TP ($E_{NS} = 0,36$ do $0,34$) presegli E_{NS} 0 (preglednica 4.16; slike 4.18, 4.20). Vrednosti R^2 se gibljejo od 0,45 do 0,47 za ortoP in od 0,41 do 0,47. Vrednosti Pbias sodijo za ortoP v kategorijo zelo dobrih rezultatov in za TP v kategorije zelo dobrih (DBP), dobrih (DNB) in zadovoljivih rezultatov (DB). Ob tem ponovno opozarjamo na nizko število meritev za ortoP in TP, ki jih je bilo v primeru Dragonje le 75 in 78 za obdobje 14 let. Tudi v porečju Reke smo imeli meritev za ortoP le 19 za obdobje enega leta. Kljub velikemu številu meritev (365) za TP v porečju Reke smo opazili pojav, ko se simulirane (RBN, RBP) maksimalne količine fosforja pri modelih RBN in RBP ne pojavijo v reki na isti dan kot pri merjenih podatkih, temveč z zamikom (slika 4.19), kar bo potrebno v prihodnje bolj podrobno raziskati. Iz rezultatov je razvidno, da se modeli dobro odzivajo na sezonskost maksimalnih in minimalnih količin fosforja v reki. Merjenim podatkom je z rezultati dobro sledil le model RB, kar je razvidno tudi iz kumulativne porazdelitve (slika 4.21). Kumulativne porazdelitve v vseh primerih razkrivajo dobro ujemanje in napovedovanje variabilnosti vrednosti z modelom, razen za primer modela DBP (slika 4.20, 4.22). Tudi podatki v preglednici 4.19 kažejo, da ni očitnih razlik med modeli.



Slika 4.17: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevni količin orto-fosforja (kg dan^{-1}) za RB, RBN, RBP modele za reko Reko (2008–2009)

Figure 4.17: Comparison between simulated (SWAT) and observed daily loads of ortho-phosphorus (kg dan^{-1}) RB, RBN, RBP models for the rivers Reka (2008–2009)



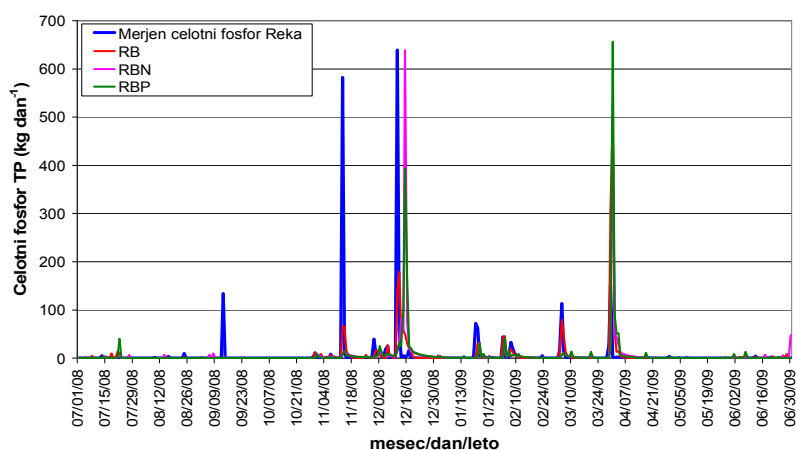
Slika 4.18: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin orto-fosforja (kg dan^{-1}) za DB, DBN, DBP modele za reko Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.18: Comparison of simulated (SWAT) and measured (ARSO) loads of ortho-phosphorus (kg dan^{-1}) for the DB, DBN, DBP models for the rivers Reka and Dragonja (1994–2008)

Preglednica 4.19: Primerjava osnovnih statističnih podatkov med merjenimi in simuliranimi (SWAT) rezultati za prenos orto-fosforja in celotnega fosforja za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)

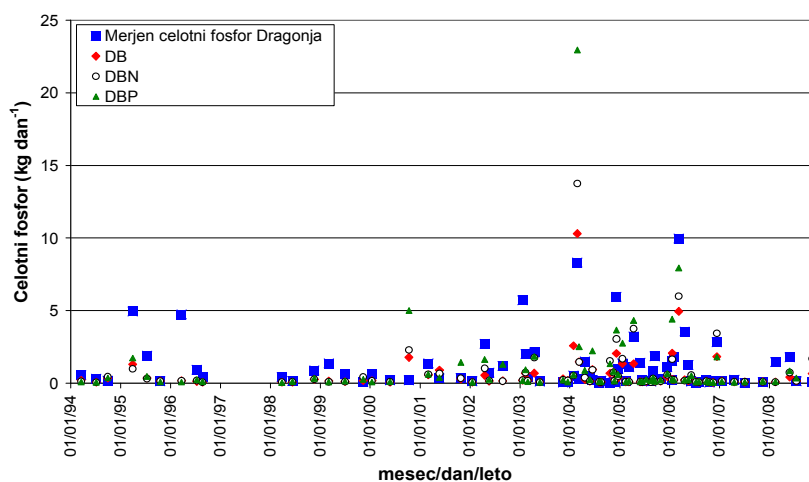
Table 4.19: Comparison of basic statistical data between the measured and simulated (SWAT) results for the ortho-phosphorus and total phosphorus transport for the rivers Reka (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)

Orto-fosfor (kg dan^{-1})				
<i>Reka</i>	Merjen	RB	RBN	RBP
Povprečje	0,50	0,44	0,50	0,50
Median	0,04	0,05	0,18	0,05
Standardni odklon	1,24	1,26	0,80	0,85
Min.	0,003	0,004	0,000	0,000
Maks.	4,93	5,50	2,78	3,06
<i>Dragonja</i>	Merjeni	DB	DBN	DBP
Povprečje	0,40	0,36	0,39	0,39
Median	0,17	0,15	0,15	0,13
Standardni odklon	0,54	0,64	0,60	0,62
Min.	0,003	0,041	0,000	0,000
Maks.	2,49	4,00	2,98	4,07
Celotni fosfor (kg dan^{-1})				
<i>Reka</i>	Merjen	RB	RBN	RBP
Povprečje	6,40	6,18	6,29	6,44
Median	0,20	0,08	0,61	0,61
Standardni odklon	47,03	34,15	42,79	41,58
Min.	0,003	0,004	0,000	0,000
Maks.	638,52	503,80	638,20	656,52
<i>Dragonja</i>	Merjeni	DB	DBN	DBP
Povprečje	1,18	0,60	0,75	1,05
Median	0,41	0,18	0,17	0,22
Standardni odklon	1,84	1,34	1,78	2,85
Min.	0,020	0,045	0,056	0,029
Maks.	9,96	10,31	13,76	22,96



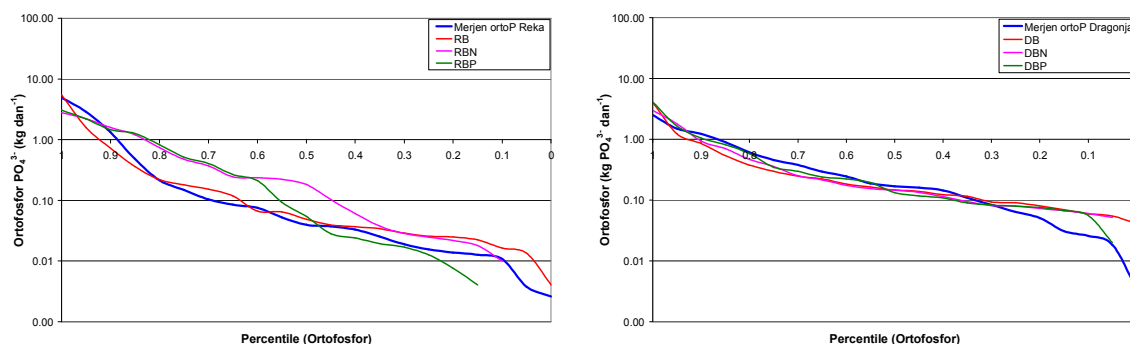
Slika 4.19: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih količin celotnega fosforja (kg dan^{-1}) za RB, RBN, RBP modelov za reko Reko (2008–2009)

Figure 4.19: Comparison between simulated (SWAT) and observed daily loads of total phosphorus (kg dan^{-1}) for the RB, RBN, RBP models for the river Reka (2008–2009)



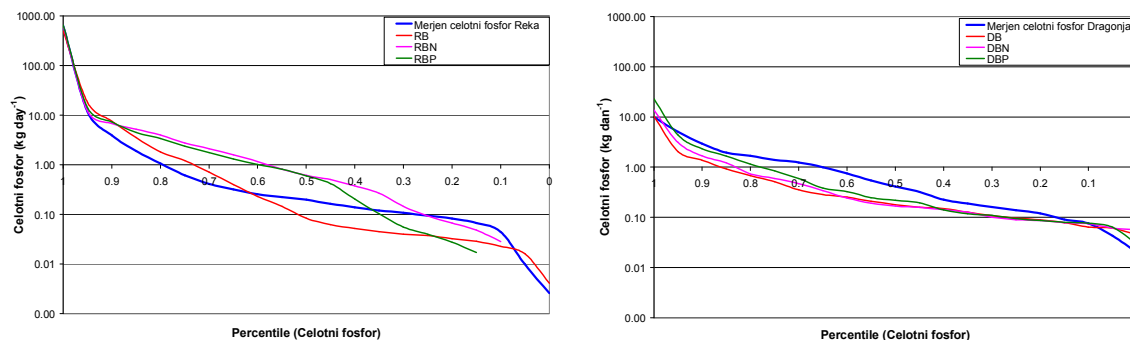
Slika 4.20: Primerjava simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) količin celotnega fosforja (kg dan^{-1}) za DB, DBN, DBP modele za reko Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.20: Comparison of simulated (SWAT) and measured (ARSO) loads of total phosphorus (kg dan^{-1}) for the DB, DBN, DBP models for the river Reka and Dragonja (1994–2008)



Slika 4.21: Primerjava kumulativne distribucije količin (kg dan^{-1}) orto-fosforja (kg dan^{-1}) za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.21: Comparison of the cumulative distribution of ortho-phosphorus loads (kg dan^{-1}) for the rivers Reka (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)



Slika 4.22: Primerjava kumulativne distribucije količin (kg dan^{-1}) celotnega fosforja za reki Reko (2008–2009) in Dragonjo (1994–2008)

Figure 4.22: Comparison of the cumulative distribution of the total phosphorus loads (kg dan^{-1}) for the rivers Reka (2008–2009) and Dragonja (1994–2008)

4.4 VALIDACIJA – POTRDITEV MODELA

Validacija se izvede s vrednostmi parametrov iz kalibriranega modela z merjenimi podatki iz drugega časovnega obdobja, pri čemer parametrov modela ne spreminjamo več. Zaradi omejitev pri podatkih, ki smo jih imeli na voljo, smo validacijo modela lahko izvedli le za hidrološki del modela (pretok).

Obseg podatkov pri reki Reki je zavzemal le eno leto dnevnih opazovanj, kar komaj zadošča za primerno kalibracijo, saj se potrebuje čim širši nabor različnih dogodkov v porečju. V primeru Dragonje smo imeli na voljo 14 let dolg niz podatkov, a se je iz analize izkazalo, da so podatki omejeni v številu opazovanj in načinu izvedbe monitoringa. Tako smo imeli za sediment, nitrat, orto-fosfor in celotni dušik le 92, 73, 75, 78 vrednosti, kar pomeni, da je bila frekvenca vzorčenja nižja od 1 meseca. Frekvenca vzorčenj se je popravila šele po pridružitvi EU leta 2004, ko se je povečala. Prav tako smo podvomili v pravilne postopke pri vzorčenju vodotokov, saj je iz podatkov razvidno, da so bili vzorci v določenem časovnem razponu več let odvzeti le ob nizkih pretokih. Pomembno je tudi vedeti, da je v okviru monitoringa odvzet vzorec le stanje reke v določenem delu dneva (koncentracija v mg l^{-1}), medtem ko je simulirana vrednost izražena kot celotna dnevna prenesena količina (kg dan^{-1}) snovi v reki. Tako nastanejo še dodatne negotovosti pri poenotenju vrednosti za primerjavo v procesu kalibracije modela.

4.4.1 Hidrologija

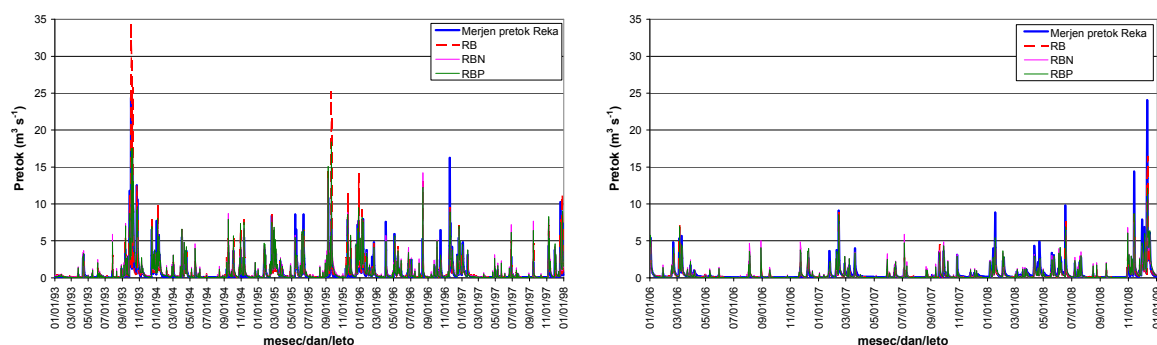
Hidrološka validacija ni sporna, saj sta obe vrednosti, tako merjena kot simulirana, podani kot povprečni srednji dnevni pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$). Za obe porečji smo izvedli validacijo modelov s srednjim dnevnim pretokom v dveh časovnih območjih, ki nista bili uporabljeni za kalibracijo (preglednica 4.1). Za reko Reko v obdobju od 1. januarja 1993 do 31. decembra 1997 in od 1. januar 2006 do 31. decembra 2008 ter za pritok reke Reke Kožbanjšček od 1. januarja 1992 do 31. decembra 1994 in od 1. januar 2006 do 31. decembra 2008 v obeh primerih v kraju Neblo. Za reko Dragonjo od 1. januarja 1994 do 31. decembra 1996 in od 1. januar 2006 do 31. decembra 2008 na postaji Podkaštel v Dragonji. Rezultati in

statistični testi validacije modela so predstavljeni v preglednici 4.20. in na slikah 4.23, 4.24, 4.25, 4.26. Rezultati kažejo na to, da v validacijskih obdobjih noben od modelov ni popolnoma sledil rezultatom kalibracije, saj imajo npr. vsi modeli reke Dragonje E_{NS} nižji od 0,50. Medtem, ko se modeli reke Reke različno odzivajo, saj za reko Reko le model RB v obdobju 1993–1997 ne izpolni norme E_{NS} 0,50, a v primeru pritoka Reke, Kožbanjšček, le model RB (obe obdobji) izpolni normo in doseže E_{NS} 0,54 in 0,65 (preglednica 4.20). To je pomembno, saj kalibracija modela za sediment in hranila poteka na potoku Kožbanjšček. Razlogi za nizko ujemanje simuliranih in merjenih pretokov tičijo v več vzrokih. Koeficient efektivnosti E_{NS} ima tendenco, da precenjuje posamezne maksimalne pretoke. Že ena ali dve večji odstopanji v letu lahko pomembno vplivata na ujemanje. Zato uporabljamo tudi druge statistične metode, ki v primeru R^2 kažejo boljšo sliko, saj vsi modeli Reke presežejo 0,50, v primeru Dragonje pa se močno približajo in v nekaterih primerih to vrednost tudi presežejo. Vrednosti PBIAS se gibljejo v razponu od zelo dobrih, dobrih do zadovoljivih, le pri vrednosti za model RBN Reka 1993–1997 je rezultat nezadovoljiv.

Preglednica 4.20: Validacijska statistika za pretok v dnevnem časovnem koraku za reki Dragonjo in Reko ter njen pritok Kožbanjšček

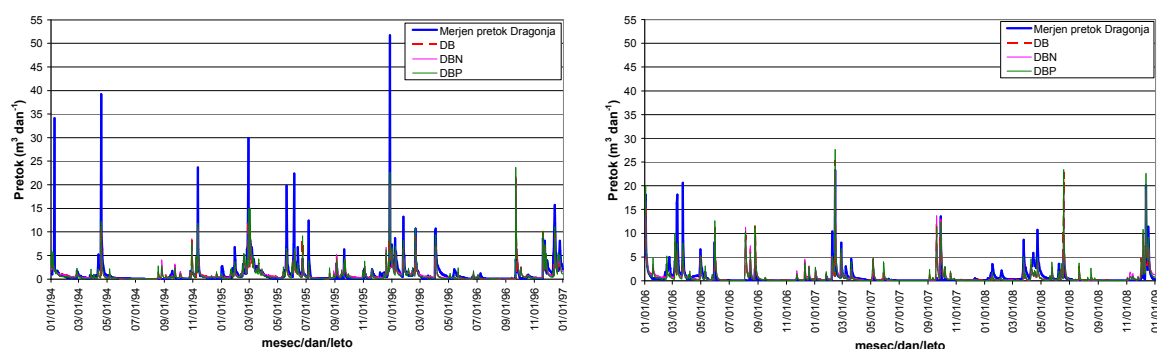
Table 4.20: Validation statistics for the flow at the daily time step for the rivers Dragonja and Reka and its tributary Kožbanjšček

Statistični test	Enote	Optimalne vrednosti	1993–1997			2006–2008		
Reka			RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
E_{NS}	-	1	0,39	0,51	0,52	0,69	0,55	0,61
R^2	-	1	0,57	0,60	0,62	0,70	0,56	0,62
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	1,21	1,09	1,08	0,74	0,88	0,82
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	–14,19	–28,85	–24,40	19,40	–2,33	0,52
Reka – Kožbanjšček			1992–1994			2006–2008		
			RB	RBN	RBP	RB	RBN	RBP
E_{NS}	-	1	0,54	0,43	0,45	0,65	0,33	0,46
R^2	-	1	0,56	0,52	0,53	0,66	0,53	0,60
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	0,50	0,56	0,55	0,37	0,51	0,46
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	19,66	–10,00	–4,72	22,32	–23,70	–14,20
Dragonja			1994–1996			2006–2008		
			DB	DBN	DBP	DB	DBN	DBP
E_{NS}	-	1	0,45	0,43	0,48	0,42	0,42	0,40
R^2	-	1	0,49	0,45	0,50	0,49	0,49	0,53
RMSE	-	0 (nižja vrednost – boljši model)	1,98	2,03	2,22	1,50	1,51	1,53
PBIAS	%	0 (+ vrednosti = podcenjevanje; – vrednosti = precenjevanje)	23,15	19,40	–20,29	–3,31	–10,95	–13,00



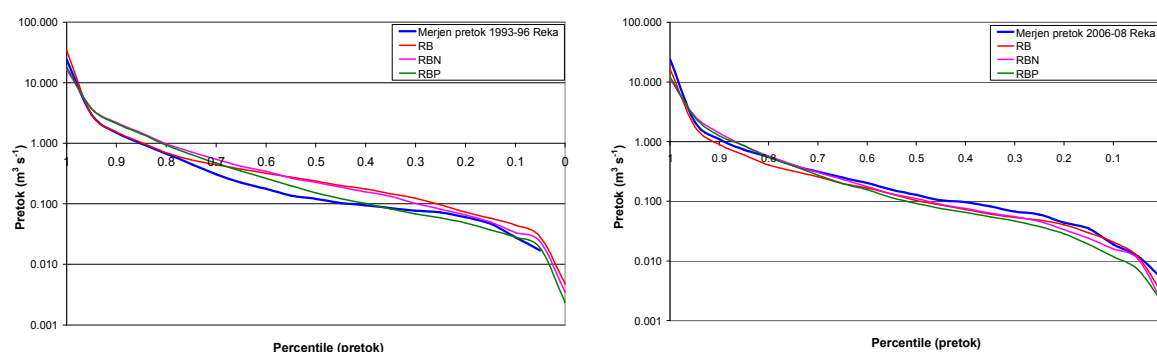
Slika 4.23: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim (ARSO) dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Reko (model RekaBase – RB) za validacijski obdobji (1993–1997, 2006–2008)

Figure 4.23: Comparison between simulated (SWAT) and observed (ARSO) daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Reka (model RekaBase – RB) for the validation periods (1993–1997, 2006–2008)



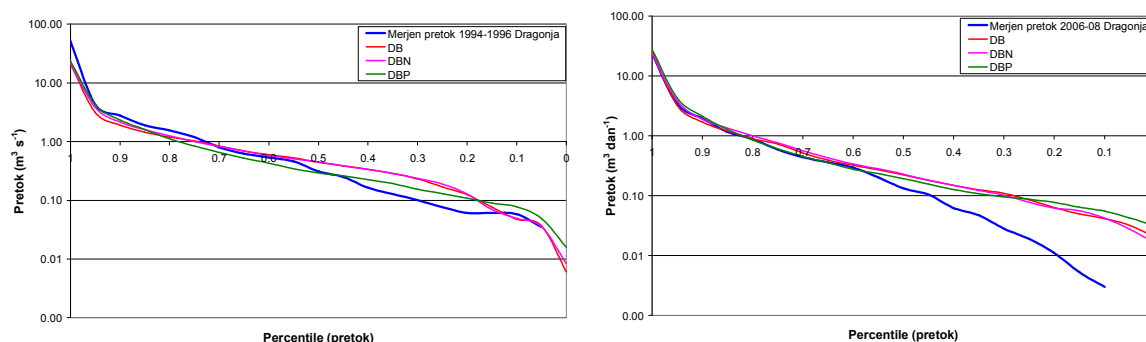
Slika 4.24: Primerjava med simuliranim (SWAT) in merjenim (ARSO) dnevnim pretokom ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za reko Dragonjo (model DragonjaBase – DB) za validacijski obdobji (1994–1996, 2006–2008)

Figure 4.24: Comparison between simulated (SWAT) and observed (ARSO) daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the river Reka (model RekaBase – RB) for the validation periods (1993–1996, 2006–2008)



Slika 4.25: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za validacijski obdobji za reko Reko (1993–1997, 2006–2008)

Figure 4.25: Comparison of the cumulative distribution of simulated (SWAT) and observed daily flows ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the validation periods for the river Reka (1993–1997, 2006–2008)



Slika 4.26: Primerjava kumulativne distribucije simuliranih (SWAT) in merjenih (ARSO) dnevnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za validacijski obdobji za reko Reko (1993–1997, 2006–2008) in Dragonjo (1994–1996, 2006–2008)

Figure 4.26: Comparison of the cumulative distribution of simulated (SWAT) and observed (ARSO) daily flows ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) for the validation periods for the river Reka (1993–1997, 2006–2008)

4.4.2 Radarsko zabeležene padavine

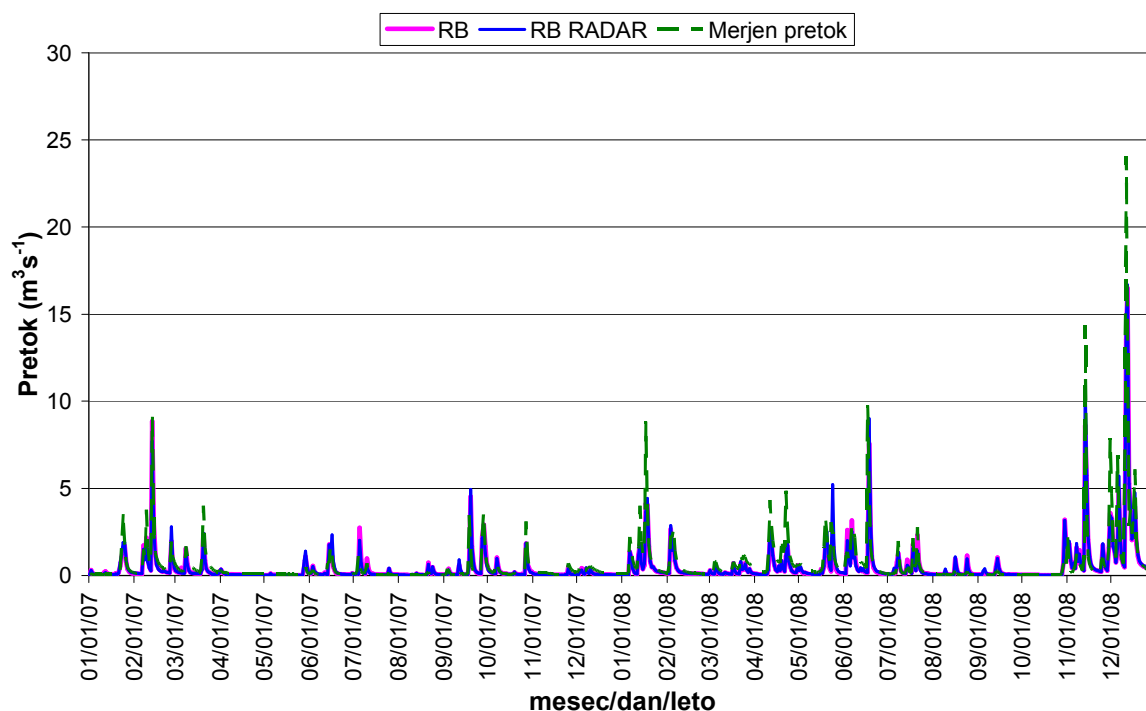
V porečju Dragonje smo v obdobju kalibracije modelov opazili, da podatki iz obstoječih uradnih meteoroloških in padavinskih postaj na območju reke Dragonje niso najbolj primerni, saj se nobena postaja ne nahaja znotraj območja raziskovanja. Zato smo pri ARSO pridobili podatke o padavinah za obe raziskovalni območji, ki jih je zabeležil radar ter jih normalizirali s podatki, ki jih je za območje reke Dragonje izmerila padavinska postaja Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, ki je bila nameščena v vasi Labor in za raziskovalno območje reke Reke s padavinsko postajo ARSO Vedrijan. Uporabljeni podatki so obsegali obdobje dveh let, med 1. 1. 2007 in 31. 12. 2008. Pripravili smo dnevne nize padavin za vsako podporečje in zagnali model, ki je v imel ostale spremenljivke enake kot osnovni model, spremenili smo samo način prezentacije padavin. Pridobljene rezultate smo primerjali z osnovnima modeloma RB in DB, ki sta uporabljena pri nadaljnjih raziskavah.

Rezultati modelov RB in RB Radar kažejo, da se koeficient E_{NS} v primeru Reke (0,70; 0,71) in njenega pritoka Kožbanjščka (0,66; 0,66) bistveno ne spremenijo (preglednica 4.21, slika 4.27). Vzrok je v dejstvu, da je padavinska postaja Vedrijan umeščena v sredini porečja Reke tako, da večjih odstopanj med podatki ni. V primeru Dragonje rezultati modelov DB in DB Radar kažejo na bistveno izboljšanje koeficienta E_{NS} (0,47; 0,59), ki preide iz kategorije nezadovoljivega v območje zadovoljivega rezultata (Moriassi in sod., 2007) (preglednica 4.21, slika 4.28). Po drugi strani se poslabša koeficient PBIAS, ki iz kategorije zelo dobrih (–1,85) pade v kategorijo zadovoljivih (16,23) rezultatov. O izboljšanju rezultatov modeliranja pretoka ob uporabi radarsko zabeleženih podatkov o padavinah (NEXRAD) poročajo tudi Moon in sod., (2004) ter Tobin in Bennett (2009). Kalin in Hantush (2006) poročata, da uporaba radarsko zabeleženih podatkov ni pokazala večjega vpliva na pretok, kar kaže na obetajočo prihodnost uporabe radarsko zabeleženih podatkov o padavinah.

Preglednica 4.21: Primerjava rezultatov statističnih metod med uporabo klasičnih pluviometriških podatkov (RB in DB) in korigiranih radarsko zabeleženih podatkov o padavinah (RB Radar in DB Radar) za pretok za porečji Reke in Dragonje (2007–2008) v modelu SWAT

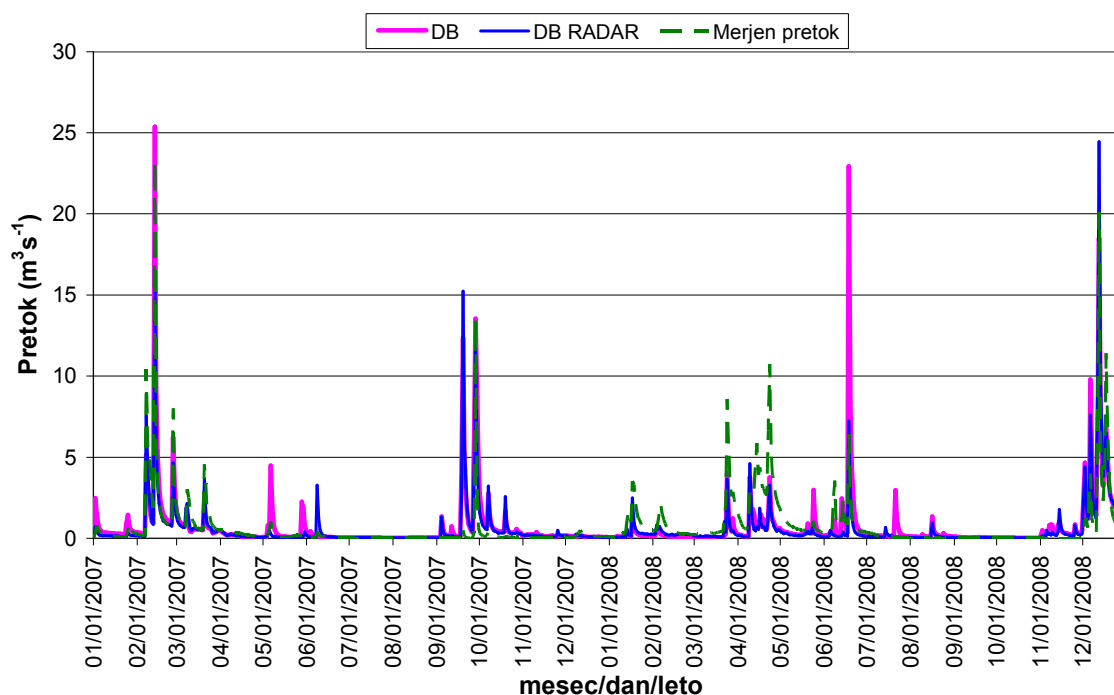
Table 4.21: Comparison of results of statistical methods between classical pluviometer data (RB and DB) and adjusted radar precipitation data (RB and DB Radar) for the flow for the rivers Reka and Dragonja (2007–2008) in the SWAT model

Model	Statistični test		
	E_{NS}	R^2	PBIAS
Reka			
RB	0,70	0,72	26,10
RB Radar	0,71	0,72	23,17
Reka – Kožbanjšček			
RB	0,66	0,68	30,60
RB Radar	0,66	0,67	25,21
Dragonja			
DB	0,47	0,58	–1,85
DB Radar	0,59	0,61	16,23



Slika 4.27: Primerjava merjenega (ARSO) in simuliranega (SWAT) srednjega pretoka ($m^3 s^{-1}$) za RB in RB_Radar modela za reko Reko (2007–2008)

Figure 4.27: Comparison of the measured (ARSO) and simulated (SWAT) mean daily flow ($m^3 s^{-1}$) of the RB and RB_Radar models for the river Reka (2007–2008)



Slika 4.28: Primerjava merjenega (ARSO) in simuliranega (SWAT) srednjega dnevnega pretoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) za DB in DB_Radar modela za reko Dragonjo (2007–2008)

Figure 4.28: Comparison of measured (ARSO) and simulated (SWAT) mean daily flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) of the DB and DB_Radar models for the river Dragonja (2007–2008)

5 SCENARIJI

Da bi bil prispevek k razvoju znanosti večji, smo sledili raziskovalni hipotezi, ki ima za cilj ugotoviti, koliko spremembe v rabi kmetijskega prostora in morebitne podnebne spremembe na območju s flišno geološko podlago vplivajo na vodnatost in kakovostno stanje površinskih vodotokov. Iz tega razloga smo oblikovali različne scenarije pretekle rabe kmetijskega prostora, prihodnjih podnebnih sprememb in učinkov kmetijsko-okoljskih ukrepov iz 2. osi programa razvoja podeželja Slovenije za leto 2007–2013. Glede na razpoložljivost podatkov smo za porečji rek Reke in Dragonje oblikovali po 15 in 12 scenarijev za vsako izmed obeh.

Vsi scenariji so bili oblikovani za ugotavljanja možnih različnih vplivov razpršenih virov sedimenta in hranili (dušik, fosfor) z namenom preučevanja delovanja modela SWAT v danih pogojih in izboljšanju razumevanja raziskovanih porečij. Scenariji so bili razviti na podlagi več različnih virov, odvisno od cilja, ki smo ga želeli doseči. Scenariji preteklega razvoja kmetijske rabe so imeli podlago v zgodovinskih kartah pridobljenih kot fizične karte v arhivih, ki so bile nato digitalizirane ali kot digitalne karte v internetnih bazah in pri različnih raziskovalcih na UL in SAZU; pripisani so jim bili tudi razredi rabe tal. Scenariji prihodnjih podnebnih sprememb so imeli podlago v do sedaj edini podrobnejši raziskavi v Sloveniji o projekcijah simulacij globalne klime na lokalni nivo (Bergant, 2003).

Scenariji kmetijsko okoljskih ukrepov so imeli podlago v dokumentih Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (Program..., 2009; ARSKTRP, 2010), ki opisujejo ukrepe in določajo pogoje, pod katerimi se lahko izvajajo. Iz vseh teh informacij smo nato oblikovali najbolj verjetne oz. realistične scenarije za območji raziskovanja, ki naj bi se zgodili (pretekla raba) in ki bi se lahko zgodili (podnebje, kmetijsko okoljski ukrepi). Scenariji kmetijsko okoljskih ukrepov so bili oblikovani tako, da vključujejo tudi določene ekstremne razmere, katerih vzrok bi lahko bilo socio-ekonomsko dogajanje. Tako se je pri kmetijsko okoljskih scenarijih kot opuščanje kmetijske pridelave na ekonomsko manj zanimivih zemljiščih pojavlja zaraščanje, ki je pokazatelj sprememb v socio-ekonomskem stanju družbe. Z vsemi spremembami (raba, podnebje) je močno povezano spreminjanje količin snovi v rekah, a ne le to, spreminjajo se tudi ekološka vrednost habitatov, kakovost življenja prebivalcev in ekonomska vrednost, še posebno skozi razvoj turizma v raziskovalnih območjih.

Težko je reči, če so določeni scenariji (kmetijsko okoljski) realistični do te mere, da bi se dejansko zgodili. Tudi pri scenarijih pretekle rabe, čeprav temeljijo na fizičnih kartah, ne moremo reči, da realno predstavljajo takratno kmetijsko rabo, saj so se metode izmere močno spremenile. Največja vprašljivost realne predstavitve območij je povezana s scenariji podnebnih sprememb, kjer že uporabljeni podatki vključujejo veliko mero negotovosti in lahko rezultati služijo le kot okvirna informacija, saj dejanskega razvoja dogodkov pri tako nepredvidljivem elementu, kot je vreme, ni možno napovedati za tako majhni raziskovalni območji.

5.1 SCENARIJI PRETEKLE KMETIJSKE RABE

Ti scenariji so večinoma sloneli na fizičnih kartah iz več, večinoma arhivskih virov. Karte iz obdobj 1780, 1830, 1940 in 1984 so bile v fizični obliki in so bile, na Katedri za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora in ekonomiko ter razvoj podeželja, najprej skenirane in v nadaljevanju georeferencirane ter digitalizirane v vektorsko obliko z ArcGIS programom. Karte iz leta 1830, 1940 in 2000 CORINE so imele jasno določene razrede rabe in meje med posameznimi rabami, medtem ko so bili za ostali dve karti razredi določeni na podlagi primerjave z ostali kartami in identifikacijo elementov na karti, saj legende niso bile na voljo (preglednica 5.1, 5.2). Pri modeliranju pretekle rabe kmetijskega prostora so bili vsi SWAT parametri enaki osnovnemu (Base) scenariju. Spremembe so bile le v obsegu določene rabe tal in s tem v obsegu določene kmetijske tehnologije pridelovanja. Za porečje reke Reke smo izvedli vseh pet scenarijev pretekle rabe, medtem ko smo za Dragonjo, ker podatki niso obstajali oz. niso bili na voljo, izvedli le scenarij 2 – 1830 in scenarij 5 – 2000 CORINE. V procesu modeliranja preteklih rab nismo spremenili nobenega od vhodnih parametrov v SWAT modelu. Z rezultati teh scenarijev pričakujemo odgovor na vprašanje, kakšna bi bila vodnatost in kakovostno stanje vodotokov, če bi ohranili enak obseg različnih preteklih rab tal do današnjih dni.

Preglednica 5.1: Primerjava razredov rabe zemljišč za karte porečja reke Reke

Table 5.1: Comparison of land use classes of maps of the river Reka catchment

	Razredi rabe tal						
Raba tal	SWAT	1780	1830	1940	1984	CORINE 2000	GERK 2009
Njiva	AGRC	-	-	1	1	-	1100
Vinograd	VINE	2	2	2	2, 3	221, 242	1211
Ekstenzivni sadovnjak	ORCE	-	3	3	2, 3	222	1222
Intenzivni sadovnjak	ORCI	-	-	-	2, 3	-	1221
Travnik	TRAV	4	4	4	5, 6	243, 321	1300
Gozd	FRSD	5	5	5	11	311	2000
Urbano	URBN	6	6	6	7, 10	112	3000
Neznano	-	7	-	-	-	-	-
- razred rabe zemljišč ni prisoten na karti							

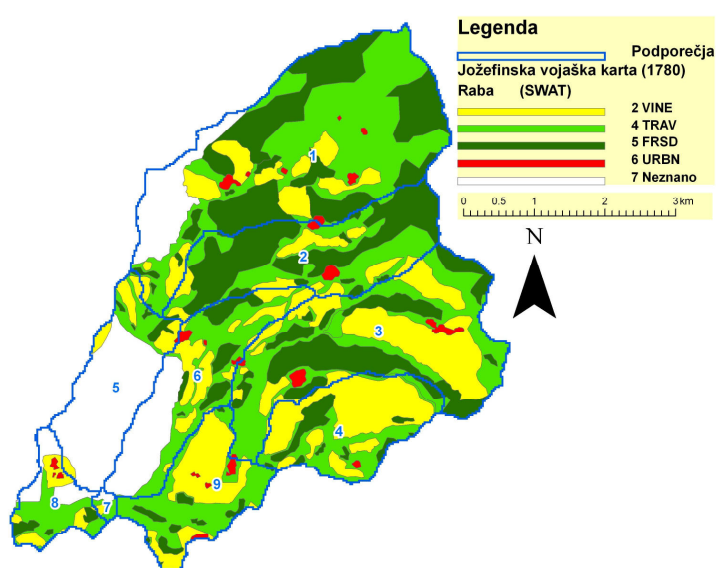
Preglednica 5.2: Primerjava razredov rabe zemljišč za karte porečja reke Dragonje

Table 5.2: Comparison of land use classes of maps of the river Dragonja catchment

	Razredi rabe tal			
Raba tal	SWAT	1830	CORINE 2000	GERK 2009
Njiva	AGRC	2	-	1100
Vinograd	VINE	6	221, 243	1211
Ekstenzivni sadovnjak	ORCE	-	222	1222
Intenzivni sadovnjak	ORCI	-	-	1221
Oljčniki	OLEA	-	-	1230
Travnik	TRAV	3, 4, 10	231, 242, 321	1300
Gozd	FRSD FRSE FRST	5, 9	311, 324 312, 323 313	2000
Mokrišča	WETL	-	422	4220
Voda	WATR	7, 8	-	7000
Urbano	URBN	1	112, 131	3000
- razred rabe zemljišč ni prisoten na karti				

5.1.1 Scenarij 1 – 1780

Scenarij temelji na Jožefinski avstro-ogrski vojaški karti (slika 5.1), ki je nastala v drugi polovici 18. stoletja (1763–1787). Karto le za območje Goriških Brd smo pridobili na Zavodu za gozdove – Enota Tolmin. Po digitalizaciji karte smo ji določili razrede rabe, ki so primerljivi z današnjimi. Karta za raziskovalno območje ni bila popolna, saj je zahodni del porečja v tistem obdobju spadal pod drugo državo. Zato smo za primerjavo rezultatov uporabili izhodne podatke iz podporečja 9, ki vključuje tudi podporečji 3, 4. Model je določil 235 hidroloških odzivnih enot. Površine posameznih rab in odstopanja od osnovnega scenarija so predstavljena v preglednici 5.3. Merilo karte je 1 : 28.800, osnovna merska enota je bila dunajska cola oz. palec.

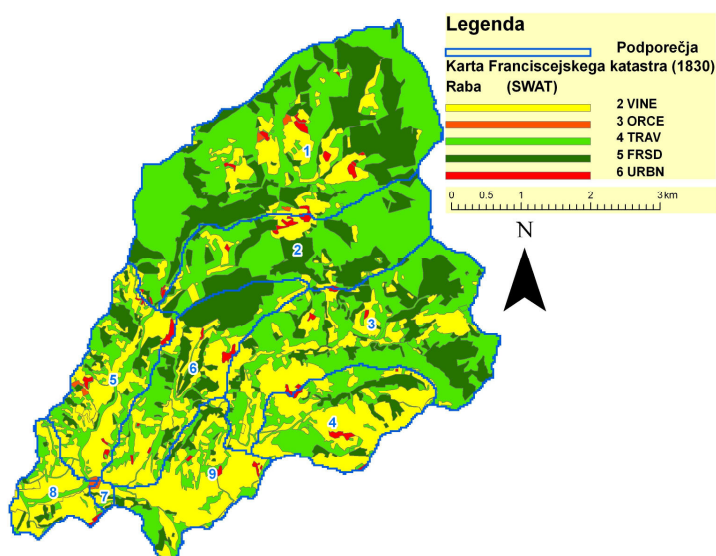


Slika 5.1: Jožefinska avstro-ogrski vojaška karta (1780) za porečje reke Reke

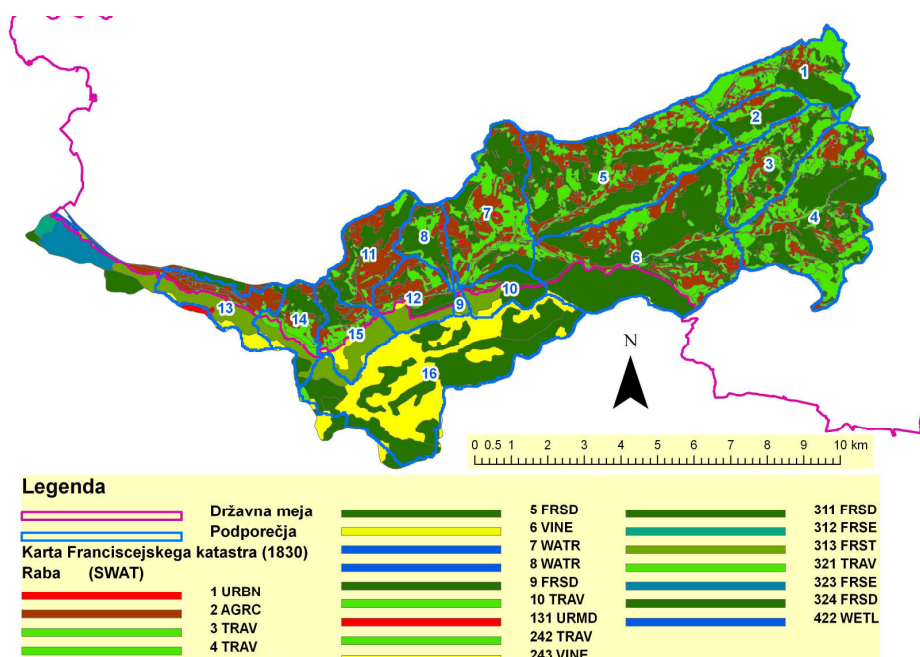
Figure 5.1: Emperor Joseph II, Austro-Hungary military map (1780) for the river Reka catchment

5.1.2 Scenarij 2 – 1830

Scenarij temelji na kartah franciscejskega katastra (5.2, 5.3), ki je nastal sredi 19. stoletja (1823–1869) za davčne namene. Karto za območje Goriških Brd smo pridobili v Državnem arhivu v Trstu, kamor je upravno spadalo to območje, in jo digitalizirali. Karto za območje Dragonje smo pridobili v obliki rastra na Oddelku za gozdarstvo, Biotehniška fakulteta, ki pa ni bila popolna, saj je manjkal del porečja, ki leži na Hrvaškem. Zato smo za primerjavo rezultatov uporabili izhodne podatke iz podporečja 7, ki vključuje tudi podporečja 1, 2, 3, 4, 5 in 6. Model je določil 254 in 636 HOE za reki Reko in Dragonjo. Površine posameznih rab in odstopanja od osnovnega scenarija so predstavljena v preglednici 5.3 in 5.4. Originalne katastrske mape in indikacijske skice so bile izdelane v merilu 1 : 2.880.



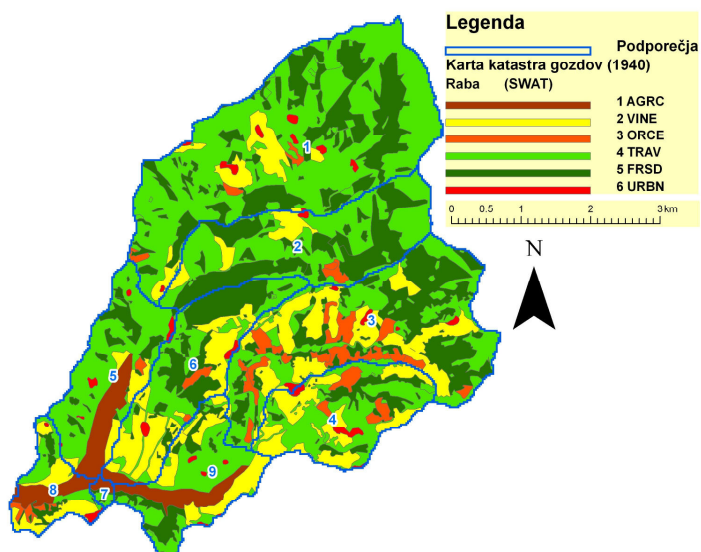
Slika 5.2: Karta Franciscejskega katastra (1830) za porečje reke Reke
Figure 5.2: Map of Franciscan cadastre (1830) for the river Reka catchment



Slika 5.3: Karta Franciscejskega katastra (1830) za območje reke Dragonje
Figure 5.3: Map of Franciscan cadastre (1830) for the river Dragonja catchment

5.1.3 Scenarij 3 – 1940

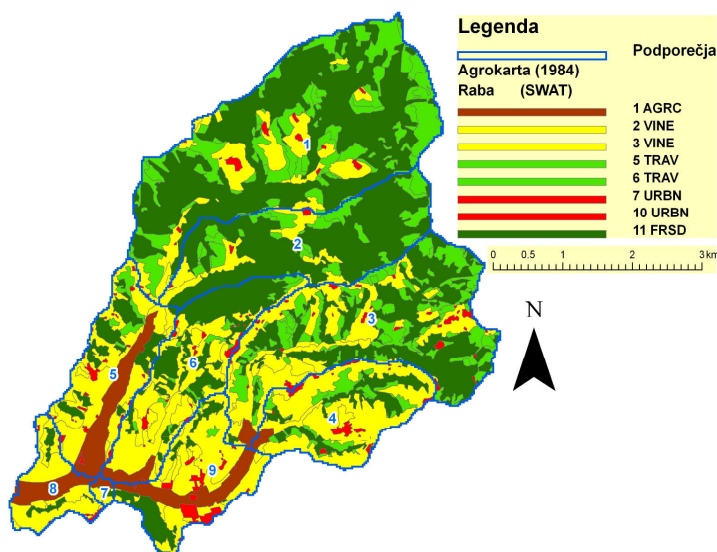
Scenarij temelji na italijanski karti katastra gozdov in je bila izdana leta 1940 za dežele Furlanije julijske krajine in vsebuje tudi podatke o ostalih rabah. Karto le za območje Goriških brda smo pridobili na Zavodu za gozdove – Enota Tolmin. Model je določil 286 HOE. Površine posameznih rab in odstopanja od osnovnega scenarija so predstavljena v preglednici 5.3. Originalno merilo karte je 1:–25.000



Slika 5.4: Karta Catasto Forestale (1940) za porečje reke Reke
Figure 5.4: Map Catasto Forestale (1940) for the river Reka catchment

5.1.4 Scenarij 4 – 1984

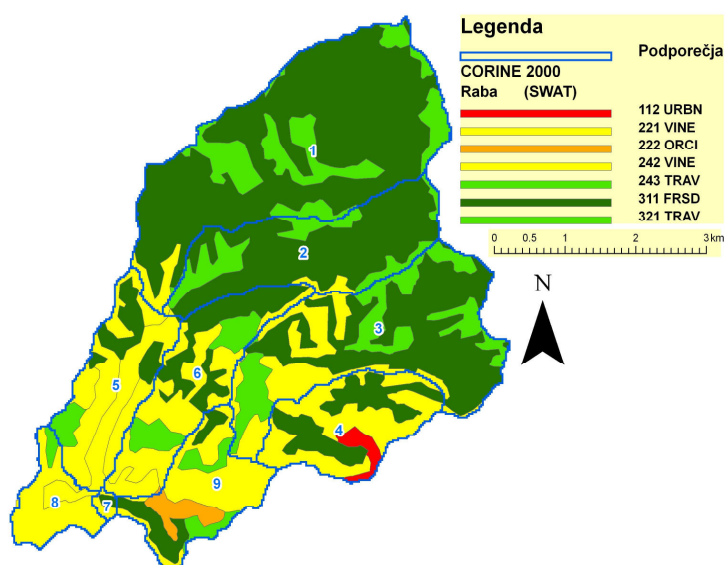
Scenarij temelji na Agro karti, ki so jih bile občine dolžne izdelati po Zakonu o urejanju prostora iz leta 1984 (Ur.l. SRS, št. 18/1984). Karte so bile izrisane z namenom opredeliti vrste in namembnost kmetijske dejavnosti na posameznih območjih v prihodnosti. Karte so v večini primerov odsevale trenutno rabo prostora z dodano potencialno razvojno rabo. Tako ta karta predvideva poljedelstvo in vrtnarstvo v dolini, a stanje je na terenu je v takratnem času delno odstopalo. Karto smo pridobili na Občini Nova Gorica in jo digitalizirali. Model je določil 243 HOE. Površine posameznih rab in odstopanja od osnovnega scenarija so predstavljena v preglednici 5.3. Merilo agro karte je 1 : 5.000.



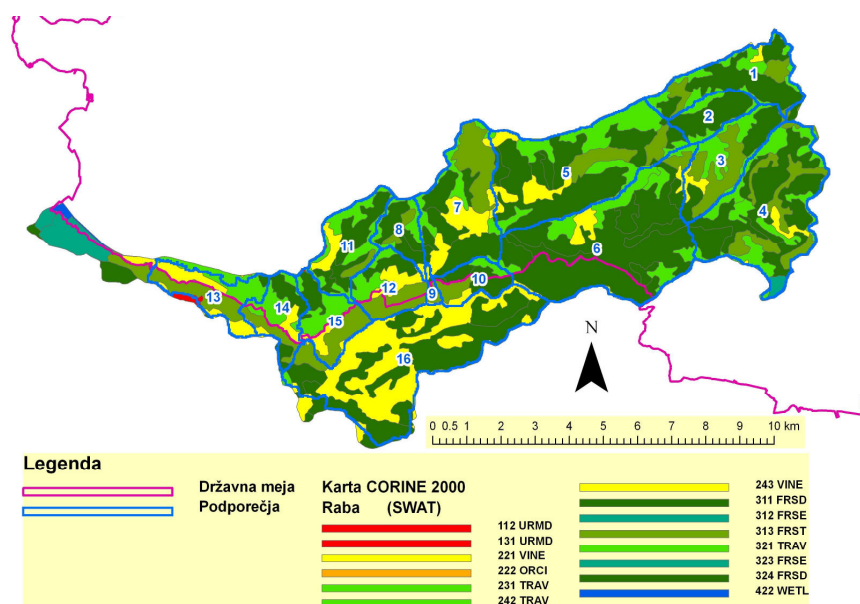
Slika 5.5: Agro karta (1984) za porečje reke Reke
Figure 5.5: Agro map (1984) for the river Reka catchment

5.1.5 Scenarij 5 – 2000 CORINE

Scenarij temelji na evropski karti rabe zemljišč CORINE land cover (CLC), ki smo jo pridobili preko portala Evropske okoljske agencije (EEA) v vektorski obliki in ločljivosti $100 \times 100\text{m}$. Karto smo uporabili tudi z namenom primerjave razlik med rezultati CORINE in GERK karte. Predvsem z namenom ugotoviti ali so odstopanja med obema karta bistvena in ali je izbira karte v raziskovalnem procesu pomembna in kolikšna so odstopanja. Površine posameznih rab in odstopanja od osnovnega scenarija so predstavljena v preglednicah 5.3 in 5.4. Merilo karte 1 : 100.000.



Slika 5.6: Karta rabe zemljišč CORINE 2000 za porečje reke Reke
Figure 5.6: CORINE 2000 land use map for the river Reka catchment



Slika 5.7: Karta rabe zemljišč CORINE 2000 za območje reke Dragonje
Figure 5.7: CORINE 2000 land use map for the river Dragonja catchment

Preglednica 5.3: Primerjava razredov rabe zemljišč (ha) za karte porečja Reke po oblikovanju HOE
Table 5.3: Comparison of land use classes (ha) for Reka catchment maps after HRU determination

Raba tal	SWAT razredi	Površina (ha)					
		1780 ^a	1830	1940	1984	CORINE 2000	GERK 2009
Njiva	AGRC	-	-	4,00	4,59	-	0,02
Vinograd	VINE	24,49	31,95	18,40	34,87	29,10	23,84
Ekstenzivni sadovnjak	ORCE	-	0,03	3,06	-	-	0,74
Intenzivni sadovnjak	ORCI	-	-	-	-	1,11	0,80
Travnik	TRAV	35,44	44,23	47,39	19,07	17,03	7,95
Gozd	FRSD	25,69	23,79	27,14	40,82	52,09	64,25
Urbano	URBN	-	-	-	0,64	0,67	2,39
Neznano	-	14,38	-	-	-	-	-
- razred rabe zemljišč ni prisoten na karti							
^a ostalih rab iz karte ni bilo možno razbrati							

Preglednica 5.4: Primerjava razredov rabe zemljišč (ha) za karte porečja Dragonje po oblikovanju HOE
Table 5.4: Comparison of land use classes (ha) for Dragonja catchment maps after HRU determination

Raba tal	SWAT razredi	Površina (ha)		
		1830	CORINE 2000	GERK 2009
Njiva	AGRC	19,06	-	1,01
Vinograd	VINE	8,33	14,59	3,65
Intenzivni sadovnjak	ORCI	-	-	0,24
Oljčniki	OLEA	-	-	1,67
Travnik	TRAV	24,85	20,37	18,67
Gozd	FRSD	42,94	50,50	69,30
	FRSE	-	-	-
	FRST	4,81	-	4,96
Urbano	URBN	-	-	0,50
- razred rabe zemljišč ni prisoten na karti				

5.2 PODNEBNI SCENARIJI

Ti scenariji slonijo na do sedaj edini temeljitejši raziskavi o vplivu podnebnih sprememb v Sloveniji. Bergant (2003) se je v svoji doktorski tezi posvečal empiričnemu zmanjševanju skale globalnih oz. regionalnih klimatskih modelov iz REG 3 napovedovalskega nivoja na lokalno raven. Zato je uporabil več metod, od katerih je bila za nadaljnjo analizo izbrana metoda regresije delnih najmanjših kvadratov – PLS z dvodimenzionalno (2PLS) in tridimenzionalno (3PLS) matriko. Za izračun spremembe v količini padavin (%) je bilo uporabljeno povprečje med metodama 2PLS in 3PLS, ter za temperaturo (°C) metoda 3PLS. V nadaljevanju smo izračunali povprečno spremembo med IPCC socio-ekonomskima scenarijema, globalno ekonomskim – A2 in regionalno okoljskim – B2, ki ju je Bergant (2003) uporabil v raziskavi. Končni rezultat (preglednica 5.5) za dve meteorološki postaji (Bilje, Portorož) je bil odstotek spremembe v temperaturi (°C) oz. padavinah (%) za toplo (april–september) in hladno (oktober–marec) polovico leta za tri obdobja (2000–2030, 2031–2060, 2061–2090). V porečju reke Reke smo temperaturne razlike prilagodili za postajo Bilje in padavinske za Bilje, Vedrijan in Brdice. V porečju Dragonje smo temperaturne razlike prilagodili za postajo Portorož in padavinske za postaje Portorož, Dekani in Movraž. Velja opozoriti, da avtor Bergant (2003) opozarja na negotovosti pri prenašanju regionalnih modelov na lokalni nivo. Medtem, ko so napovedi

temperature po njegovem mnenju bolj zanesljive, je pri napovedovanju padavin bolj previden, saj Slovenija leži na razgibanem terenu, kjer se stikajo trije klimatski pasovi in je lokalni vpliv na vreme izrednega pomena, še posebno za toplo polovico leta, ki jo zaznamujejo nevihte. Ena od negotovosti je povezana tudi z vhodnimi podatki, saj smo imeli na voljo le podatke o spremembah padavin in temperature za toplo in hladno polovico leta, a bi za bolj natančno modeliranje potrebovali tudi podatke o vetru, sončnem obsevanju in relativni zračni vlagi.

Za vsako porečje posebej smo oblikovali tri scenarije. V procesu modeliranja klimatskih sprememb nismo spremenili nobenega od vhodnih parametrov v SWAT modelu. S temi scenariji želimo preveriti vpliv spremenjenih klimatskih pogojev na flišna tla, še posebno vsebnost vode v tleh in prenos snovi (sediment, hranila) v vodotokih.

Preglednica 5.5: V podnebnih scenarijih uporabljeni podatki o temperaturi (°C) in padavinah (%) – povzeto po Bergantu (2003)

Table 5.5: The used climate scenarios data on temperature (°C) and precipitation (%) – adapted from Bergant (2003)

	Obdobje					
	2001–2030		2031–2060		2061–2090	
	Bilje	Portorož	Bilje	Portorož	Bilje	Portorož
Temperatura (sprememba v °C)						
Toplo obdobje A2	1,70	1,00	2,65	1,55	5,90	2,70
Toplo obdobje B2	1,60	0,90	2,65	1,60	4,30	2,10
Povprečje	1,65	0,95	2,65	1,58	5,10	2,40
Hladno obdobje A2	1,25	1,35	2,85	2,60	3,85	4,15
Hladno obdobje B2	1,40	1,40	2,45	2,25	3,30	3,05
Povprečje	1,33	1,38	2,65	2,43	3,58	3,60
Padavine (sprememba v %)						
Toplo obdobje A2	–12,00	–6,00	–22,50	–13,50	–35,00	–21,50
Toplo obdobje B2	–15,50	–7,50	–23,00	–14,00	–31,50	–17,50
Povprečje	–13,75	–6,75	–22,75	–13,75	–33,25	–19,50
Hladno obdobje A2	–16,00	+3,50	–16,00	+8,50	–24,00	+16,00
Hladno obdobje B2	–13,50	+5,00	–21,00	+10,00	–18,00	+14,00
Povprečje	–14,75	+4,25	–18,50	+9,25	–21,00	+15,00

5.2.1 Scenarij 6 – 2030

Za porečje Reke smo model zagnali za obdobje 2013–2031, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2016 in 2030. Za porečje Dragonje smo model zagnali za obdobje 2014 in 2031, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2016 in 2030.

5.2.2 Scenarij 7 – 2060

Za porečje Reke smo model zagnali za obdobje 2043–2061, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2046 in 2060. Za porečje Dragonje smo model zagnali za obdobje 2044 in 2061, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2046 in 2060.

5.2.3 Scenarij 8 – 2090

Za porečje Reke smo model zagnali za obdobje 2073–2091, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2076 in 2090. Za porečje Dragonje smo model zagnali za obdobje 2074 in 2091, od katerih smo v procesu analize uporabili podatke med letoma 2076 in 2090.

5.3 KMETIJSKO-OKOLJSKI SCENARIJI

Kmetijsko okoljski ukrepi, ki so uvrščeni v 2. os Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2007–2013 (Program..., 2009) so bili vzpostavljeni že ob začetku uveljavitve sistema neposrednih plačil pred 10 leti in so se skozi Slovenski kmetijsko okoljski program prelili v program PRP in postali del financiranja skupne kmetijske politike EU. Kmetijsko okoljski ukrepi so uvrščeni v 2. os PRP v ukrep št. 214 in so bili oblikovani z namenom podpiranja upravljanja z zemljišči in izboljšanja okolja. Kmetijsko okoljska plačila (KOP) podpirajo kmetijstvo v njegovi okoljski funkciji in s podporo sonaravnega načina kmetovanja prispevajo k zmanjšanju onesnaževanja okolja, ohranjajo biotsko raznovrstnost in specifične vrednote slovenskega podeželja. Skozi leta se je paleta ukrepov zaradi različnih vzrokov (direktive, potrebe kmetijstva, varovanje okolja) širila in danes obsega 24 ukrepov v treh skupinah, ki so namenjeni zmanjševanju negativnih vplivov kmetijstva na okolje, ohranjanju naravnih danosti, biotske in genetske raznovrstnosti, rodovitnosti tal, tradicionalne kulturne krajine in varovanju zavarovanih območij ter zdravja ljudi. Plačila prispevajo k trajnostnem razvoju podeželskih območij in zagotavljanju javnih koristi, ki so tudi odraz zahtev družbe po okoljskih storitvah. Cilj KOP je vzpostavitev ravnotežja med kmetijsko pridelavo ter varovanjem narave in okolja (Program..., 2009, Navodila..., 2010).

Raziskovalni območji sta pretežno vinogradniški z velikim deležem gozda in izrazitim zaraščanjem za kmetijstvo neugodnih zemljišč, zato smo pri izbiri kmetijsko-okoljskih ukrepov pozornost usmerili v preučevanje vplivov erozije, zaraščanja in ekološko kmetovanje. Integrirano pridelavo smo iz modeliranja izpustili, ker smo bili iz strani Kmetijsko svetovalne službe in priročnika Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje opozorjeni, da so kmetje, ki se ukvarjajo z vinogradništvom in oljkarstvom v večini primerov vključeni v ukrepe iz naslova integrirane pridelave in je na teh območjih konvencionalna pridelava praktično identična integrirani, saj morajo pridelovalci skrbeti za kakovostno pridelavo. To dejstvo se je izkazalo za pravilno tudi v procesu kalibracije in validacije modela, saj bi ob večjih vnosih gnojil in bolj invazivnih kmetijskih praksah tal model težje uravnali z merjenimi podatki in dosegli primerne koeficiente učinkovitosti modela. Za namene raziskovanja smo oblikovali sedem kmetijsko okoljskih scenarijev, ki so predstavljeni v nadaljevanju. Vsi, razen scenarija 10, so oprti na PRP RS 2007–2013.

V procesu modeliranja kmetijsko okoljskih ukrepov nismo spremenili nobenega od vhodnih parametrov v SWAT modelu, razen v primeru ekološkega kmetovanja, kjer smo zaradi znižanja intenzivnosti obdelave spremenili Manningov koeficient hrapavosti za površinski odtok za določene rabe. Ob spremembi rabe iz terasiranih rab (vinograd) v

travnik smo spremenili tudi parameter USLE_P, ki vpliva na erozijo snovi iz zemljišč. Ostale spremembe so se nanašale na tehnologije pridelovanja (.mgt) in gnojenje. S temi scenariji želimo preveriti vpliv kmetijsko okoljskih ukrepov na flišnih tleh, še posebno iz vidika varovanja okolja (vodnatost rek, prenos sedimenta in hranil) in njihovega potencialnega pomena, ki se kaže v razmerju med ohranjanjem kulturne krajine in vplivom na okolje.

5.3.1 Scenarij 9 – Erozijski varovalni pasovi (EVP)

Erozijski varovalni pasovi (EVP) na robu kmetijskih parcel imajo funkcijo zniževanja vpliva razpršenega onesnaževanja s površinskim odtokom, ki nastane kot rezultat kmetijskih aktivnosti. Tu gre še posebno omeniti zbitost tal, prekomerno gnojenje brez ključnih sprememb v vrsti kulture ali tehnologiji pridelovanja. V Sloveniji tak ukrep še ni v veljavi, a nekatere evropske države so v svojih kmetijsko okoljskih ukrepih uvedle ta ukrep v več različicah z namenom boja proti eroziji. Zato bi uvedba takega ukrepa v Sloveniji močno prispevala k zmanjšanju erozijskih procesov na strmih, erozijsko bolj podvrženih pobočjih pod kmetijsko pridelavo, kot sta tudi raziskovani območji rek Reke in Dragonje.

Ti pasovi znižajo prenos snovi in so mišljeni kot strukturni element krajine. Definirani so kot posejani, zasajeni ali naravni pasovi vegetacije (običajno trave), ki se nahajajo med viri onesnaženja in vodotoki z namenom odstranjevanja snovi iz površinskega in podpovršinskega odtoka (Mostaghimi in sod., 2000). Haycock in Burt (1993) ugotavljata, da varovalni pasovi uspešno upočasnjujejo perkolacijo in povečujejo čas zadrževanja, ki je nujen za odstranjevanja dušika preko asimilacije in denitrifikacije. Ostali pomembni mehanizmi so še znižanje hitrosti površinskega odtoka in fizično filtriranje zaradi hrapavosti in gostote vegetacije (Muscutt in sod., 1993). Učinkovitost teh pasov je v tesni zvezi z njihovim nagibom in širino. Pasovi na strmejših terenih so manj učinkoviti, medtem ko so širši pasovi bolj. Robinson in sod. (1996) so ugotovili, da pasovi širine 3 m učinkovito odstranijo do 70 % sedimenta iz odtoka iz poljedelskih površin, medtem ko so Dillaha in sod. (1989) pri 4,6 m širokih pasovih ugotovili 53–86% učinkovitost. Od varovalnih pasov se pričakuje učinkovito delovanje 10 let od oblikovanja, a če ni primerne vzdrževanja (redna košnja) lahko postanejo tudi vir onesnaževanja zaradi akumulacije hranil znotraj pasov. Zatavljeni varovalni pasovi so lahko tudi pomemben habitatni element vzdolž vodotokov ali na robu polj.

V namene raziskovanja smo se na podlagi literature in dejstva, da so parcele majhne odločili, da modeliramo 3 m široke varovalne pasove na obrobju posameznega HOE za oba modela na naslednjih rabah tal: njiva (AGRC, AGRR), vinograd (VINE), sadovnjak (ORCI, ORCE) in oljčnik (OLEA).

Glavna pozitivna strani tega scenarija je redukcija snovi (sedimenta, hranil), ki bi drugače vplivala na količine in koncentracije v vodotokih, za okoli 50 %. Zmanjša se hitrost vode, ki brez varovalnih pasov med parcelami pridobiva na hitrosti in erozijski moči. Ta ukrep ni zahteven za uveljavitev in ne predstavlja velikih stroškov z vidika izobraževanj in informiranja. Glavna negativna točka je izguba obdelovalne površine in s tem nižji pridelki ter posledično nižji prihodki. Izguba površine pri 3 m širokih pasovih bi se pri 1 ha (10.000 m²) veliki obdelovalnem zemljišču poznala z 12 % (1.200 m²) manj obdelovalne površine.

Z večanjem obdelovalnega zemljišča se ta odstotek manjša in z nižanjem povečuje. Obstaja tudi nevarnost izkoriščanja varovalnih pasov za vozne poti, s čimer bi povečali zbitost tal in s tem nižjo učinkovitost pasov.

5.3.2 Scenarij 10 – Ekološko kmetijstvo 20 % (EKO20)

Scenarij ekološkega kmetijstva temelji na Akcijskem načrtu razvoja ekološkega kmetijstva v Sloveniji do leta 2015 (Akcijski načrt..., 2005). V tem načrtu si je vlada RS med drugim zadala cilj, da do leta 2015 poveča delež ekoloških kmetij v Sloveniji na 15 % in delež kmetijskih zemljišč v uporabi (KZU) v nadzoru eko-kmetijstva na 20 %. Ekološko kmetijstvo je zajeto tudi v PRP RS 2007–2013 v podukrepu 214-I/7. V letu 2008 je delež kmetijskih zemljišč, na katerih se izvaja eko-kmetijstvo presegel 6 %, kar pomeni še veliko rezerve do doseganja cilja. Ekološko kmetijstvo temelji na sklenjenem krogu hranil v sistemu tla – rastline – živali – človek. V pridelavi se ne uporablja mineralnih gnojil, sintetičnih sredstev za varstvo rastlin, rastnih regulatorjev in hormonov; prepovedana je tudi raba gensko spremenjenih rastlin. Uporabljajo se metode, ki se usmerjajo v učinkovito ohranjanje rodovitnosti tal in minimiziranje vplivov na okolje. Le-te temeljijo na naravnih virih, kot je kolobar, vmesni posevki, metuljnice, gnojila živalskega izvora, zeleno gnojenje, kompost, biotični nadzor škodljivcev, odporne sorte (Akcijski načrt..., 2005).

Za namen modeliranja scenarija EKO20 in EKO100 smo oblikovali ekološke kolobarje (priloga F), kjer smo mineralna gnojila nadomestili z zelenim gnojenjem in kompostiranim hlevskim gnojem (priloga G) ter korigirali pomanjkanje fosforja na njivski rabi s supertrifosfatom (STP), ki je v ekološki pridelavi dovoljen. Z izjemo rabe ekstenzivni sadovnjak (ORCE) smo ekološko pridelavo (EKO20 in EKO100) za obe območji (Reka, Dragonja) uporabili za vse kmetijske rabe: njiva (AGRC, AGRR), travnik (TRAV), vinograd (VINE), sadovnjak (ORCI, ORCE), oljčnik (OLEA). Velja opozoriti, da sta oba ekološka scenarija oblikovana na način, da lahko zagotovita normalno tržno proizvodnjo, ki je v produkciji podobna integrirani, pri čemer smo morali poskrbeti za ustrezne količine dušika in fosforja. Cilj ekološkega kmetijstva ni ekstenzivna pridelava za lastne potrebe, temveč mineralna gnojila nadomestiti z organskimi ter uporabo pesticidov znižati na minimum.

Za scenarij 10 – Ekološko kmetijstvo 20 % smo pri oblikovanju HOE (HRU Definition) uporabili orodje Land use split, kjer smo 80 % površine posamezne kmetijske rabe opredelili kot običajno kmetovanje in 20 % površine kot ekološko kmetovanje. Zato smo v bazi rastlin oblikovali ekološke rabe za njivo (AGRE), travnik (TRVE), vinograd (VIEK), sadovnjak (OINE), oljčnik (OEUE), ki smo jim glede na bolj trajnostno rabo prilagodili Manningove koeficiente hrapavosti za površinski odtok (preglednica 5.6). Tem ekološkim rabam smo nato pripisali ekološko tehnologijo pridelovanja.

Preglednica 5.6: Manningov koeficient hrapavosti (OV_N) za modeliranje površinskega odtoka za osnovni in ekološki scenarij

Table 5.6: Manning roughness coefficient (OV_N) for the surface runoff modeling for the base and organic scenario

Manningov koeficient hrapavosti			
Osnovni scenarij		Ekološki scenarij	
Raba	OV_N	Raba	OV_N
AGRC, AGRR	0,09	AGRE	0,13
ORCE	0,24	ORCE	0,24
ORCI	0,15	OINE	0,24
OLEA	0,15	OEUE	0,24
VINE	0,15	VIEK	0,24
TRAV	0,41	TRVE	0,41

5.3.3 Scenarij 11 – Ekološko kmetijstvo 100 % (EKO100)

V osnovi se ta scenarij ne razlikuje od Scenarija EKO20, glavna razlika je le v tem, da želimo izvedeti, kakšen vpliv na vodotoke v raziskovalnih območjih bi imela 100 % vključenost kmetijskih zemljišč v uporabi v nadzor eko-kmetijstva. Tako je bila celotni površini posamezne kmetijske rabe pripisana ekološka tehnologija pridelovanja (priloga F), brez uporabe prepovedanih mineralnih gnojil in z znižano intenziteto obdelave.

Glavna pozitivna stran obeh ekoloških scenarijev je znižanje erozijskih procesov zaradi povečane zatravitve in večje hrapavosti površja ter znižanje vnosa lahko topnih in mobilnih mineralnih gnojil. Pozitivno je tudi to, da so za ukrep ekološkega kmetijstva, ki se izvaja že več kot 10 let, predvidena znatna finančna sredstva, ki jih je možno uveljavljati v okviru PRP 2007–2013. S tem je zagotovljeno izobraževanje kmetov in kontrola pridelave. Negativna dejstva so znižanje proizvodne zmogljivosti, povečanje fizičnega dela, stroga kontrola, ki kmete odvrča od vključevanja v ukrep. Problem je tudi nizek delež (15–20 %) ekoloških kmetov, čeprav še vedno evropsko primerljiv, ki pridelke in izdelke prodajajo na trg.

5.3.4 Scenarij 12 – Strmi travniki nad 35 % (S35)

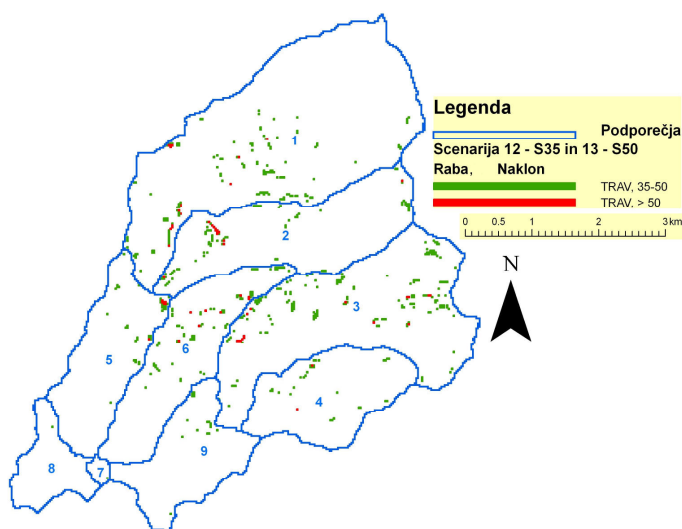
Scenarija strmih travnikov 35 % in 50 % temeljita na PRP RS 2007–2013, kjer je v ukrepu 214 umeščen podukrep 214-II/2 Košnja strmih travnikov. Cilj ukrepa je ohranjanje tradicionalnih oblik kmetovanja, tipične krajine, naravnih posebnosti in habitatov. Slovenija ima reliefno zelo razgiban teren s številnimi krajinskimi sistemi, med katere sodijo tudi strmi travniki. Kot kmetijska krajina, bi morali biti redno košeni, vendar se zaradi strmih leg in s tem povezanih stroškov in nevarnosti, opuščajo in zaraščajo. Uveljavljanje ukrepa naj bi se na nižjih nagibih odražalo v preprečevanju intenzifikacije (naprava trajnih nasadov) in pri večjih nagibih preprečevanje pogozdovanja in zaraščanja, kar je pomembna pozitivna stran tega ukrepa.

Da bi preverili učinek ukrepa na vodnatost in prenos hranil smo predvidevali, da so se na strmih legah travniki zarasli z gozdom. Tako smo vse HOE na obeh raziskovalnih območjih, ki so po rabi travniki (TRAV) in se nahajajo na nagibih večjih od 35 % spremenili v rabo gozd (FRSD) (slika 5.8, 5.9). Površina območji, ki smo jih spremenili v gozd je 18 % (Reka) in 3,6 % (Dragonja) vseh površin v rabi kot travnik in z nagibom nad

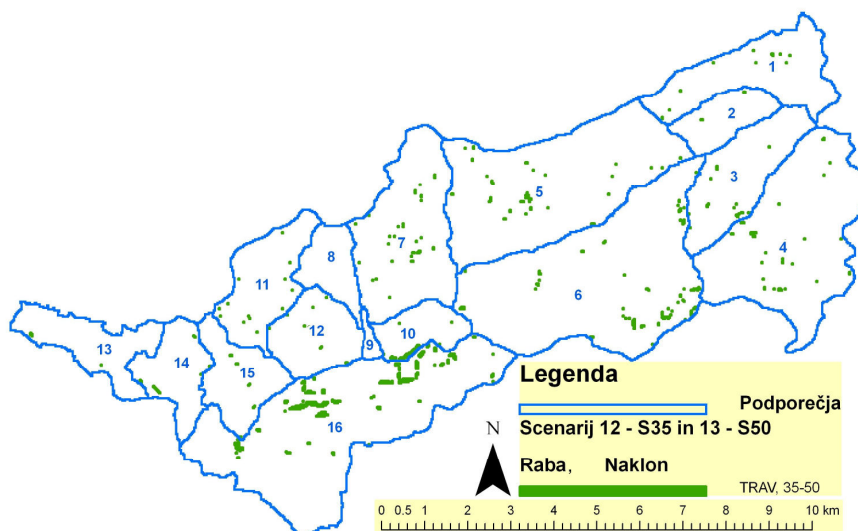
35 %, kar je enako 1,43 % (Reka) in 0,67 % (Dragonja) celotne površine porečij. Ostalih sprememb ni bilo.

5.3.5 Scenarij 13 – Strmi travniki nad 50 % (S50)

Z enakim namenom kot pri S35 smo tudi pri scenariju S50 vse HOE, ki so po rabi travnik (TRAV) in se nahajajo na nagibih večjih od 50 % spremenili v rabo gozd (FRSD) (slika 5.8, 5.9). Površina območji, ki smo jih spremenili v gozd je le 2 % (Reka) in 0,3 % (Dragonja) vseh površin v rabi kot travnik in z nagibom nad 50 %, kar je enako 0,16 % (Reka) in 0,06 % (Dragonja) celotne površine porečij. Ostalih sprememb ni bilo.



Slika 5.8: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in nakloni večjimi od 35 % in 50 % za porečje reke Reke
Figure 5.8: Hydrological response units with the grassland land use and slopes greater than 35 % and 50 % for the river Reka catchment



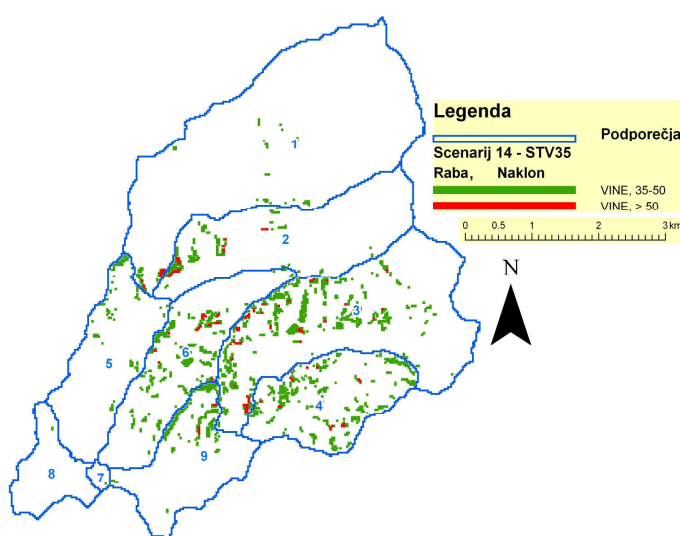
Slika 5.9: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in nakloni večjimi od 35 % in 50 % za porečje reke Dragonje
Figure 5.9: Hydrological response units with the grassland land use and slopes greater than 35 % and 50 % for the river Dragonja catchment

5.3.6 Scenarij 14 – Strmi vinogradi nad 35 % (STV35%)

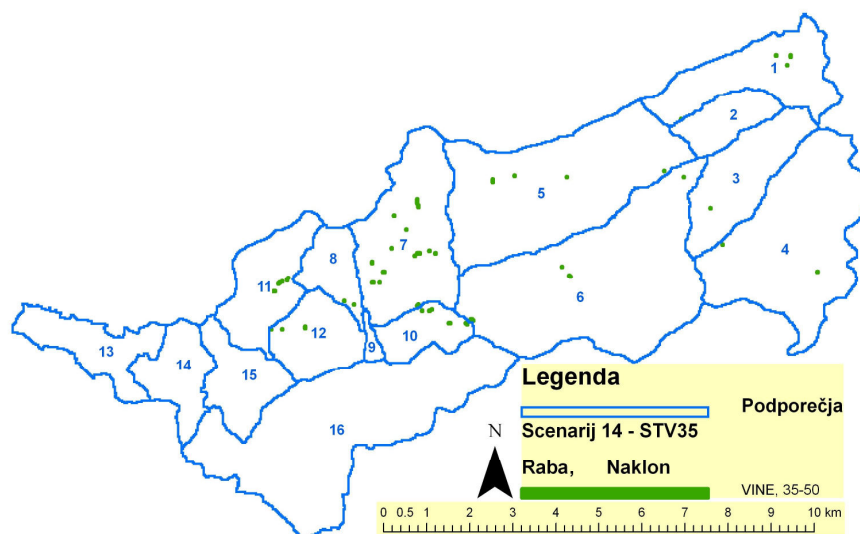
Scenarij strmi vinogradi nad 35 % temelji na PRP RS 2007–2013, kjer je v ukrepu 214 umeščen podukrep 214-II/5 Strmi vinogradi. Cilj ukrepa je obdelava vinogradov na strmih legah zaradi ohranjanja krajinske posebnosti in izvajanje okolju bolj prijaznih praks zaradi ohranjanja biotske raznovrstnosti. Površine primerne za vinogradništvo v Sloveniji obsegajo 33.000 ha, a s trto zasajenih je okoli 22.000, od katerih jih dve tretjini ležita na nagibu večjem od 20 % in več kot četrtina na nagibu nad 30 %. Vrsta zasaditve vinogradov se spreminja glede na relief in klimo, na strmih legah prevladujejo terase in manj strmih vertikala. Na raziskovalnih območjih zaradi strmih leg prevladuje sistem teras, na bolj položnih legah zlasti v porečju Dragonje pa so vinogradi zasajeni prečno na pobočje.

Na obeh območjih so vinogradi zasajeni tudi v dolini na ravninskih predelih. Ohranjanje krajinske značilnosti Slovenije z zasaditvijo vinogradov na strmih legah se je preteklosti izkazalo kot težavno. Nedonosna pridelava in opuščanje proizvodnje tudi danes prispevata k zmanjševanju obsega vinogradov v Sloveniji. Enak trend je bilo opaziti tudi v porečjih Reke in Dragonje, ki pa se je v zadnjih letih nekoliko obrnil in na boljših legah (mikroklima, dostop) iz nekdanj zaraslih ali travniških površin nastajajo nove vinogradniške površine (Program..., 2009). A prenasíčenost trga z vini vzbuja bojazen po ponovnem opuščanju vinogradniških površin na strmih legah. Zato je država za ohranitev značilne vinogradniške pokrajine uvedla ukrep ohranjanje strmih vinogradov za upravičence, katerih vinogradi ležijo na nagibih 30 do 40 % oz. nad 40 %. Ker smo v procesu morali zagotoviti primerljivost osnovnih modelov (HOE se morajo ujemati) s scenarijem 14, smo oblikovali scenariji, kjer se vinogradniška raba nad 35 % spremeni v gozd in s tem preveri okoljski učinek opuščanja pridelave na strmih legah.

Površina vinogradniške rabe, ki smo jo spremenili v gozd je 17 % (Reka) in 1,4 % (Dragonja) vseh površin v rabi kot vinograd in z nagibom nad 35 %, kar je enako 3,93 % (Reka) in 0,06 % (Dragonja) celotne površine porečij. Ostalih sprememb ni bilo.



Slika 5.10: Hidrološke odzivne enote z rabo vinograd in naklonom večjim od 35 % za porečje reke Reke
Figure 5.10: Hydrological response units with the vineyard land use and slopes greater than 35 % for the river Reka catchment

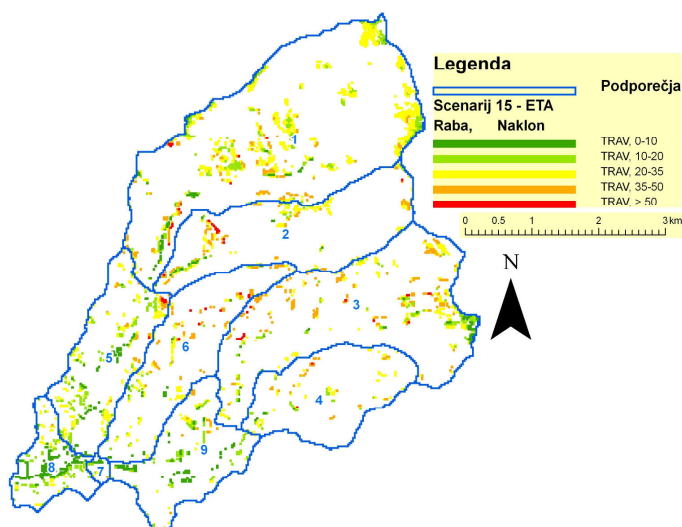


Slika 5.11: Hidrološke odzivne enote z rabo vinograd in naklonom večjim od 35 % za območje reke Dragonje

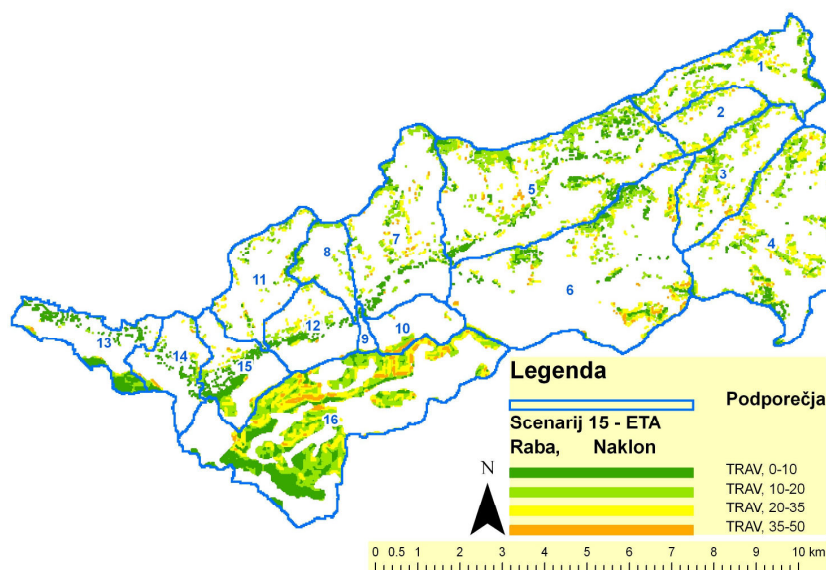
Figure 5.10: Hydrological response units with the vineyard land use and slopes greater than 35 % for the river Dragonja catchment

5.3.7 Scenarij 15 – Ekstenzivno travinje (ETA)

Scenarij ekstenzivno travinje temelji na PRP RS 2007–2013, kjer je v ukrepu 214 umeščen podukrep 214-II/9 Ohranjanje ekstenzivnega travinja. Cilj ukrepa je predvsem ohranjanje biotske raznovrstnosti z ekstenzivno rabo travinja. Ukrep je bil uveden z namenom preprečevanja intenzifikacije kmetijstva na ekstenzivnih zemljiščih, saj naj bi intenzivno izkoriščanje travinja prispevalo k vrstno siromašni sestavi travne ruše. S tem ukrepom so želeli povečati delež nesejanih vrst in nastanek določenih tipov drugotnih habitatov ter preprečiti njihovo izgubo zaradi opuščanja ali preintenzifikacije travniške rabe. Ta ukrep nima ekonomskega učinka, a prispeva k biotski raznovrstnosti in ohranjanju kulturne krajine (Program..., 2009). Tak način rabe je na obeh območjih zelo razširjen, a kljub možnosti pridobitve neposrednih plačil je vključenost v ta ukrep nizka. Vzrok je večinoma v slabem informiranju kmetov, želji po opuščanju kmetovanja zaradi slabe opremljenosti kmetij in starostne strukture kmetovalcev, pridobivanju dohodka iz drugih virov ter tudi v neurejenih lastniških razmerjih. Učinki spremenjene socio-ekonomske slike so opuščanje travnih površin, ki jih preraste grmovje in končno gozd. Travniška raba je močno povezana z živinorejo, ki je na obeh območjih zelo okrnjena. Preglednica 5.3 in 5.3 razkrivata razsežnosti opuščanja travniške proizvodnje na račun gozda. Na območju reke Reke se je površina travnikov iz leta 1830 44 % zmanjšala na 8 % v letu 2009, a površina gozda je narasla iz 24 % na 64 %. Na območju Dragonje lahko opazujemo podoben trend, površina travnikov se je iz 25 % znižala na 18 % in površina gozda povečala iz 48 % na 74 %. Podoben trend velja tudi za njivske površine, ki jih danes praktično ni več. Iz tega razloga je ta scenarij povsem primeren za preučitev vpliva, ki ga ima sedaj le še majhen delež travnikov in kakšen vpliv bi imelo zaraščanje površin na raziskovalnih območjih. Površina travniške rabe, ki smo jo spremenili v gozd je 8 % (Reka) in 18 % (Dragonja) od celotnih površin v porečjih. Ostalih sprememb ni bilo.



Slika 5.12: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in razredi naklona za porečje reke Reke
Figure 5.12: Hydrological response units with the grassland land use and slope classes for the river Reka catchment



Slika 5.13: Hidrološke odzivne enote z rabo travnik in razredi naklona za območje reke Dragonje
Figure 5.13: Hydrological response units with the grassland land use and slope classes for the river Dragonja catchment

6 REZULTATI IN RAZPRAVA

Da bi potrdili raziskovalno hipotezo te disertacije, so bile simulacije osnovnega in alternativnih scenarijev opravljenе za porečje reke Reke v obdobju 18 let (1991–2008) s tri letnim ogrevalnim obdobjem (1991–1993) in za porečje reke Dragonje v obdobju 17 let (1992–2008) z dve letnim ogrevalnim obdobjem (1992–1993). Ogrevalna obdobja modelov so bila izključena iz nadaljnje analize rezultatov. V analizo rezultatov obeh porečji so bili tako vključeni izhodni podatki iz baz RCH (količine v vodotoku) in SUB (količine v površinskem odtoku) na letnem in v nekaterih primerih tudi na mesečni ravni za obdobje od 1994 do 2008.

Izhodne podatke osnovnih modelnih scenarijev (RekaBase in DragonjaBase) smo primerjali z vsemi petnajstimi oz. dvanajstimi alternativnimi scenariji, razporejenimi v tri sklope. Primerjava je bazirala na povprečnem letnem pretoku ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) in količini snovi v vodi (sediment, celotni dušik in celotni fosfor), ki so bili modelirani na iztoku iz podporečij (Reka – Vedrijanšček, Dragonja – Rokava) in porečij (Reka, Dragonja). Rezultati za snovi v vodi so predstavljeni kot povprečni letni prispevki vseh podporečij v porečju v obliki količine snovi odplavljene s površinskim odtokom iz podporečij v vodotok (t ha^{-1} , kg ha^{-1}) in kot povprečne letne količine snovi prenesenih z rečnim tokom iz porečja (t leto , kg leto^{-1}). Razlaga rezultatov osnovnih scenarijev vključuje predstavitev rezultatov v obliki povprečne letne vrednosti, mediane, standardnega odklona, minimalne in maksimalne vrednosti. Razlaga alternativnih scenarijev vključuje primerjavo med osnovnima in alternativnimi scenariji v obliki odstotka spremembe (%) v povprečni letni količini snovi v površinskem odtoku ali v rečnem toku. Tako ob znižanju količin v alternativnem scenariju v primerjavi z osnovnim dobimo kot rezultat vrednost z negativnim predznakom in obratno.

Rezultate smo po posameznih sklopih scenarijev medsebojno primerjali tudi grafično kot povprečne mesečne vrednosti prenesene v rečnem toku, iz katerih lahko razberemo sezonska gibanja pretoka in količin snovi v vodi. Povprečne letne količine prenesenih snovi smo predstavili tudi prostorsko (GIS) za oba osnovna scenarija na nivoju hidroloških odzivnih enot. S tem lahko lociramo, iz različnih vzrokov potencialna, za okolje obremenjujoča območja.

Za primerjavo rezultatov med osnovnim in ostalimi scenariji smo uporabili ilustrativen grafični prikaz podatkov porazdelitve številske spremenljivke im. okvir z ročaji. Za ugotavljanje prisotnosti statističnih razlik med osnovnima scenarijema in ostalimi scenariji smo uporabili statistični test Studentova t-statistika ($\alpha = 0,025$, stopinje prostosti ($SP = n-1$)), kjer smo primerjali povprečno letno vrednost dveh odvisnih vzorcev pri stopnji značilnosti 0,05). Na osnovi rezultatov statistike SWAT simulacij smo ocenili vpliv različnih scenarijev na vodnatost in kakovostno stanje površinskih vodotokov. Podali smo smeri razvoja rabe tal in obdelave zemljišč na raziskovalnih območjih v luči preteklih rab, podnebnih sprememb in kmetijsko okoljskih scenarijev, s čimer se bo izboljšalo znanje in razumevanje procesov o vnosu snovi (sediment, hranila) iz tal na flišni geološki podlagi.

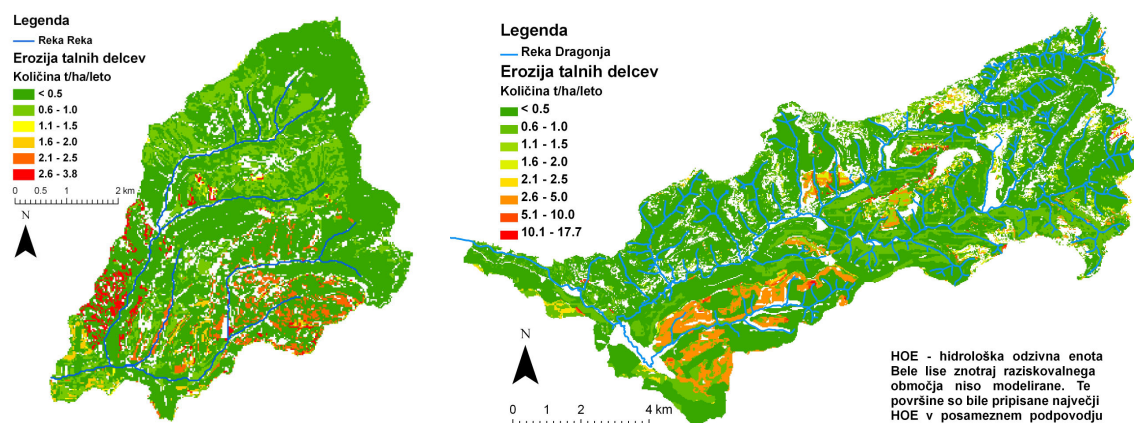
6.1 OSNOVNI SCENARIJ

6.1.1 Prispevek vodozbirnih območij podporečij

Osnovna scenarija kažeta visoko povprečno letno variabilnost v prenosu sedimenta (SS) celotnega dušika (TN) in celotnega fosforja (TP) s površinskim odtokom (*.SUB) iz 9 vodozbirnih območij podporečij reke Reke in 15 vodozbirnih območij podporečij reke Dragonje (preglednica 6.1). Standardni odkloni za Reko (9) kažejo, da lahko za sediment, TN in TP 2/3 količin pričakujemo v intervalu $0,39 \pm 0,35$ t SS ha⁻¹ leto⁻¹, $5,45 \pm 4,18$ kg TN ha⁻¹ leto⁻¹ in $0,82 \pm 0,79$ kg TP ha⁻¹ leto⁻¹ in za Dragonjo (15) v intervalu $0,40 \pm 0,36$ t SS ha⁻¹ leto⁻¹, $1,69 \pm 1,01$ kg TN ha⁻¹ leto⁻¹ in $0,05 \pm 0,02$ kg TP ha⁻¹ leto⁻¹. Maksimumi povprečij povprečnih letnih odplavljenih količin iz vseh rab, tal in naklonov za sediment, TN in TP lahko v porečju Reke dosežejo 1,87 t SS ha⁻¹ leto⁻¹, 20,43 kg TN ha⁻¹ leto⁻¹ in 4,14 kg TP ha⁻¹ leto⁻¹ in v porečju Dragonje 2,94 t SS ha⁻¹ leto⁻¹, 5,34 kg TN ha⁻¹ leto⁻¹ in 0,16 kg TP ha⁻¹ leto⁻¹. Vzrok za tako variabilnost so vremenski pogoji, ki v kombinaciji s tehnologijami pridelovanja na različnih vrstah rabe in tleh ter naklonov povzročajo tak razpon vrednosti. Tudi prostorski prikaz povprečja povprečnih letnih prenosov snovi iz hidroloških odzivnih enot (HOE) kaže na veliko prostorsko variabilnost, ki je očitno odvisna od različnih kombinacij rabe, tal in naklona ter seveda od resolucije kart (slika 6.1, 6.2, 6.3). Iz rezultatov je tudi razvidno, da s povečanjem območja iz manjših R-Vedrijanšček (3 podporečja) in D-Rokava (7 podporečij) na celotna območja povprečne variabilnost naraste, saj se maksimalne vrednosti v nekaterih primerih povečajo tudi za dvakrat.

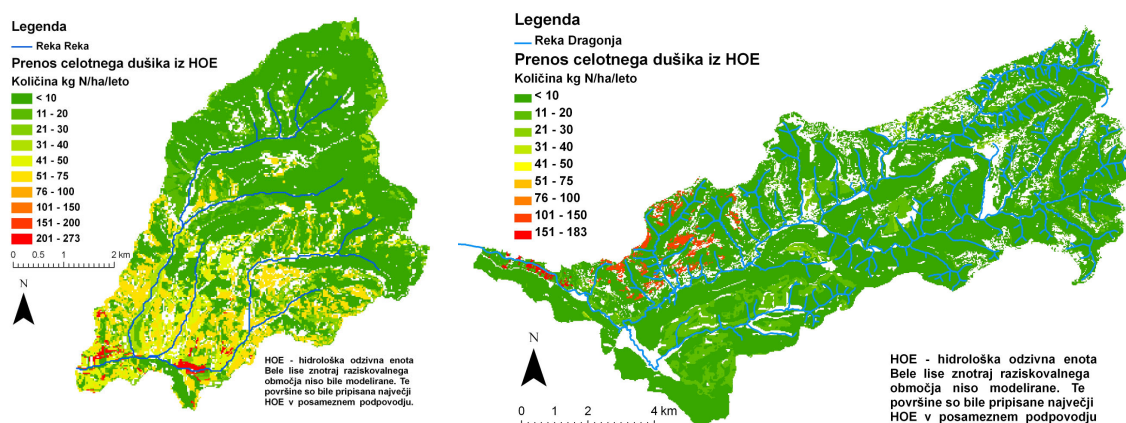
Preglednica 6.1: Povprečja povprečnih letnih količina sedimenta (t ha⁻¹ leto⁻¹), celotnega dušika in celotnega fosforja (kg ha⁻¹ leto⁻¹) prenesenih s površinskim odtokom v vodotoke za porečji rek Reke (RekaBase) in Dragonje (DragonjaBase) (1994–2008) (model SWAT)
Table 6.1: Averages of the average annual yield of sediment (t ha⁻¹ year⁻¹), total nitrogen and total phosphorus (kg ha⁻¹ year⁻¹) transferred with run-off into the reaches for the rivers Reka (RekaBase) and Dragonja (DragonjaBase) catchments (1994–2008) (SWAT model)

Porečje/število podporečij	Povprečje	Mediana	Standardni odklon (StDev)	Min.	Maks.
<i>Sediment (t ha⁻¹ leto⁻¹)</i>					
Reka (9)	0,39	0,27	0,35	0,03	1,87
R-Vedrijanšček (3)	0,35	0,24	0,27	0,06	1,13
Dragonja (15)	0,40	0,30	0,36	0,02	2,94
D-Rokava (7)	0,32	0,27	0,23	0,02	1,02
<i>Celotni dušik (kg ha⁻¹ leto⁻¹)</i>					
Reka (9)	5,45	4,13	4,18	0,60	20,43
R-Vedrijanšček (3)	4,92	4,13	3,38	0,94	14,37
Dragonja (15)	1,69	1,48	1,01	0,22	5,34
D-Rokava (7)	1,46	1,34	0,77	0,22	3,30
<i>Celotni fosfor (kg ha⁻¹ leto⁻¹)</i>					
Reka (9)	0,82	0,52	0,79	0,08	4,14
R-Vedrijanšček (3)	0,77	0,58	0,58	0,13	2,51
Dragonja (15)	0,05	0,04	0,02	0,01	0,16
D-Rokava (7)	0,04	0,04	0,02	0,01	0,09



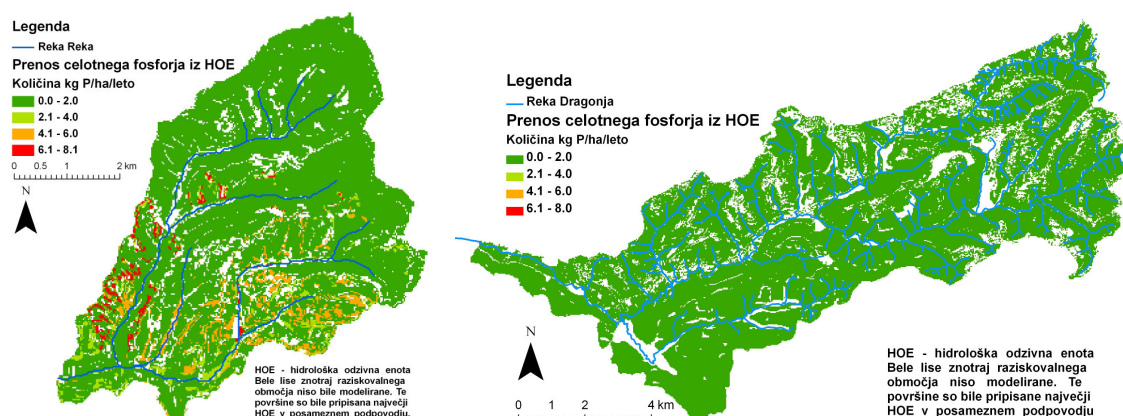
Slika 6.1: Povprečna letna količina sedimenta ($\text{t ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovna scenarija RekaBase in DragonjaBase (1994–2008)

Figure 6.1: Average annual yield of sediment ($\text{t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) transported from the HRU into the reach for the base scenarios RekaBase and DragonjaBase (1994–2008)



Slika 6.2: Povprečna letna količina celotnega dušika ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovni scenariji RekaBase in Dragonja Base za obdobje 1994–2008

Figure 6.2: Average annual yield of total nitrogen ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) transported from the HRU into the reach for the base scenarios RekaBase and DragonjaBase (1994–2008)



Slika 6.3: Povprečna letna količina celotnega fosforja ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ leto}^{-1}$) odplavljenega iz HOE v vodotok za osnovni scenariji RekaBase in Dragonja Base za obdobje 1994–2008

Figure 6.3: Average annual yield of total phosphorus ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) transported from the HRU into the

reach for the base scenarios RekaBase and DragonjaBase (1994–2008)

6.1.2 Količine v kontrolnih prerezihi reki

Prenos sedimenta in hranil v rečnem toku (*.RCH) so bili izračunani kot povprečja povprečnih letnih količin za obdobje simulacije. Količine v vodotokih so kombinacija cele vrste faktorjev, kot so velikost območja, površinski odtok, podpovršinski odtok, podzemni tok plitvega vodonosnika, točkovni izpusti, naklon, tehnologija pridelovanja in kapaciteta vodotoka (pretok). Podatke za preglednico 6.2 smo za Reko zajeli na kontrolnih prerezihi na iztokih iz podporečij 8 in 9 ter za Dragonjo na kontrolnih prerezihi na iztokih iz podporečij 7 in 14.

Preglednica 6.2: Povprečni letni pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) in povprečna letna količina sedimenta (t leto^{-1}), celotnega dušika in celotnega fosforja (kg leto^{-1}) v vodotoku za porečji Reke (RekaBase) in Dragonje (DragonjaBase) (1994–2008)

Table 6.2: Average annual flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) and average annual river load of sediment (t leto^{-1}), total nitrogen and total phosphorus (kg leto^{-1}) for the Reka (RekaBase) and Dragonja (DragonjaBase) catchments (1994–2008)

Porečje/rečni odsek	Povprečje	Mediana	Standardni odklon (StDev)	Min.	Maks.
<i>Sediment (t leto^{-1})</i>					
Reka (8)	1.844	1.576	1.075	571	4.185
R-Vedrijanšček (9)	476	416	311	150	1.163
Dragonja (14)	4.804	4.934	1.576	1.917	7.734
D-Rokava (7)	2.488	2.619	840	1.155	3.809
Rokava (5)	870	888	358	334	1463
<i>Celotni dušik (kg leto^{-1})</i>					
Reka (8)	88.728	74.260	63.255	33.376	278.227
R-Vedrijanšček (9)	34.846	32.415	15.717	16.017	78.942
Dragonja (14)	163.763	134.801	98.949	59.922	406.330
D-Rokava (7)	110.386	86.359	80.291	33.026	320.406
Rokava (5)	31.984	25.981	25.233	7.177	101.247
<i>Celotni fosfor (kg leto^{-1})</i>					
Reka (8)	3.489	2.729	2.993	947	11.742
R-Vedrijanšček (9)	1.383	1.255	884	473	3.885
Dragonja (14)	2.420	1.950	1.447	896	6.009
D-Rokava (7)	1.509	1.178	1.062	436	4.241
Rokava (5)	421	326	320	83	1.286
<i>Pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)</i>					
Reka (8)	0,57	0,56	0,21	0,27	1,00
R-Vedrijanšček (9)	0,20	0,20	0,08	0,11	0,38
Dragonja (14)	0,80	0,78	0,21	0,42	1,11
D-Rokava (7)	0,55	0,55	0,14	0,30	0,80
Rokava (5)	0,16	0,16	0,05	0,07	0,23

Standardni odkloni za Reko (8) kažejo, da lahko za sediment, TN in TP 2/3 prenesenih količin pričakujemo v intervalu $1.844 \pm 1.075 \text{ t SS leto}^{-1}$, $88.728 \pm 63.255 \text{ kg TN leto}^{-1}$ in $3.489 \pm 2.993 \text{ kg TP leto}^{-1}$ in za Dragonjo (14) v intervalu $4.804 \pm 1.576 \text{ t SS leto}^{-1}$, $163.763 \pm 98.949 \text{ kg TN leto}^{-1}$ in $3.489 \pm 11.742 \text{ kg TP leto}^{-1}$. Maksimumi povprečij povprečnih letnih prenesenih količin za sediment, TN in TP lahko v porečju Reke dosežejo $4.185 \text{ t SS leto}^{-1}$, $278.227 \text{ kg TN leto}^{-1}$ in $11.742 \text{ kg TP leto}^{-1}$ in v porečju Dragonje $7.734 \text{ t SS leto}^{-1}$, $406.330 \text{ kg TN leto}^{-1}$ in $6.009 \text{ kg TP leto}^{-1}$. Ker tu predstavljamo povprečja

povprečnih letnih vrednosti, so določene ekstremne dnevne maksimalne količine, ki so običajne pri visokih intenzitetah padavin, iz določenih rab in tal izvzete iz analize. Tudi pri v rečnem toku prenesenih količina je očitna velika variabilnost rezultatov. Glede na dejstvo, da se raba, tla in naklon skozi leta ne spreminjajo, je variabilnost rezultatov močno odvisna od vremenske situacije, ki vpliva na vsebnost vode v tleh in s tem na odtok vode. Zanimivo je tudi, da med reko Reko in Dragonjo ni tako velike razlike v povprečnem letnem pretoku kot tudi ne v povprečnem maksimalnem pretoku za obdobje simulacije, glede na to, da je porečje reke Reke kar trikrat manjše (30 km^2) od porečja Dragonje (100 km^2). Gotovo razlog ni le v geologiji ali rabi tal temveč tudi v letni količini padavin. Na območju reke Reke pade v povprečju 500 mm na leto več padavin ($1500 \text{ mm leto}^{-1}$) kot na območju reke Dragonje ($1000 \text{ mm leto}^{-1}$). Ob tem je vodna bilanca porečja Dragonje v simulacijski dobi skozi celotno rastno dobo v povprečju negativna (slika 4.7, 4.8).

6.2 SCENARIJI

6.2.1 Scenariji pretekle kmetijske rabe

S scenariji pretekle kmetijske rabe smo želeli pridobiti odgovor na vprašanje, kako bi se kombinacija današnjih podnebnih pogojev, tehnologije pridelovanja in preteklih rab odražala na vodnatost vodotokov, erozijo sedimenta ter prenos snovi kot sta dušik in fosfor. Iz česar bi lahko sklepali, kakšen vpliv na kakovost vodotokov bi imela pretekla raba, če se le-ta ne bi spremenila. Ob tem velja opozoriti, da so karte rabe v različnih merilih, kar ima določen vpliv na rezultate modeliranja s SWAT modelom. Rezultati simulacij pretoka, sedimenta in hranil so se v več študijah izkazali za bolj natančni ob uporabi natančnejših topografskih kart in kart rabe zemljišč ter tal (Bosch in sod., 2004; Di Luzio in sod., 2005). Cotter in sod. (2003) celo navaja minimalne resolucije kart za optimalne rezultate, ki so za karto rabe tal v primeru pretoka 1.000 m, sedimenta 30 m, nitratnega dušika 500 m in celotnega fosforja 300 m.

6.2.1.1 Pretok

Spremembe v povprečnem letnem pretoku za raziskovalno obdobje med osnovnima in scenariji rabe tal so majhne. Največje spremembe se s spremembo rabe dogajajo v razmerju med površinskim odtokom in baznim odtokom, kjer so povprečne letne razlike med scenariji lahko tudi v rangi do 25 mm. To, v nasprotju z ET, nima večjega vpliva na celotni pretok, saj gre le za razmerje med dvema potema premikanja vode do vodotoka. ET se lahko s spremembo rabe spremeni in tako vpliva na celotni pretok, kar je razvidno iz priloge J.

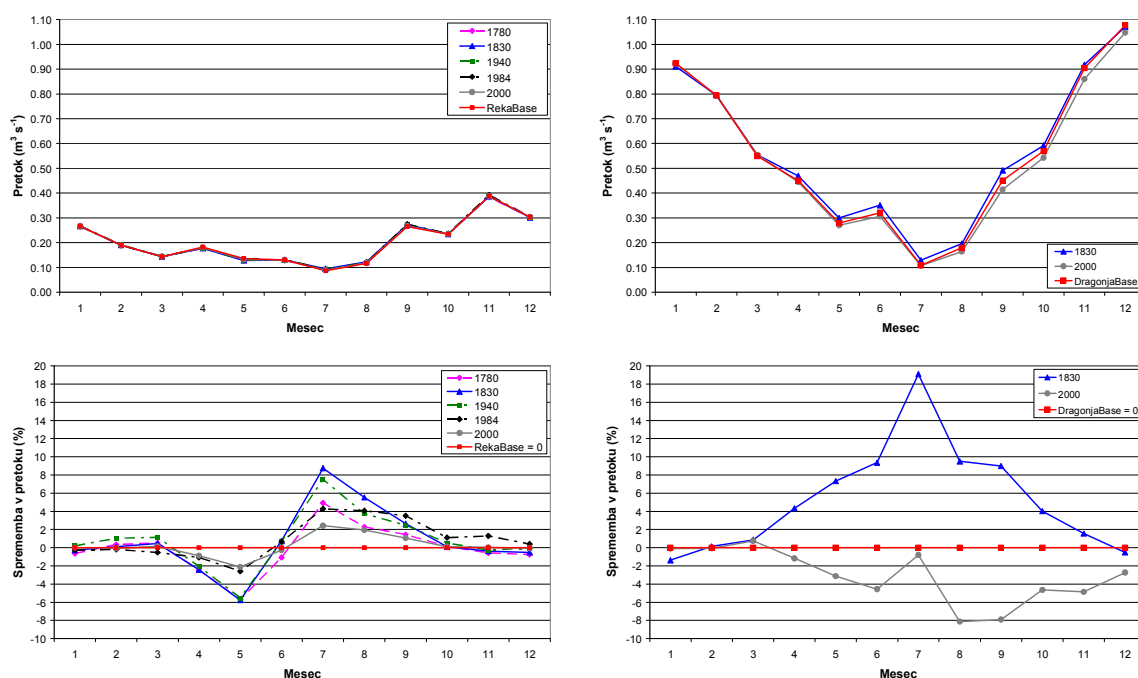
Pretekle kmetijske rabe ob trenutnih podnebnih pogojih niso pomembno vplivale na spremembo v povprečnem letnem pretoku (preglednica 6.3), a imajo pomembne vplive na mesečnem nivoju (slika 6.4), kjer so odstopanja tudi večja od 10 %. Iz rezultatov je razvidno, da so v primeru rečnih odsekov R-Vedrijanšček (9) in D-Rokava (7) letne spremembe manjše od 1 % in 3 %. In še te razlike lahko v večji meri pripišemo različnim merilom kart rabe. Izračun Studentove t-statistike je pokazal, da pretoki preteklih rab na letni ravni niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (preglednica 6.28,

priloga K5). Na sliki 6.5 je opaziti, da rezultati za agro-karto 1984 za Reko nekoliko bolj odstopajo v smeri večjih pretokov.

Preglednica 6.3: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na pretok; odstotek spremembe povprečnega letnega pretoka glede na osnovni scenarij

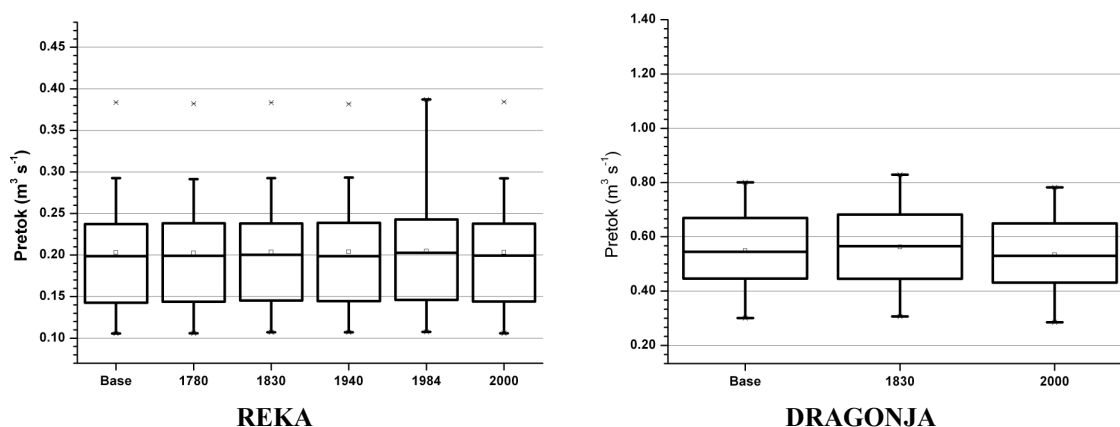
Table 6.3: Impact of scenarios of past agricultural land use on the river flow; percentage change in average annual flow compared to the baseline scenario

Porečje/rečni odsek	Scenarij – sprememba v pretoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (8)	-	-0,23	0,53	0,24	-0,68
R-Vedrijanšček (9)	-0,31	0,28	0,45	0,82	0,10
Dragonja (14)	-	-	-	-	-2,38
D-Rokava (7)	-	2,61	-	-	-2,68



Slika 6.4: Sprememba v povprečnem mesečnem pretoku ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekle kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.4: Change in average monthly flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) between the base (Base = 0) and past agricultural use scenarios (SWAT) for the river sections R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)



Slika 6.5: Primerjava scenarijev pretekle kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne pretoke ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.5: Comparison of past agricultural land use scenarios (SWAT) for the average annual flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (box plot) for the river section R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)

6.2.1.2 Sediment

Spremembe v povprečni letni količini prenesenega sedimenta (SS) iz zemljišč s površinskim odtokom so ob spremenjeni rabi bolj očitne. Tako se količine SS v površinskem odtoku v porečju Reke povečajo za vse scenarije. Največje, preko 50 % povečanje, je rezultiralo pri scenarijih 1940 (61 %) in 1984 (97 %) (preglednica 6.4). Tudi povprečna letna količina SS prenesenega v vodotoku se je v vseh preteklih scenarijih povečala in se med scenariji giblje med 30 in 94 % (preglednica 6.5). Razlike med posameznimi deli porečja reke Reke kažejo na neenakomerno spreminjanje rabe zemljišč po porečju. Sprememba v prenesenem sedimentu lahko v posameznih mesecih, npr. doseže tudi 60 % (slika 6.6). Studentova t-statistika za SS v površinskem odtoku razkriva, da na rečnem odseku R-Vedrijanšček med scenariji ni statističnih razlik, pri čemer je scenarij 1984 na meji, kar rezultira pri statistiki za celotno porečje, kjer se scenarij 1984 statistično značilno razlikuje od osnovnega (preglednica 6.28, prilogi K1, K3). Statistika preteklih scenarijev za SS v vodotoku ni statistično značilno različna od osnovnega scenarija.

Preglednica 6.4: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij

Table 6.4: Impact of scenarios of past agricultural land use on the sediment; the percentage change in average annual yield of sediment transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

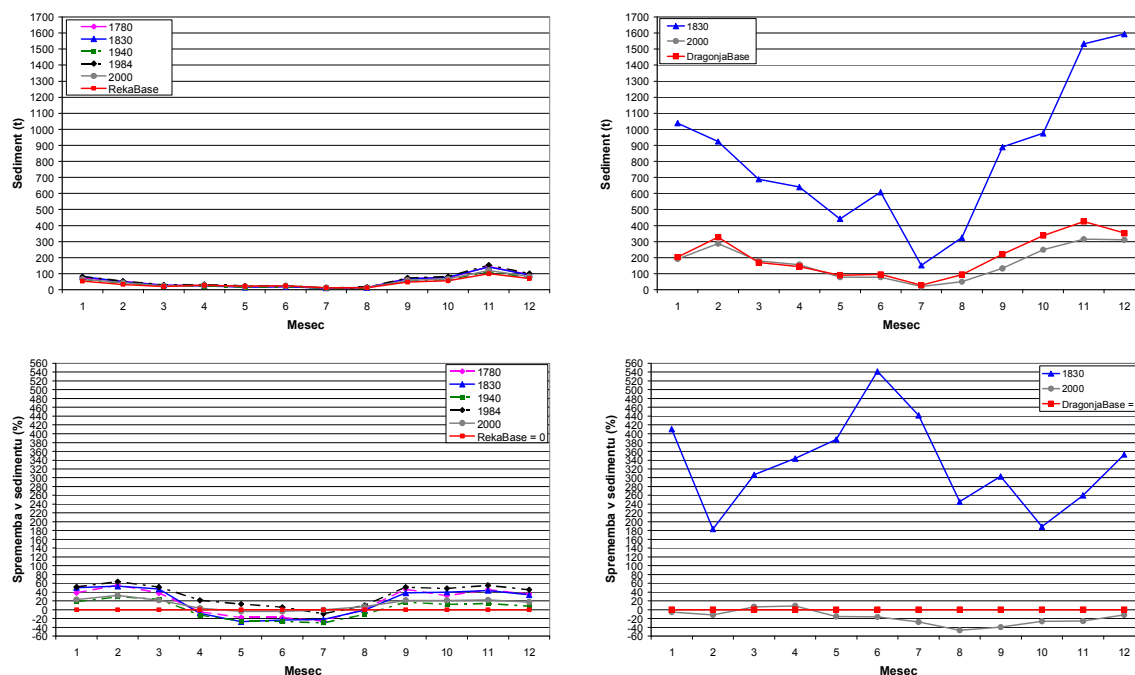
Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v površinskem odtoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (9)	-	45,98	61,22	97,47	29,15
R-Vedrijanšček (3)	27,05	33,69	5,82	66,34	21,49
Dragonja (15)	-	-	-	-	-17,73
D-Rokava (7)	-	705,13	-	-	-17,82

V porečju reke Dragonje se količine sedimenta v površinskem odtoku na rečnem odseku D-Rokava v primerjavi z osnovnim scenarijem drastično povečajo za scenarij 1830 (705 %), medtem ko je pri CORINE 2000 sprememba celo negativna (–8 %) (Preglednica 6.4). Tudi v primeru povprečne letne količine sedimenta prenesenega v vodotoku je odstotek spremembe v primerjavi z osnovnim scenarijem očiten (1830 = 294 %; 2000 = –18 %) (preglednica 6.5), kar dodatno potrjujejo tudi povprečne mesečne spremembe na sliki 6.6, kjer scenarij 1830 preseže tudi 500 %. Oboji rezultati se močno statistično značilno razlikujejo od osnovnega scenarija tako za površinski odtok kot za prenos v vodotoku (preglednica 6.28, slika 6.7, prilogi K2, K4).

Preglednica 6.5: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta v vodotoku glede na osnovni scenarij

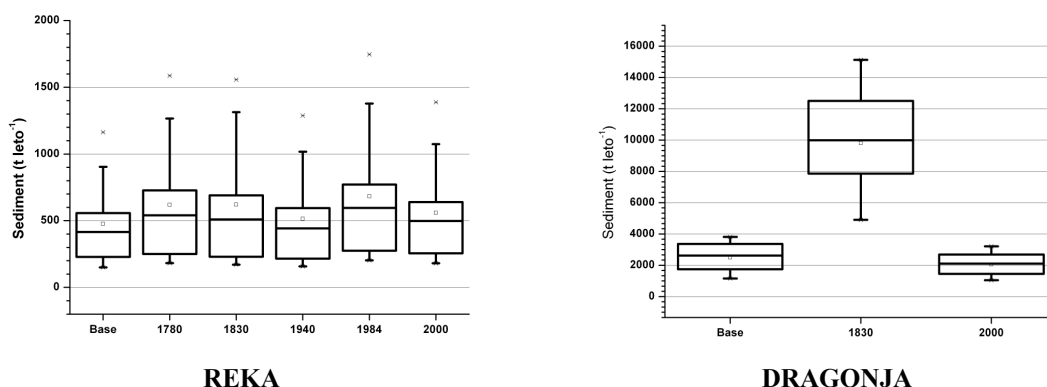
Table 6.5: Impact of scenarios of past agricultural land use on the sediment; the percentage change in the average annual river load of sediment compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v vodotoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (8)	-	43,11	38,63	44,98	13,07
R-Vedrijanšček (9)	30,11	30,25	7,96	43,28	17,37
R-Kožbanjšček (5)	-	92,86	93,85	75,13	14,87
Dragonja (14)	-	-	-	-	–9,46
D-Rokava (7)	-	294,35	-	-	–17,64



Slika 6.6: Sprememba v povprečni mesečni količi sedimenta (t, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekle kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.6: Change in average monthly river loads of sediment (t, %) between the base (Base = 0) and past agricultural land use scenarios (SWAT) for the river sections R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)



Slika 6.7: Primerjava scenarijev pretekle kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta (t ha^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.7: Comparison of past agricultural land use scenarios (SWAT) for the average annual river loads (t ha^{-1}) of sediment (box plot) for the river segments R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)

6.2.1.3 Celotni dušik

Odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika (TN) prenesenega s površinskim odtokom med osnovnim in alternativnimi scenariji v porečju reke Reke naraste. Največ pri scenariju 1984 (46 %) (preglednica 6.6). V rečnem odseku R-Vedrijanšček je rezultat modeliranja pokazal celo zmanjšanje povprečnih količin za scenarij 1940 (–13 %). Podobni so tudi rezultati za prenos povprečnih letnih količin TN v vodotoku, kjer je največjo spremembo opaziti pri rečnem odseku R-Vedrijanšček za scenarija 1780 (19,5 %) in 1984 (19 %) (preglednica 6.7). Sprememba v povprečnih mesečnih količinah prikazuje, da razlike med posameznimi meseci lahko presežejo 100 % (R-Vedrijanšček, 1780) osnovne vrednosti (slika 6.8). Podobnost rezultatov alternativnih scenarijev z osnovnim je potrdila tudi Studentova t-statistika, ki tako za prenos TN v površinskem odtoku kot v vodotoku ni zaznala statistični razlik med osnovnim in alternativnimi scenariji za reko Reko (preglednica 6.28, slika 6.9, prilogi K1, K3).

Za porečje reke Dragonje (D-Rokava) je sprememba med scenarijem 1830 in osnovnim scenarijem iz leta 2009 očitna, saj se količine v površinskem odtoku povečajo za 420 % medtem, ko je v primeru CORINE 2000 razlika negativna (preglednica 6.6). Količina TN prenesenega z rečnim tokom je za scenarij 1830 večja za 72 % medtem, ko CORINE 2000 ne kaže bistvenih sprememb (–5 do –7 %) (preglednica 6.7) a v posameznih mesecih lahko preseže tudi 300 % (slika 6.8). Tudi Studentova t-statistika je tako za količine TN v površinskem odtoku kot v vodotoku potrdila te rezultate. Rezultati scenarija 1830 so statistično značilno drugačni od osnovnega scenarija medtem, ko rezultati scenarija CORINE 2000 niso statistično značilni (preglednica 6.28, prilogi K2, K4). To potrjuje tudi prikaz rezultatov z okvirji z ročaji (slika 6.9).

Preglednica 6.6: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij

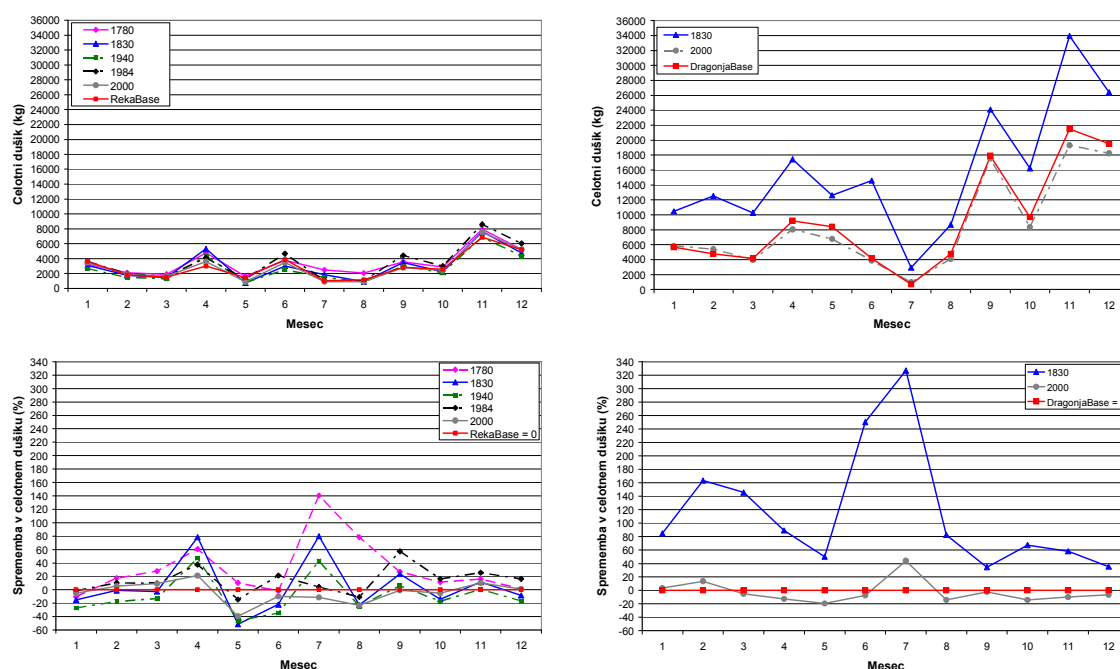
Table 6.6: Impact of scenarios of past agricultural land use on the total nitrogen; the percentage change in average annual yield of sediment transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TN v površinskem odtoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (9)	-	19,11	4,09	45,79	17,79
R-Vedrijanšček (3)	-0,92	13,97	-12,86	34,89	8,94
Dragonja (15)	-	-	-	-	-3,20
D-Rokava (7)	-	420,02	-	-	-10,07

Preglednica 6.7: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

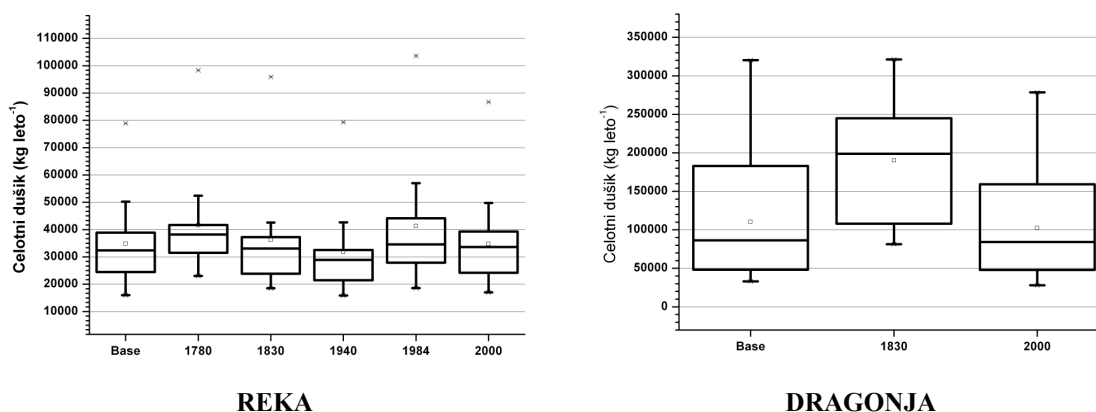
Table 6.7: Impact of scenarios of past agricultural land use on the total nitrogen; the percentage change in the average annual river load of total nitrogen compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TN v vodotoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (8)	-	1,71	-7,53	8,07	-9,19
R-Vedrijanšček (9)	19,50	3,83	-8,86	18,71	-0,29
Dragonja (14)	-	-	-	-	-5,14
D-Rokava (7)	-	72,33	-	-	-7,24



Slika 6.8: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekle kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.8: Change in average monthly river loads of total nitrogen (kg, %) between the base (Base = 0) and past agricultural land use scenarios (SWAT) for the river sections R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)



Slika 6.9: Grafični prikaz podatkov scenarijev pretekle kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.9: Comparison of past agricultural land use scenarios (SWAT) for the average annual river loads of total nitrogen (kg leto^{-1}) (box plot) for the river segments R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)

6.2.1.4 Celotni fosfor

V porečju Reke je odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja (TP) v površinskem odtoku, v primerjavi z osnovnim scenarijem in z izjemo scenarija 1780 (–3 %), večji, najbolj v primeru scenarija 1984 (86 in 64 %) (preglednica 6.8). Največjo spremembo v količini TP v vodotoku za R-Vedrijanšček sta pokazala scenarija 1780 (37 %) in 1984 (28 %), a podatek velja le za del porečja (preglednica 6.9). Spremembe na mesečnem nivoju presegajo tudi 70 % (slika 6.10). Na nivoju celotnega porečja Reke se je količina prav tako najbolj povečala za scenarij 1984 (30 %), kateremu sledi scenarij 1830 (23 %). Za oba scenarija (1830, 1984) je značilno, da delež vinogradov v porečju presega 30 %. Tudi Studentova t-statistika je le za scenarij 1984 pokazala statistično značilne razlike v prenosu TP s površinskim odtokom v odnosu do osnovnega scenarija (preglednica 6.28, prilogi K1, K3). Grafični prikaz podatkov z okviri z ročajem kaže na največje odstopanje pri scenarijih 1780 in 1984 (slika 6.11).

V porečju Dragonje (D-Rokava) se odstotek sprememb pri scenariju CORINE 2000 giblje med –8 in –11 % za površinski odtok in med –6 in –9 % v vodotoku (preglednici 6.8, 6.9). Te vrednosti po Studentovi t-statistiki niso statistično značilne in ne dostopajo do osnovnega scenarija, kar je razvidno tudi iz prikaza okvirjev z ročaji (prilogi K2, K4, slika 6.11). Nasprotno je sprememba v količini TP (D-Rokava) v primerjavi z osnovnim scenarijem občutno večja tako za površinski odtok (180 %) kot rečni tok (68 %) (preglednici 6.8, 6.9), kar potrjujejo tudi mesečne spremembe, ki v določenih mesecih presegajo tudi 200 % (slika 6.10). To potrjuje tudi statistika saj primerjava povprečnih letnih vrednosti kaže na statistično značilne razlike med scenarijem 1830 in osnovnim scenarijem (preglednica 6.28, slika 6.11, prilogi K2, K4).

Preglednica 6.8: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij

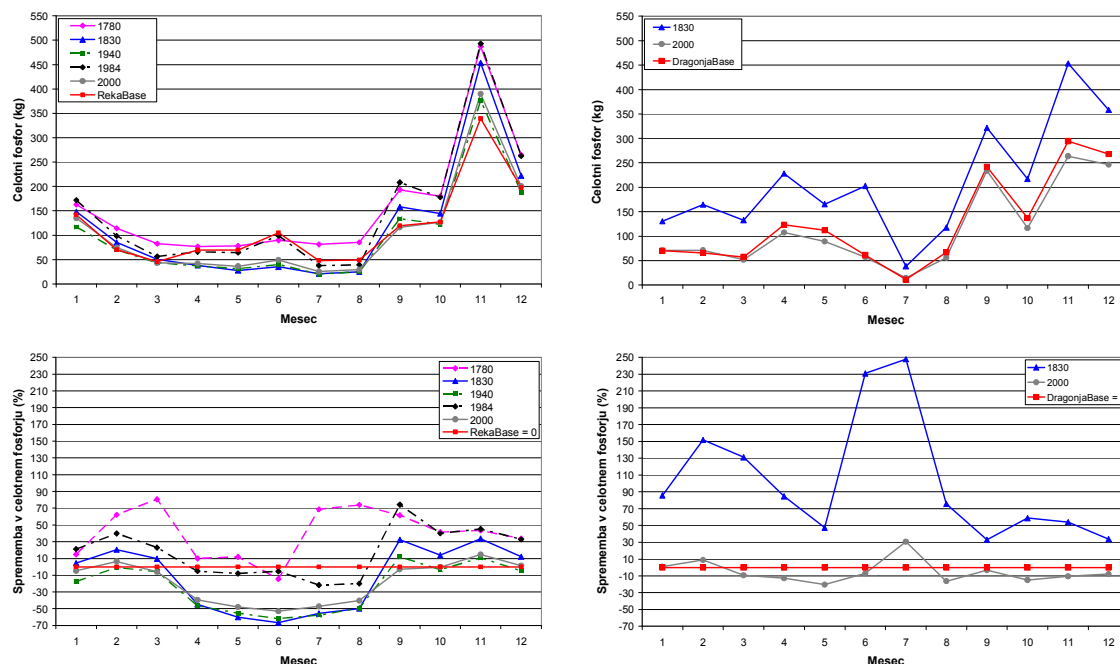
Table 6.8: Impact of scenarios of past agricultural land use on the total phosphorus; the percentage change in average annual yield of total phosphorus transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TP v površinskem odtoku(%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (9)	-	52,88	47,16	86,47	32,84
R-Vedrijanšček (3)	-2,64	42,49	9,08	64,04	22,85
Dragonja (15)	-	-	-	-	-11,06
D-Rokava (7)	-	179,65	-	-	-8,29

Preglednica 6.9: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

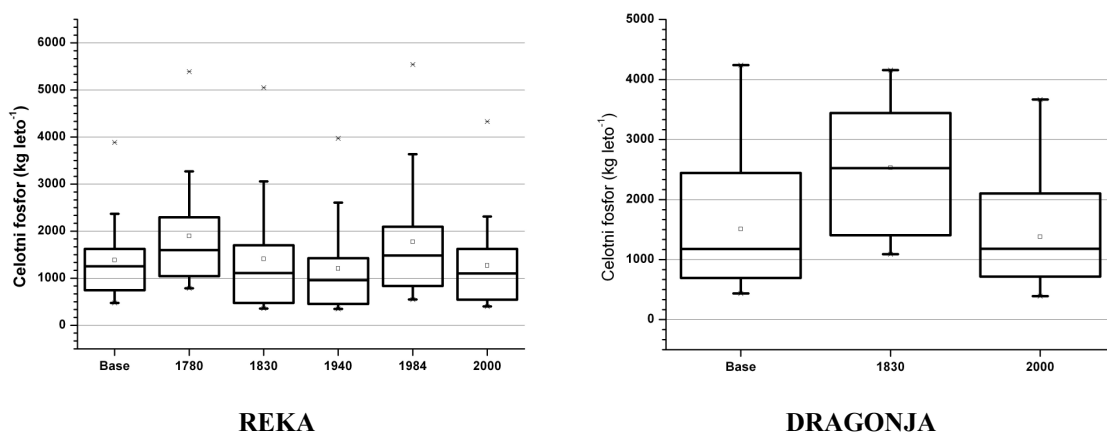
Table 6.5: Impact of scenarios of past agricultural land use on the total phosphorus; the percentage change in the average annual river load of total phosphorus compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TP v vodotoku (%)				
	1780	1830	1940	1984	2000 CORINE
Reka (8)	-	22,80	14,42	29,66	-5,97
R-Vedrijanšček (9)	37,02	1,87	-12,95	28,29	-8,29
Dragonja (14)	-	-	-	-	-6,46
D-Rokava (7)	-	67,75	-	-	-8,57



Slika 6.10: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in scenariji pretekle kmetijske rabe (SWAT) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.10: Change in average monthly river loads of total phosphorus (kg, %) between the base (Base = 0) and past agricultural land use scenarios (SWAT) for the river sections R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)



Slika 6.11: Primerjava scenarijev pretekle kmetijske rabe (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za rečna odseka R-Vedrijanšček (podporečje 9) in D-Rokava (podporečje 7) (1994–2008)

Figure 6.11: Comparison of past agricultural land use scenarios (SWAT) for the average annual river loads of total phosphorus (kg leto^{-1}) (box plot) for the river segments R-Vedrijanšček (subcatchment 9) and D-Rokava (subcatchment 7) (1994–2008)

6.2.1.5 Razprava o scenarijih pretekle kmetijske rabe

Različni scenariji pretekle rabe so imeli v primerjavi z osnovnima scenarijema RekaBase in DragonjaBase minimalne vplive na povprečen letni pretok v raziskovalnem obdobju in s tem na vodnatost obeh vodotokov. To so pokazale tudi statistično neznatne razlike med povprečnimi letnimi pretoki v raziskovalnem obdobju (1994–2008) (priloga K5). Med scenariji je opaziti le razlike v razmerju med prispevkom površinskega toka in baznega toka (priloga J1), kar ima vpliv tudi na preferenčne poti prenosa snovi (Garen in Moore, 2005) še posebno na erozijo tal (sediment). Resolucija kart lahko vpliva na dodatno negotovost in na statistično značilnost razlik pri prenosu sedimenta in hranil med modeli (Cotter in sod., 2003; Bosch in sod., 2004; Jha in sod., 2004; Di Luzio in sod., 2005; Arabi in sod., 2006).

Vzrok povečanja SS, TN in TP v porečju Reke v primerjavi s trenutno situacijo je iskati v večjem obsegu njivske rabe na območju ravninskih predelov pri scenarijih 1940 in 1984 (4 %), večjem obsegu travnatih površin pri vseh scenarijih in vinogradov pri scenarijih 1830 in 1984 ter njihovi prostorski razporeditvi. V osnovnem scenariju je na območju le 8 %, medtem ko scenariji pretekle rabe predvidevajo 19–47 % travnikov (preglednica 5.3). Rastlinski pokrov je ključni faktor, ki vpliva na pretok ter vsebnost in količino sedimenta v vodotoku (Garcia-Ruiz in sod., 2008). Taka razlika v površini travnikov ima pomemben vpliv predvsem na transport sedimenta in nekoliko manj na transport hranil, saj so travniki na območju v ekstenzivni pridelavi. Vendar so deleži spremenjene rabe v porečju premajhni, da bi zaznali bolj očitne značilne odzive v količinah sedimenta in hranil (Eckhardt in sod., 2003).

Karti scenarijev 1940 in 1984, za razliko od ostalih prikazujeta ravninska območja porečja Reke kot za poljedelstvo in vrtnarstvo primerna. A zaradi večje ekonomske vrednosti vinogradništva se je to uveljavilo tudi na ravninskih predelih. Pridelava zelenjadnic in poljščin se je že v preteklosti omejila na pretežno vinogradniško medvrstno pridelavo, ki jo

manjši lastniki za lastne potrebe izvajajo še danes. Večje travnate površine so v preteklosti večinoma služile za pripravo krme za delovno živino, ki s prihodom tehnološkega opremljanja kmetij in globalne trgovine ni bila več potrebna. Temu je sledil drastičen upad travniških površin, ki jih je na večinoma slabših legah zarasel gozd, saj je danes v porečju preko 64 % površin poraslih z gozdom, pred 60 leti je poraščal le 27 % (preglednica 5.3). Določen delež njivskih in travniških zemljišč na boljših legah je prešlo v vinogradniško rabo. Raziskav z uporabo modela SWAT na temo preteklih rab tal in vpliva sprememb na pretok, sediment in hranila je izredno malo, saj se modelarji večinoma ukvarjajo s hipotetičnimi prihodnjimi rabami. Ena redkih raziskav o zgodovinski spremembi rabe tal z uporabo SWAT modela (Miller in sod., 2002) je preverjala le učinke na pretok. Ugotovili so, da se je v porečju, kjer se je povečal delež urbanih in kmetijskih površin na račun gozda in travnikov, povečal tudi pretok. Obratno se je v porečju, kjer se je povečal delež gozda na račun kmetijskih površin, pretok zmanjšal za 4 %.

Pri porečju Reke je opaziti, da se količine TN in TP izmenjujejo med pozitivnimi in negativnimi vrednostmi in to celo znotraj enega scenarija (1940). Razlog gre iskati v različni prostorski razporeditvi posameznih rab, kot tudi v dejstvu, da so površine vinogradov za scenarij 1940 manjše (18 %) od ostalih scenarijev (23–35 %) (preglednica 5.3). Modeliramo celotni dušik, zato igra pomembno vlogo tudi organski dušik, ki ga največ nastane pri mulčenju medvrstnih prostorov vinograda (Koruza, 2000). Sodobno vinogradništvo zaradi ekološke sprejemljivosti zahteva zatavljanje medvrstnih prostorov, vinogradniki pa si prizadevajo znižati vpliv trave na večjo vlažnost in prenos bolezni ter škodljivcev, zato se poslužujejo rednega mulčenja, ki je vzrok sproščanja večjih količin organskega dušika (Kosta, 1998; Lobnik in sod., 1995). Pri prenosu celotnega fosforja s površinskim odtokom in v vodotoku odigrajo pomembno vlogo vinogradi, katerih delež v porečju pri scenarijih 1830 in 1984 je 32 % in 35 %. Fosfor sam po sebi ni zelo mobilni element, a vezan na talne delce lahko v porečjih, ki so ogrožena zaradi erozije tal, predstavlja pomemben delež med hranili v površinskem odtoku (McDowell in sod., 2001; Yang in sod., 2009).

Razlog sprememb SS, TN in TP v porečju Dragonje je razviden iz preglednice 5.4, ki razkriva preteklo rabo. Ob nastanku karte 1830 je bilo na območju Dragonje preko 19 % njivskih površin in 25 % travnikov in pašnikov. Ta delež je bil verjetno še večji, saj podatkov o rabi za območje na hrvaški strani, razen CORINE 2000, nismo imeli. Večino poljedelske pridelave se je opravilo na terasah, ki so danes zaraščene ali v uporabi kot travniki. Tako danes njive predstavljajo 1 % zemljišč in travniki 19 %. Celo obseg vinogradov se je v zadnjih 200 letih skrčil iz 8 % na 4 %. Deleži spremenjene rabe v porečju so dovolj očitni da je model zaznal značilne odzive v količinah prenesenih snovi (Eckhardt in sod., 2003). K takemu preobratu v rabi zemljišč je močno prispevalo izseljevanje zaradi slabih ekonomskih razmer. K nadaljnjemu zmanjševanju kmetijskih površin je v zadnjih letih prispeval obraten pojav, tj. ekonomski razvoj, ko je dohodek ustvarjen izven kmetije postajal prevladujoč vir preživetja in s tem kmetijska pridelava ekonomsko nerentabilna. Vsi odstotki sprememb (SS, TN, TP) za scenarij 1830 in odstotki sprememb za SS za scenarij CORINE 2000 so statistično značilno različni od osnovnega scenarija DragonjaBase (priloga K). Velik odstotek povečanja vseh snovi v scenariju 1830, tako v površinskem odtoku kot v vodotoku v porečju Dragonje, nakazuje, da bi intenzivnost rabe kmetijskega prostora, enaka oz. podobna tisti iz prve polovice 19. stoletja

in ob sedanjih podnebnih razmerah, lahko rezultirala v močno spremenjenih ekoloških pogojih, ki bi vplivali na kakovostno stanje voda.

Rezultati karte CORINE 2000 za porečje reke Reke v primerjavi z rezultati osnovnega modela, ki temelji na GERK 2009, kažejo, da se s površinskim odtokom prenese več SS, TN in TP. Medtem, ko rezultati za količine v vodotoku kažejo, da se v primeru SS prenese večja količina in v primeru TN in TP manjša količina. Vendarle rezultati Studentove t-statistike kažejo, da rezultati CORINE 2000 in tudi ostalih scenarijev niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija. Lahko trdimo, da je karta CORINE 2000 za porečje reke Reke, če ni na voljo boljše karte, prav tako primerna za modeliranje z modelom SWAT na nivoju porečja kot karta rabe GERK.

V primeru CORINE 2000 scenarija za Dragonjo je razvidno, da se na tem območju večje merilo karte in združevanje razredov rabe odraža na znižanju količin sedimenta in hranil tako v površinskem odtoku kot v vodotoku, a podatki razen za SS niso statistično značilno različni od osnovnega modela. Iz tega izhaja, da karta CORINE 2000 za območje porečja reke Dragonje ni najbolj primerna za modeliranje z modelom SWAT pri trenutnih dostopnih vhodnih podatkih, saj pri modeliranju prenesenih količin sedimenta nastajajo opazne statistične razlike.

Vpliv sprememb v rabi zemljišč na erozijo in vsebnost sedimenta in hranil v vodotokih je dobro znan, saj večja intenzivnost obdelave povzroča večje sproščanje sedimenta, dušika in fosforja (Jiang in sod., 2008; Huang in sod., 2009; Pisinaras in sod., 2010). Nekateri avtorji opozarjajo, da so določeni deli porečij, ne glede na to, ali je rastlinski pokrov dobro ali slabo razvit, zaradi naravnih pogojev (tla, naklon), stalen vir sedimenta (Arnaev in sod., 2004; Ouyang in sod., 2010). Pri modeliranju sprememb rabe zemljišč se mora pozornost modelarja usmeriti tudi v opazovanje okoljskih pogojev (obdelovanje tal), saj se v odvisnosti od rastlinskega pokrova spremenijo tudi lastnosti tal, še posebno hidrološke (Heuvelmans in sod., 2004; Boramann in sod., 2007). Zato bi bilo, za boljše razumevanje vpliva preteklih rab na prenos snovi, v prihodnje potrebno rekonstruirati podatke o preteklih kmetijskih praksah in podnebjju oz. vremenu za obdobje naprave kart rabe zemljišč.

6.2.2 Podnebni scenariji

S scenariji podnebnih sprememb smo želeli dobiti odgovor na vprašanje, koliko podnebne spremembe vplivajo na količino in kakovost vodotokov. Za osnovo smo vzeli raziskavo o prenosu simulacij globalne klime na lokalni nivo (Bergant, 2003), ki je trenutno še vedno ena redkih študij o podnebnih spremembah v Sloveniji, ki je podnebje tudi opisala s konkretnimi številiškimi podatki. V naši raziskavi smo uporabili temperaturo kot spremembo v °C in padavine kot spremembo količin v odstotkih (%) (preglednica 5.5). Avtor raziskave opozarja, da lahko podatkom o spremembi temperature bolj zaupamo, medtem ko podatkom o padavinah manj, saj globalni modeli niso sposobni simulirati lokalnih posebnosti, kot so vpliv orografije in nevihte, ki prispevajo dobršen del padavin v poletnem obdobju. Bolj kot spremembe v pretokih so zanimivi vplivi podnebnih sprememb na prenos snovi. Rezultati večine študij uporabe SWAT modela za napovedovanje

podnebnih sprememb so usmerjeni v pravilno projekcijo globalnih in regionalnih cirkulacijskih podnebnih modelov na lokalni nivo (Gassman in sod., 2007).

6.2.2.1 Pretok

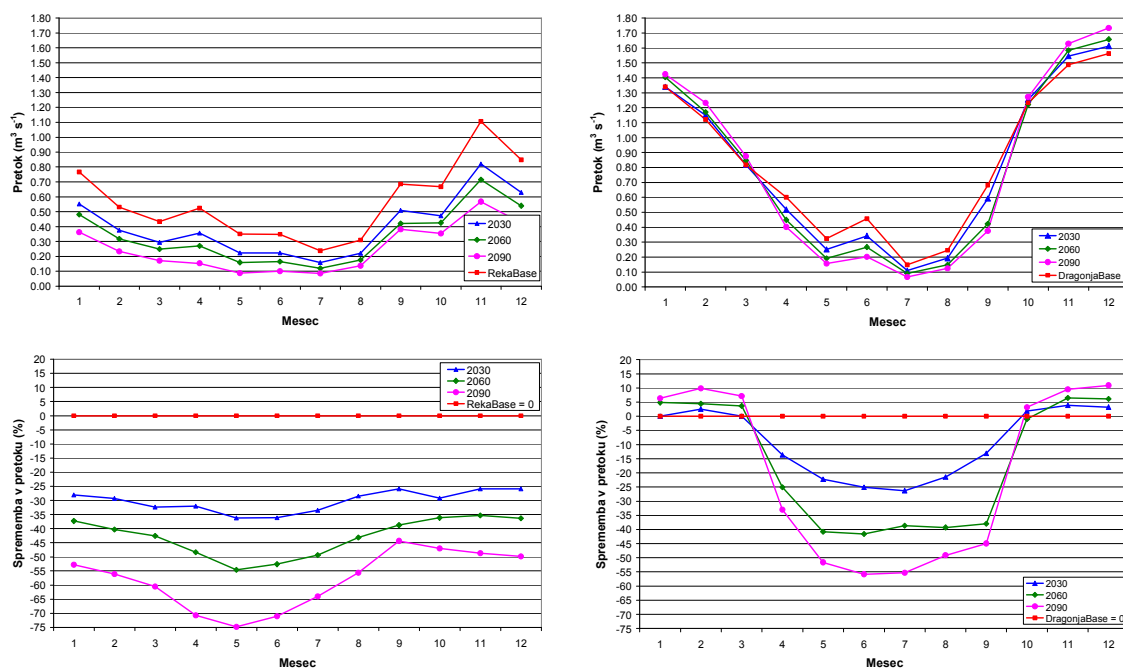
Spremembe v povprečnem letnem pretoku za raziskovalno obdobje med osnovnima in podnebnimi scenariji so velike v primeru porečja Reke in manjše v primeru porečja Dragonje. Podnebne spremembe v porečju Reke so napovedane kot bolj drastične, saj naj bi temperature naraščale in količina padavin padala. Priloga J2 nam prikaže drastične spremembe, ki naj bi se zgodil v porečju Reke, saj naj bi količina povprečnih letnih padavin do konca stoletja upadla za 500 mm. Ob tem se povprečna letna dejanska ET zmanjša za 100 mm in povprečen letni pretok za 340 mm. S tem se vrednosti za reko Reko v letu 2090 (268 mm) približajo vrednostim za povprečni letni pretok za reko Dragonjo (265 mm). V porečju reke Dragonje tako drastičnih sprememb ni opaziti, saj se manjše poletne padavine uravnajo z višjimi zimskimi, kar privede med scenariji do razlike ranga le nekaj milimetrov.

Podatki o odstotku spremembe v povprečnem letnem pretoku v podnebnih scenarijih glede na osnovni scenarij kažejo znižanje pretokov v Reki v vseh obdobjih (2030, 2060, 2090) za –29 %, –41 % in –55 % (preglednica 6.10). Zmanjšanje povprečnih pretokov za vsa obdobja je model zaznal tudi v primeru reke Dragonje a so ti manj izraziti. Iz slike 6.12 je razvidna izrazita sprememba proti nižjim povprečnim pretokom v poletnih mesecih in proti višjim v zimskih mesecih. Studentova t-statistika je pri primerjavi osnovnega scenarija z alternativnimi pokazala, da so pri reki Reki razlike med scenariji močno statistično značilno različne (preglednica 6.28, priloga K5). V primeru reke Dragonje statističnih razlik med osnovnim in alternativnimi scenariji ni bilo. Rezultate t-statistike grafično potrjuje tudi slika 6.13, kjer so med okviri z ročaji jasno vidne razlike med scenariji.

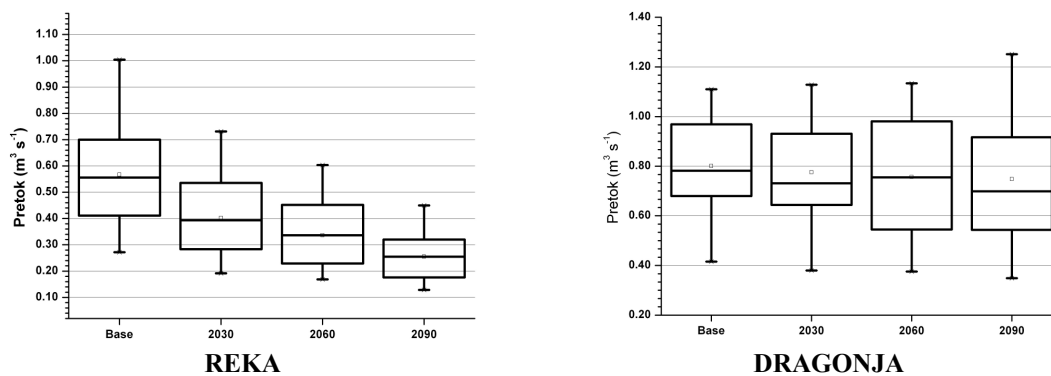
Preglednica 6.10: Učinek podnebnih scenarijev na pretok; odstotek spremembe v povprečnem letnem pretoku glede na osnovni scenarij

Table 6.10: Impact of climate scenarios on the river flow; percentage change in average annual flow compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v pretoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (8)	–29,08	–40,69	–55,07
R-Vedrijanšček (9)	–27,29	–38,31	–53,11
Dragonja (14)	–3,16	–5,46	–6,53
D-Rokava (7)	–3,08	–5,70	–7,04



Slika 6.12: Sprememba v povprečnih mesečnih pretokih ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)
Figure 6.12: Change in average monthly flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) between the (Base = 0) and climate scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.13: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne pretoke ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) z okvirji z ročaji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)
Figure 6.13: Comparison of climate scenarios (SWAT) for the average annual flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.2.2 Sediment

Odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta v površinskem odtoku in v vodotoku je v primerjavi z osnovnim manjši za vse alternativne scenarije. Za celotno porečje reke Reke so tako količine SS za scenarije 2030, 2060 in 2090 v površinskem odtoku nižje za –38 %, –56 % in –77 % in v vodotoku za –37 %, –52 % in –70 % (preglednici 6.11, 6.12). Statistična metoda je pokazala, da so razlike alternativnih scenarijev za površinski odtok in za vodotok statistično značilno različne od osnovnega scenarija (preglednica 6.28, prilogi K1, K3), kar je razvidno tudi iz primerjave povprečnih mesečnih sprememb (slika 6.14). Te razlike prikazujejo tudi okviri z ročaji na sliki 6.15.

Za porečje reke Dragonje so količine SS za scenarije 2030, 2060 in 2090 v površinskem odtoku nižje za –32 %, –26 % in –26 % in v vodotoku za –30 %, –27 % in –28 %. Razlike med scenariji posameznih alternativnih scenarijev so majhne, v rangi le nekaj %. Tudi v primeru Dragonje je statistična metoda pokazala, da so razlike v prenesenih količinah SS alternativnih scenarijev za površinski odtok in vodotok statistično značilno različne od osnovnega scenarija (preglednica 6.28, slika 6.15, prilogi K2, K4), kar je pokazala tudi primerjava povprečnih mesečnih sprememb (slika 6.14). Izjema je le scenarij 2090 za D-Rokavo, kjer razlika ni statistično značilna.

Preglednica 6.11: Učinek podnebnih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij

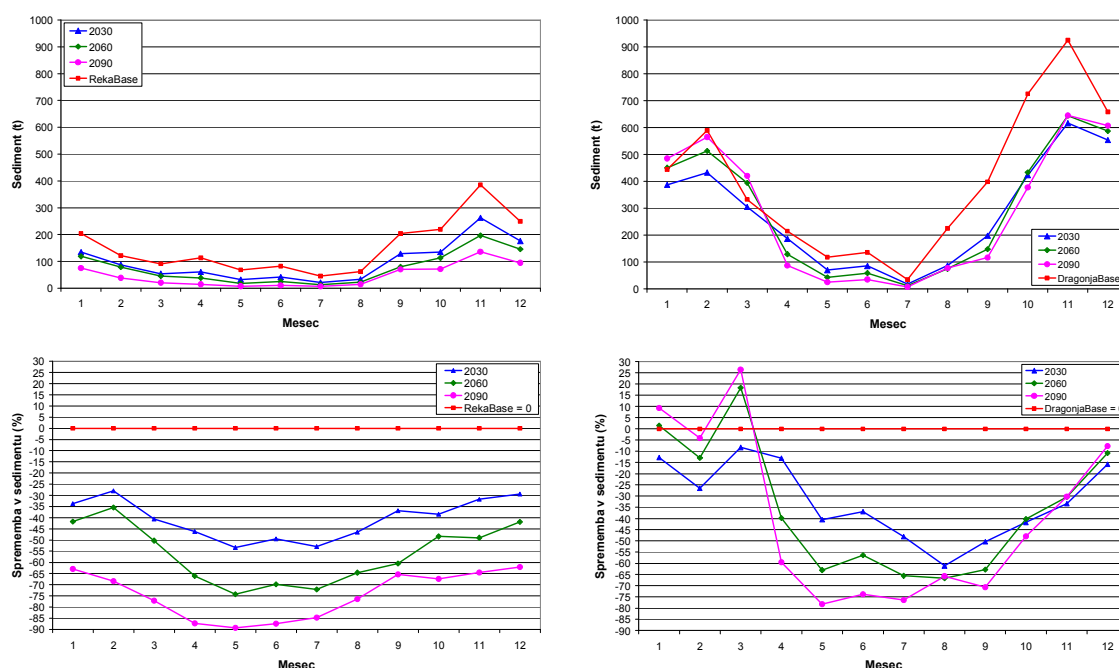
Table 6.11: Impact of climate scenarios on the sediment; the percentage change in average annual yield of sediment transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v površinskem odtoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (9)	–38,31	–56,37	–77,21
R-Vedrijanšček (3)	–41,45	–59,03	–79,06
Dragonja (15)	–32,42	–26,46	–25,89
D-Rokava (7)	–26,17	–22,32	–21,71

Preglednica 6.12: Učinek podnebnih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v odtoku glede na osnovni scenarij

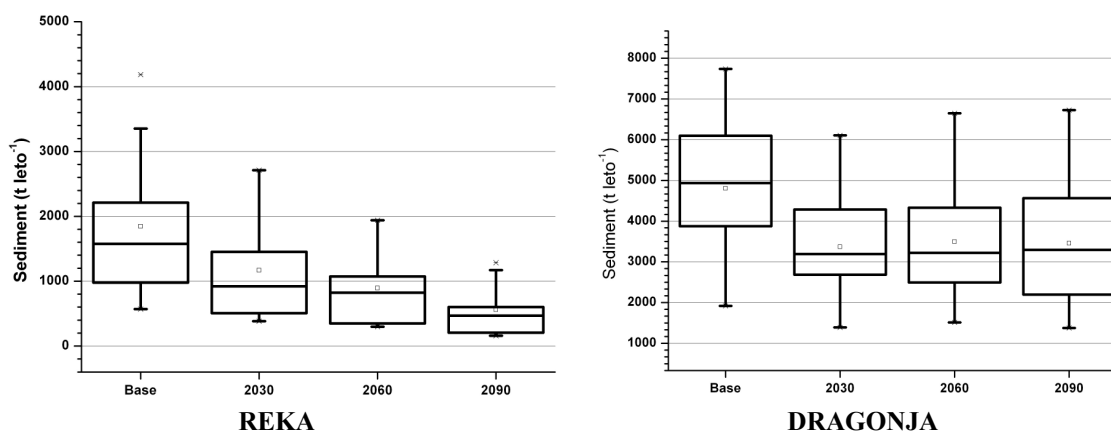
Table 6.12: Impact of climate scenarios on the sediment; the percentage change in the average annual river load of sediment compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v vodotoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (8)	–36,70	–51,60	–69,58
R-Vedrijanšček (9)	–38,23	–53,82	–72,86
R-Kožbanjšček (5)	–37,15	–52,36	–69,92
Dragonja (14)	–29,93	–27,32	–28,12
D-Rokava (7)	–22,63	–18,93	–17,45



Slika 6.14: Sprememba v povprečni mesečni količini sedimenta (t, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.14: Change in average monthly river loads of sediment (t, %) between the base (Base = 0) and climate scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.15: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta (t leto⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.15: Comparison of climate scenarios (SWAT) for the average annual river loads of sediment (t leto⁻¹) (boxes plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.2.3 Celotni dušik

Učinek podnebnih scenarijev na celotni dušik (TN) kaže, da lahko v obeh porečjih pričakujemo znižanje količin v površinskem odtoku, kar ni očitno za količine v vodotoku. Za porečje reke Reke so količine in povprečne spremembe TN za scenarije 2030, 2060 in 2090 v površinskem odtoku nižje za –35 %, –50 % in –71 % in v rečnem toku za –30 %, –35 % in –42 % (preglednici 6.13, 6.14). Statistična metoda je pokazala, da so razlike alternativnih scenarijev za površinski odtok in za vodotok statistično značilno različne od osnovnega scenarija (preglednica 6.28, prilogi K1, K3), kar je razvidno tudi iz slike z okviri z ročaji na sliki 6.17 in sprememb v povprečnih mesečnih količinah (slika 6.16). Izjema je le scenarij 2030 za R-Vedrijanšček, ki ni statistično značilno različen od osnovnega scenarija.

Količine prenesenega TN v porečju Dragonje so za scenarije 2030, 2060 in 2090 v površinskem odtoku nižje za –17 %, –15 % in –12 % (preglednica 6.13). V vodotoku je odstotek spremembe minimalen in se giblje okoli 2 % (preglednica 6.14). Na sliki 6.16 lahko vidimo spremembe v prenosu povprečnih mesečnih količin TN, kjer se v poletnih mesecih prenese manj in v zimskih več kot pri osnovnem scenariju. Studentova t-statistika je pokazala, da med osnovnim scenarijem in alternativnimi scenariji, z izjemo scenarija 2030 Dragonja (TN v površinskem odtoku), ni statistično značilnih razlik (preglednica 6.28, prilogi K2, K4). Da so razlike v količini v vodotoku prenesenega TN minimalne je razvidno tudi iz slike 6.17.

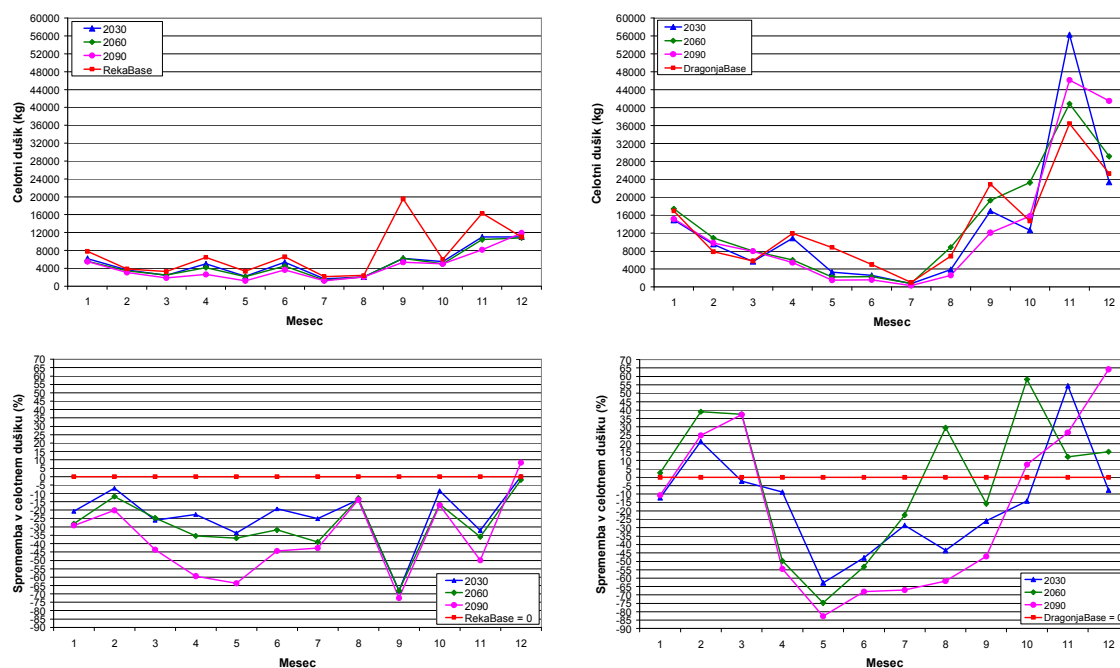
Preglednica 6.13: Učinek podnebnih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij
Table 6.13: Impact of climate scenarios on the total nitrogen; the percentage change in average annual yield of total nitrogen transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TN v površinskem odtoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (9)	–34,62	–50,43	–70,98
R-Vedrijanšček (3)	–36,55	–51,95	–72,00
Dragonja (15)	–17,01	–14,90	–12,15
D-Rokava (7)	–14,51	–12,86	–11,20

Preglednica 6.14: Učinek podnebnih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

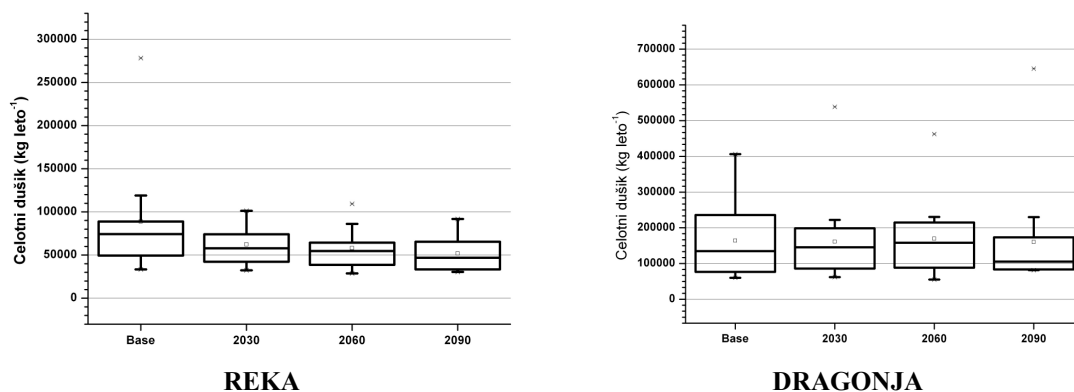
Table 6.14: Impact of climate scenarios on the total nitrogen; the percentage change in the average annual river load of total nitrogen compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TN v vodotoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (8)	–29,82	–34,50	–41,73
R-Vedrijanšček (9)	–16,23	–22,31	–35,76
Dragonja (14)	–1,78	3,37	–2,17
D-Rokava (7)	2,82	1,15	6,06



Slika 6.16: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.16: Change in average monthly river loads of total nitrogen (kg, %) between the base (Base = 0) and climate scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.17: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.17: Comparison of climate scenarios (SWAT) for the average annual river loads of total nitrogen (kg leto⁻¹) (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.2.4 Celotni fosfor

Učinek podnebnih scenarijev na spremembo prenesenih povprečnih letnih količin celotnega fosforja (TP) je podoben tistemu za TN. Za porečje reke Reke so količine TP za scenarije 2030, 2060 in 2090 v površinskem odtoku nižje za –34 %, –51 % in –67 % in v vodotoku za –35 %, –44 % in –56 % (preglednici 6.13, 6.14). Tudi Studentova t-statistika razkriva, da so spremembe alternativnih scenarijev v povprečni letni količini prenesenega TP v površinskem odtoku kot v vodotoku statistično značilno različne od osnovnega scenarija (preglednica 6.28, slika 6.19, prilogi K1, K3). Spremembe v preneseni povprečni mesečni količini TP so enakomerne skozi celo leto z izjemo jesenskih mesecev (slika 6.18).

V porečju Dragonje prenesene povprečne letne količine tako za površinski odtok kot vodotok nihajo med pozitivnimi in negativnimi vrednostmi. Še največje znižanje TP v površinskem odtoku je zaznati za scenarij 2060 Dragonja (–13 %) in v vodotoku za scenarij 2090 Dragonja (–3 %). Razlike so minimalne, kar potrjuje tudi statistična metoda, ki ni zaznala statistično značilnih razlik med osnovnim scenarijem in podnebnimi scenariji (preglednica 6.28, prilogi K2, K4) in enako velja tudi za grafični prikaz z okvirji z ročajem (slika 6.19). Slika 6.18 prikazuje, da se prenesene povprečne mesečne količine TP v vodotoku pri podnebnih scenarijih v topli polovici leta močno znižajo in v hladni polovici leta močno zvišajo, kar rezultira v minimalnih razlikah na letni ravni (preglednica 6.16).

Preglednica 6.15: Učinek podnebnih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v površinskem odtoku v vodotok glede na osnovni scenarij

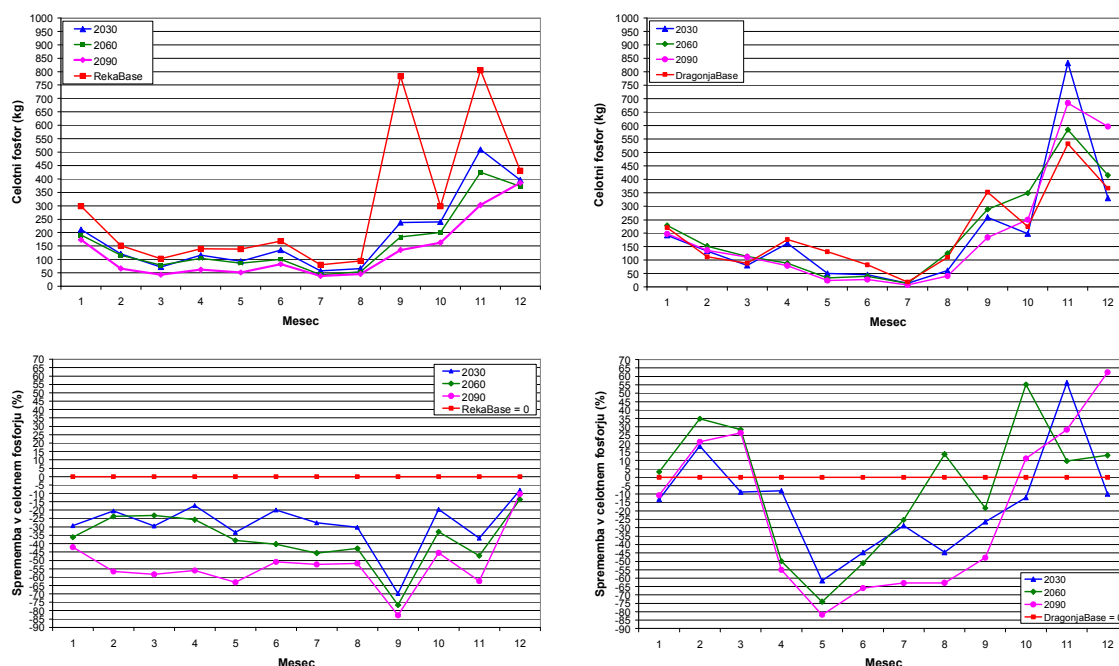
Table 6.15: Impact of climate change scenarios on the total phosphorus; the percentage change in average annual yield of total phosphorus transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TP v površinskem odtoku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (9)	–33,79	–50,82	–67,13
R-Vedrijanšček (3)	–36,96	–53,63	–71,86
Dragonja (15)	7,10	–12,57	8,96
D-Rokava (7)	–9,64	–9,07	–9,61

Preglednica 6.16: Učinek podnebnih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

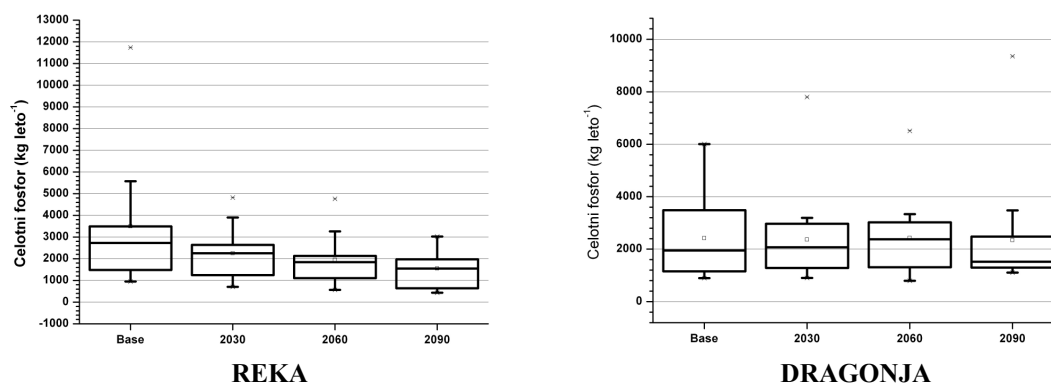
Table 6.16: Impact of climate change scenarios on the total phosphorus; the percentage change in the average annual river load of total phosphorus compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TP v rečnem toku (%)		
	2030	2060	2090
Reka (8)	–35,45	–44,08	–55,70
R-Vedrijanšček (9)	–24,82	–34,90	–54,67
Dragonja (14)	–2,46	0,55	–3,29
D-Rokava (7)	0,98	–0,72	3,44



Slika 6.18: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in podnebnimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.18: Change in average monthly river loads of total phosphorus (kg, %) between the base (Base = 0) and climate change scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.19: Primerjava podnebnih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.19: Comparison of climate change scenarios (SWAT) for the average annual river loads of total phosphorus (kg leto⁻¹) (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.2.5 Razprava o podnebnih scenarijih

Statistično značilne razlike med osnovnim in alternativnimi scenariji, ki naj bi bile še posebno izrazite v porečju Reke, je bilo pričakovati, saj zmanjšanje količine padavin

prispeva k manjšemu površinskemu odtoku in s tem k manjši eroziji talnih delcev. V primeru Dragonje podnebni modeli napovedujejo manj poletnih in več zimskih padavin (Bergant, 2003), katerih medsebojna razlika je le nekaj odstotkov (2–5 %) (preglednica 5.5). Manjše poletne padavine, ko se na območju dogaja večina kmetijskih dejavnosti in velik delež gozda ter travnikov (preglednica 5.4), ki sta erozijsko najmanj izpostavljena, se je rezultiralo v zmanjšanju povprečnih letnih količin sedimenta. A pozitivne posledice, ki se kažejo v zmanjšanju količin snovi, so lahko tudi zaskrbljujoče zaradi zmanjšanja količin vode (Xu in sod., 2008). V scenarijih nismo predvideli sprememb v odvzemu vode za potrebe namakanja.

Močno zmanjšanje prenesenih količin TN v porečju Reke je jasna posledica simuliranega zmanjšanja količine padavin v hladni in topli polovici leta. Posledice so še toliko bolj očitne, ker je v porečju na voljo manj vode in manj dostopnih hranil, kar omeji rast rastlin, količino organske snovi, mineralizacijo organske snovi in izpiranje mobilnih mineralnih oblik dušika. Zmanjšanje vlage v tleh močno omeji dostopnost fosforja rastlinam, a poveča njegovo vsebnost v tleh (Sardans in Penuelas, 2004). Rang zmanjšanja količin TN in TP v vodotoku Reke je podoben rangu zmanjšanja povprečnega letnega pretoka, zaradi česar ni pričakovati občutnih sprememb njunih vsebnosti v vodotoku.

Nasprotno lahko v porečju reke Dragonje pri določenih scenarijih celo opazimo rahlo povečanje količin snovi v vodotoku. Glede na to, da naj bi se v hladni polovici leta padavine povečale in da je mineralizacija organske snovi zaradi submediteranske klime prisotna praktično celo leto, je bilo pričakovati, da se rezultati alternativnih scenarijev za prenos snovi v rečnem toku ne bodo statistično značilno razlikovali od osnovnega scenarija. Simulacija količine prenesenih snovi s površinskim odtokom je pri podnebnih scenarijih nižja tudi zaradi tega, ker je v poletnem kmetijsko bolj aktivnem času (gnojenje, mulčenje) manj padavin, ki bi jih lahko odplavljale. V zimskem manj aktivnem času pa je, tudi zaradi toplejše klime, vegetacija v boljši kondiciji in preprečuje prenos snovi po površini. Z večanjem temperature je pričakovati premik rastne dobe na zgodnejši čas v letu (Ficklin in sod., 2009). To pomeni obdelovanje zemljišč v obdobju večjih padavin, kar lahko rezultira z večjim sproščanjem hranil (Bouraoui in sod., 2002). Podnebne spremembe naj bi v prihodnosti močno vplivale na večjo pogostnost in izdatnost ekstremnih padavinskih dogodkov in dolžino sušnih obdobj, kar bo močno vplivalo na vodni cikel, na kar večina okoljske zakonodaje še ni pripravljena (Wilby in sod., 2006). Tako bi lahko že en ali dva dogodka prispevala celotno povprečno letno količino snovi, še posebno sedimenta (Ramos in Martinez-Casnovas, 2008).

Na podlagi pridobljenih podatkov in modelnih izračunov lahko sklenemo, da bi imele podnebne spremembe, če se uresničijo uporabljene vrednosti, v porečju reke Reke močan vpliv na količino vode v porečju, kar bi pomembno vplivalo na zmanjšanje prenosa sedimenta, celotnega dušika in celotnega fosforja. Iz rezultatov je razvidno, da bi se povprečna letna količina padavin na območju Reke približala tistim na območju Dragonje, kar pomeni močno zmanjšanje površinskega odtoka. Vodotok Reka bi se po obnašanju močno približala Dragonji, kar bi pomenilo podaljšanje obdobja izsušene struge, ki je sedaj redko daljše od tedna ali dveh. Manjše padavine in večje temperature lahko izničijo vpliv povečanih vsebnosti CO₂ in znižajo prirast biomase večine kulturnih rastlin z izjemo mediteranskih, ki ob zmernih stopnjah sprememb kažejo pozitiven učinek (Nunes in sod.,

2007). Na območju Dragonje v povprečnem letu ne pričakujemo bistvenih razlik. A pri bolj podrobnem pregledu bi podnebne spremembe povzročile podaljšanje obdobja izsušene struge v topli polovici leta, kar bi negativno vplivalo na ekosistem v strugi. Spreminjanje stanja ekosistemskih pogojev vodnih teles, kot posledice podnebnih sprememb, bo v prihodnosti zahtevalo še posebno skrb s strani pristojnih javnih agencij in ministrstev (Kajfež Bogataj, 2004; Purkey in sod., 2007), tudi z oblikovanjem primerne zakonodaje in predpisov (Wilby in sod., 2006). Povečanje padavin v hladni polovici leta bi lahko vodilo do povečane nevarnosti erozije tal in izpiranja hranil v hladni polovici, kar bi lahko prišlo še bolj do izraza ob podaljšani rastni dobi zaradi dviga temperatur. Rezultate teh scenarijev je treba razumeti le kot enega od možnih scenarijev, a le če se podnebne spremembe res razvijajo v smeri uporabljenih temperaturnih in padavinskih podatkov.

6.2.3 Kmetijsko okoljski scenariji

S kmetijsko okoljskimi scenariji smo želeli preveriti dolgoročne učinke nekaterih ukrepov iz 2. osi programa razvoja podeželja Slovenije za obdobje 2007–2013, ki se navezujejo na izboljšanje okolja in podeželja z upravljanjem zemljišč, na prenos snovi in s tem kakovost vodotokov. Še posebno smo se osredotočili na preprečevanje prenosa snovi s površinskim odtokom, vpeljavo ekološke pridelave in ovrednotenje zaraščanja. S pomočjo teh rezultatov se bodo oblikovale tudi smeri razvoja rabe tal in tehnologije obdelave zemljišč na raziskovalnih območjih. Strukturni kmetijsko okoljski ukrepi, sprememba deležev površin posameznih rab in tehnologij pridelave na kmetijskih površinah so najpogostejši predmet uporabe modela SWAT, saj je bil model osnovan prav v ta namen (Arnold in sod., 1998, Gassman in sod., 2007).

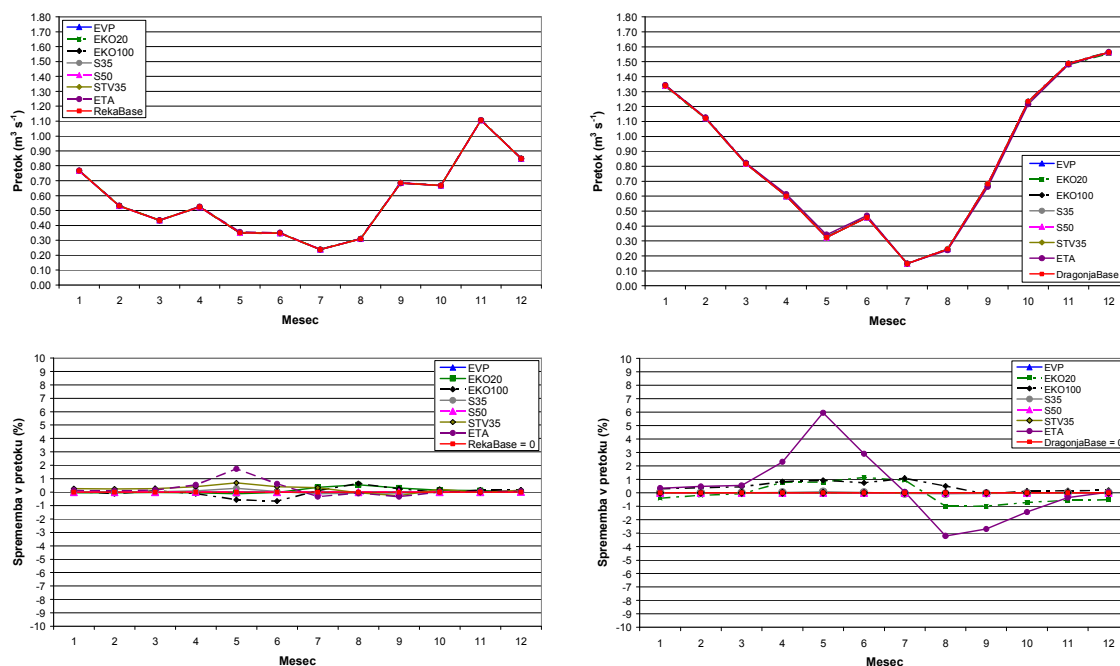
6.2.3.1 Pretok

Spremembe v povprečnem letnem pretoku za raziskovalno obdobje med osnovnima in kmetijsko okoljskimi (KOP) scenariji so minimalne tako v primeru porečja Reke kot porečja Dragonje. Maksimalne spremembe na letni ravni so manjše od 0,5 % (preglednica 6.17) in tudi iz slik 6.20 in 6.21 težko razberemo kakršnekoli razlike med scenariji, ki se za Reko gibljejo okoli 1 % in pri Dragonji največ do 5 % (slika 6.20). Tudi Studentova t-statistika za povprečne letne pretoke kaže, da rezultati KOP scenarijev niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (preglednica 6.28, priloga K5). Scenariji KOP v primerjavi z osnovnim scenarijem ne povzročijo nikakršnih sprememb v povprečnih letnih količinah pri ET, površinskem odtoku ali podtalni vodi. Tudi njihova medsebojna razmerja so praktično nespremenjena in se razlikujejo le za 1 ali 2 mm (priloga J3).

Preglednica 6.17: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na pretok; odstotek spremembe v povprečnega letnega pretoka glede na osnovni scenarij

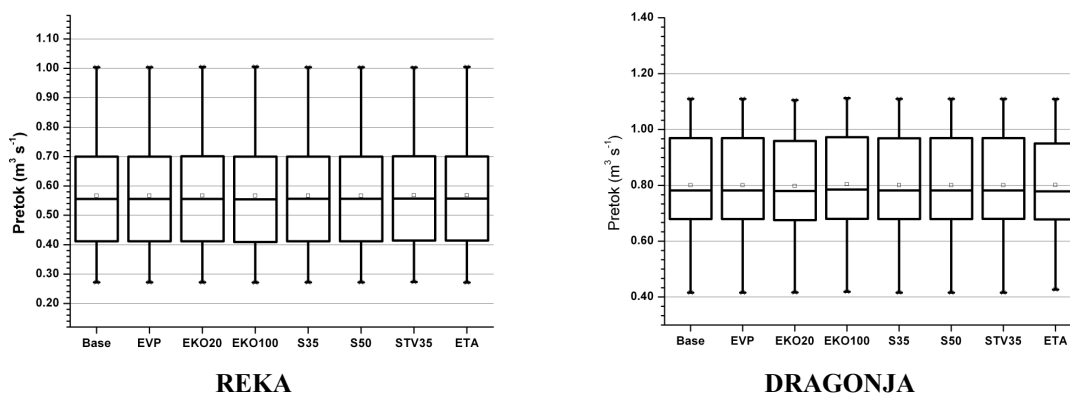
Table 6.17: Impact of agri-environmental scenarios on the river flow; percentage change in average annual flow compared to the baseline scenario

Porečje (podporečje)	Scenarij – sprememba v pretoku (%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	0,00	0,09	0,04	0,02	0,00	0,17	0,16
R-Vedrijanšček (9)	0,00	0,12	–0,07	0,03	0,00	0,33	0,13
Dragonja (14)	0,00	–0,32	0,36	0,00	0,00	0,00	0,09
D-Rokava (7)	0,00	–0,44	–0,25	0,00	0,00	0,00	0,11



Slika 6.20: Odstotek spremembe povprečnih mesečnih pretokov ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.20: Change in average monthly flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, %) between the base (Base = 0) and agri-environmental scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.21: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letni pretok ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) z okvirji z ročaji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.21: Comparison of agri-environmental scenarios (SWAT) for the average annual flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) with a box and whiskers plot for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.3.2 Sediment

Vpliv kmetijsko okoljskih scenarijev na povprečno letno količino sedimenta prenesenega v površinskem odtoku in v vodotoku je očiten in v nekaterih scenarijih tudi zelo pomemben.

V porečju reke Reke so bile ob vpeljavi KOP scenarijev EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini sedimenta prenesenega v površinskem odtoku –34 %, –11 %, –62 %, –1 %, –0,09 %, –3 %, –3 % in v vodotoku –15 %, –5 %, –25 %, –0,1 %, –0,05 %, –2 %, –3 % (preglednici 6.18, 6.19). Rezultati statistične metode so pokazali, da so le spremembe zabeležene za sediment prenesen v površinskem odtoku za scenarija EVP (Erozijski varovalni pasovi) in EKO100 (Ekološko kmetijstvo 100 %) statistično značilno različne od osnovnega scenarija RekaBase (priloga K1). Ob tem so bile statistično značilne spremembe v prenosu sedimenta v vodotoku prav tako zabeležene pri EKO100 medtem, ko je scenarij EVP rahlo pod mejo statistično značilne razlike (preglednica 6.28, slika 6.23, priloga K3). Slika 6.22 prikazuje, da je največja razlika med scenariji v količini prenesenega sedimenta v jesensko-zimskih mesecih, kjer se količine za scenarija EKO100 v zimskih mesecih zmanjšajo za 30 %.

Preglednica 6.18: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij

Table 6.18: Impact of agri-environmental scenarios on the sediment; the percentage change in average annual yield of sediment transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

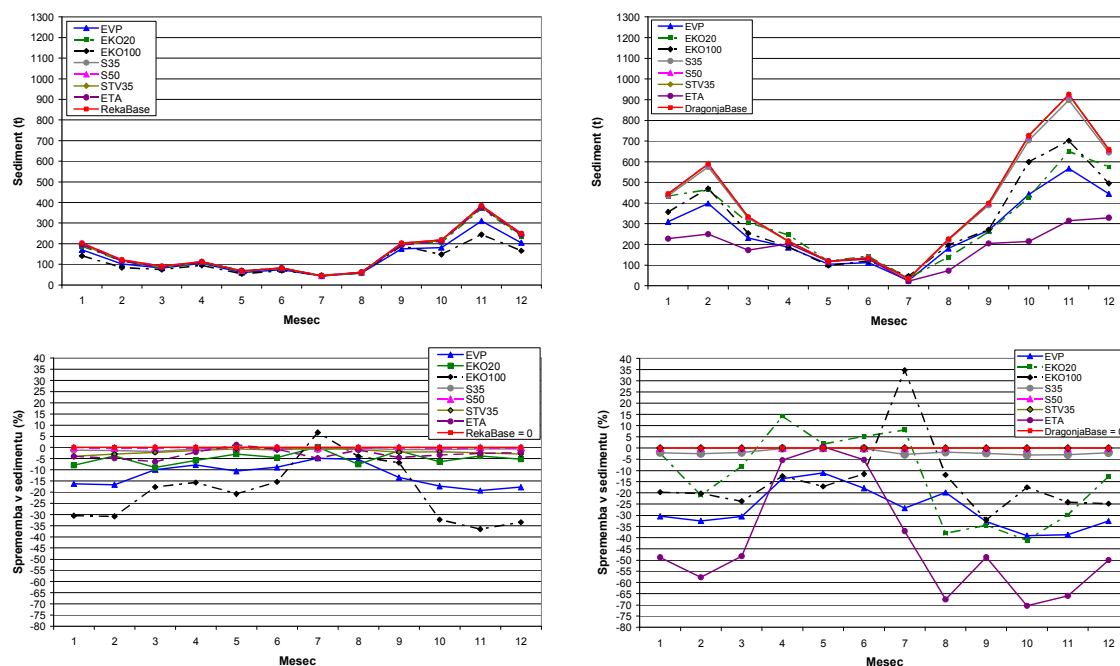
Porečje (število podporečij)	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v površinskem odtoku(%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (9)	–33,96	–10,53	–62,11	–0,97	–0,07	–3,43	–3,41
R-Vedrijanšček (3)	–33,65	–10,42	–62,88	–0,87	–0,01	–6,89	–2,07
Dragonja (15)	–35,31	–28,14	–26,58	–3,75	–0,11	–0,03	–53,10
D-Rokava (7)	–33,21	–25,58	–26,74	–2,01	0,00	–0,02	–45,95

V porečju Dragonje so bile za KOP scenarije EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA v procesu modeliranja zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini sedimenta prenesenega v površinskem odtoku –35 %, –28 %, –27 %, –4 %, –0,11 %, –0,03 %, –53 % in v vodotoku –32 %, –21 %, –21 %, –2,3 %, –0,05 %, –0,01 %, –53 % (preglednici 6.18, 6.19). Rezultati statistike so pokazali, da so spremembe zabeležene za sediment prenesen v površinskem odtoku in vodotoku za scenarije EVP (erozijski varovalni pasovi), EKO20 (Ekološko kmetovanje 20 %), EKO100 in ETA (ekstenzivno travinje) statistično značilno različne od osnovnega scenarija DragonjaBase (preglednica 6.28, prilogi K2, K3). Slika 6.23 prikazuje ilustrativen prikaz okvirov z ročaji, kjer scenarija EVP in ETA občutno odstopata od osnovnega Base. Slika 6.22 razkriva pomemben učinek scenarija ETA na prenos sedimenta, saj so prenesene količine sedimenta v vodotoku v jesensko zimskih mesecih več kot prepolovljene v primerjavi z osnovnim scenarijem.

Preglednica 6.19: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na sediment; odstotek spremembe v povprečni letni količini sedimenta preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

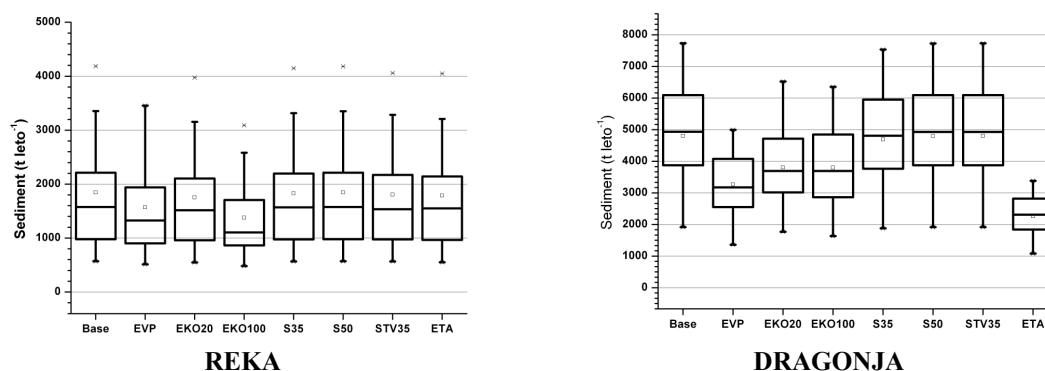
Table 6.19: Impact of agri-environmental scenarios on the sediment; the percentage change in the average annual river load of sediment compared to the baseline scenario

Porečje (podporečje)	Scenarij – sprememba v količini sedimenta v rečnem toku (%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	–14,93	–4,95	–25,42	–0,85	–0,05	–2,28	–3,12
R-Vedrijanšček (9)	–22,93	–7,28	–41,82	–1,02	–0,02	–5,83	–2,20
R-Kožbanjšček (5)	–11,59	–4,54	–15,27	–1,35	–0,13	–1,60	–6,19
Dragonja (14)	–31,95	–20,82	–20,92	–2,26	–0,05	–0,01	–52,96
D-Rokava (7)	–29,82	–19,77	–26,17	–2,37	0,00	–0,02	–39,36



Slika 6.22: Sprememba v povprečni mesečni količini sedimenta (t, %) (SWAT) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.22: Change in average monthly river loads of sediment (t, %) (SWAT) between the base (Base = 0) and agri-environmental scenarios for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.23: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine sedimenta ($t \text{ leto}^{-1}$) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.23: Comparison of agri-environmental scenarios (SWAT) for the average annual river loads of sediment ($t \text{ leto}^{-1}$) (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

6.2.3.3 Celotni dušik

Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na prenos celotnega dušika s površinskim odtokom in v vodotoku se je v določenih scenarijih izkazal kot pomemben, v drugih se je zaradi

majhnega deleža površin na katerih so bili določeni scenariji postavljeni izkaže kot zanemarljivo majhen. V porečju reke Reke so bile ob modeliranju KOP scenarijev EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini TN prenesenega v površinskem odtoku -33 %, -9 %, -54 %, -0,3 %, -0,02 %, -4 %, -2 % in v vodotoku -3 %, +9 %, -2 %, -0,4 %, -0,02 %, -5 %, -2 % (preglednici 6.20, 6.21). Studentova t-statistika razkriva, da so rezultati za prenos TN v površinskem odtoku statistično značilno različni od osnovnega scenarija le za KOP scenarija EVP in EKO100 medtem, ko za ostale scenarije rezultati niso statistično značilni (priloga K1). Rezultati vseh KOP scenarijev v primeru prenosa TN v vodotoku niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija RekaBase (preglednica 6.28, 6.25, priloga K3). Na sliki 6.24 se opazi velika mesečna variabilnost v prenesenih količinah celotnega dušika med scenariji.

Preglednica 6.20: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij

Table 6.20: Impact of agri-environmental scenarios on the total nitrogen; the percentage change in average annual yield of total nitrogen transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

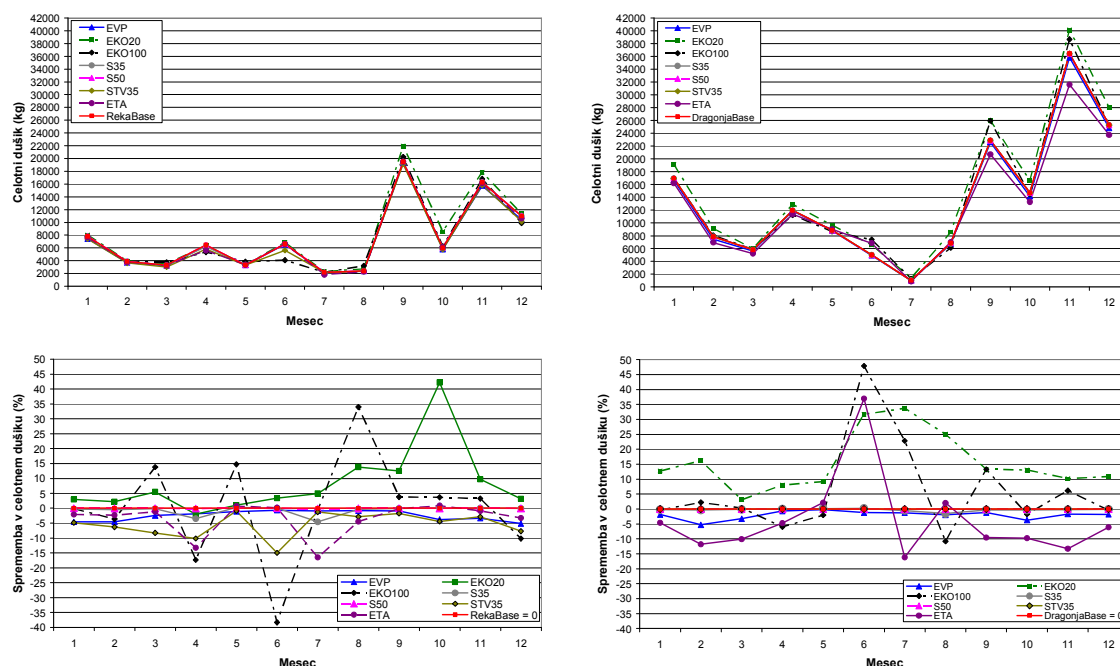
Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TN v površinskem odtoku(%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (9)	-32,56	-8,71	-53,93	-0,33	-0,02	-3,55	-1,67
R-Vedrijanšček (3)	-32,81	-8,59	-54,51	-0,27	-0,01	-6,82	-0,92
Dragonja (15)	-26,33	-14,38	-16,81	-1,43	-0,03	-0,04	-31,52
D-Rokava (7)	-25,88	-15,21	-17,39	-1,06	0,00	-0,03	-30,89

V porečju reke Dragonje so bile ob modeliranju KOP scenarijev EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini TN prenesenega v površinskem odtoku -26 %, -14 %, -17 %, -1 %, -0,03 %, -0,04 %, -32 % in v vodotoku -1,5 %, +13 %, +4 %, -0,2 %, -0,01 %, 0 %, -7 % (preglednici 6.20, 6.21). Studentova t-statistika razkriva, da so rezultati za prenos TN v površinskem odtoku statistično značilno različni od osnovnega scenarija za KOP scenarije EVP, EKO20, EKO100 in ETA (priloga K2), medtem ko za ostale scenarije rezultati niso statistično značilni. V primeru prenosa TN v vodotoku reke Dragonje rezultati za vse KOP scenarije niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija DragonjaBase (preglednica 6.28, priloga K4). Mesečne spremembe TN v vodotoku kažejo, za scenarije kjer nastaja več organske snovi (EKO20, EKO100, ETA), da v poletnih mesecih povzročajo odstotkovne nekoliko večje prenose TN (slika 2.24). Na letni ravni se nihanja med meseci medsebojno izenačijo (slika 6.25)

Preglednica 6.21: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni dušik; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega dušika preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

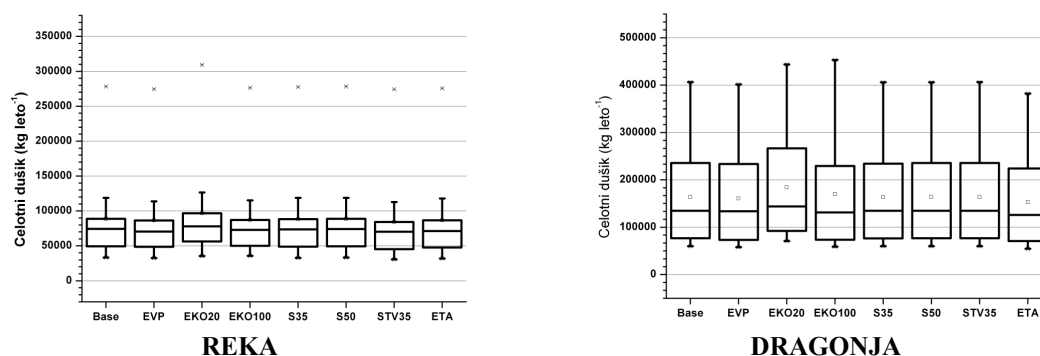
Table 6.5: Impact of agri-environmental scenarios on the total nitrogen; the percentage change in the average annual river load of total nitrogen compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TN v rečnem toku (%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	-2,67	9,00	-1,91	-0,43	-0,02	-5,15	-2,32
R-Vedrijanšček (9)	-2,73	8,77	-2,42	-0,34	-0,03	-9,35	-1,86
Dragonja (14)	-1,46	12,51	3,71	-0,22	-0,01	0,00	-6,63
D-Rokava (7)	-1,90	10,23	0,22	-0,27	0,00	0,00	-5,77



Slika 6.24: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega dušika (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.24: Change in average monthly river loads of total nitrogen (kg, %) between the base (Base = 0) and agri-environmental scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.25: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega dušika (kg leto⁻¹) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.25: Comparison of agri-environmental scenarios (SWAT) for the average annual river loads of total nitrogen (kg leto⁻¹) (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

Smeri gibanja dušika profilu tal v povprečnem podporečju dajejo podrobnejšo sliko učinka KOP scenarijev za porečje Reke (preglednica 6.22). Iz rezultatov je razvidno, da večina dušika potuje lateralno (LATQ_NO3). Največje zmanjšanje pri scenarijih EVP in EKO100 je pri organskem dušiku (ORGN) in dušiku prenesenem s površinskim odtokom (NSURQ). Scenarij EKO100 razkriva, da se smer prenosa nitratnega dušika iz podporečja v vodotok spremeni, saj se količina prenesenega dušika s podzemno vodo opazno poveča. V porečju Dragonje se v povprečnem podporečju največ dušika prenese s površinskim odtokom v obliki organskega dušika (ORGN). Največje zmanjšanje je pri scenarijih ETA, EVP, EKO20, EKO100. Pri scenarijih EKO100 in ETA je najbolj opazen premik prenosa dušika v vodotok iz površinskega in lateralnega prenosa v prenos s podzemno vodo (GWNO3).

Za boljše razumevanje dogajanja v vodotoku smo v preglednici 6.23 prikazali odstotke spremembe različnih oblik dušika v vodotoku z implementacijo KOP in ostalih scenarijev. V preglednici so predstavljeni rezultati za reko Reko na podporečju 5 in reko Dragonjo na podporečju 14, saj smo imeli na teh dveh podporečjih podatke o točkovnih meritvah vsebnosti hranil in so nam tako služili za evaluacijo rezultatov modeliranja. Rezultati za kmetijsko okoljske scenarije razkrivajo zapletenost kroga pretvorbe dušika v sistemu zraka-tla-voda. Pri scenarijih, kjer smo spreminjali rabo zemljišč (ETA, STV35, S50, S35, EVP) so spremembe večinoma nizke in negativne. Pri ekoloških scenarijih se glede na trenutno rabo zemljišč v porečjih (Reka – intenzivni vinogradi, Dragonja – ekstenzivna travniška in njivska pridelava) se ob vzpostavitvi ekološke pridelave temu primerno spremenijo tudi različne oblike dušika. Studentova t-statistika je pokazala, da rezultati za nobenega od scenarijev niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (prilogi K3, K4).

Preglednica 6.22: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) na količino dušika (kg ha^{-1}) in smer prenosa v profilu tal iz podporečij v vodotok

Table 6.22: The impact of agri-environmental scenarios (SWAT) on the nitrogen yield (kg ha^{-1}) and transport direction in the soil profile from the subcatchments into the reach

Porečje	Parameter	Scenarij (kg ha^{-1})							
		Base	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	ORGN	3,41	2,04	2,99	0,82	3,47	3,41	3,24	3,35
	NSURQ	2,04	1,63	1,98	1,69	2,05	2,04	2,01	2,01
	LATQ_NO3	13,84	13,69	13,70	13,11	13,72	13,84	12,19	13,28
	GWNO3	2,61	2,58	2,78	3,50	2,65	2,61	2,60	2,57
	TN	5,45	3,67	4,97	2,51	5,52	5,45	5,25	5,36
Dragonja (14)	ORGN	1,35	0,94	1,10	1,08	1,32	1,35	1,35	0,82
	NSURQ	0,34	0,30	0,34	0,32	0,34	0,34	0,34	0,33
	LATQ_NO3	0,53	0,53	0,53	0,45	0,53	0,53	0,53	0,51
	GWNO3	0,89	0,88	0,88	0,94	0,89	0,89	0,89	0,92
	TN	1,69	1,24	1,44	1,40	1,66	1,69	1,69	1,15

ORGN – organski dušik, NSURQ – dušik v površinskem odtoku, LATQ_NO3 – nitratni dušik v lateralnem podpovršinskem toku, GWNO3 – nitratni dušik v podzemnem toku, TN – celotni dušik v površinskem odtoku (ORGN+NSURQ)

Preglednica 6.23: Odstotek spremembe modeliranih povprečnih letnih količin različnih oblik dušika prenesenih v vodotoku iz podporečja 14 (Dragonja) in 5 (Reka)

Table 6.23: Percentage change of modeled annual average river loads of different forms of nitrogen transported from the subcatchment 14 (Dragonja) and 5 (Reka)

Scenarij	Odstotek spremembe glede na osnovni Base scenarij (%)							
	Dragonja				Reka			
	NO ₃ ⁻	ORGN	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	ORGN	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻
1780	-	-	-	-	-	-	-	-
1830	55,21	43,49	70,23	72,53	104,37	-28,23	-24,23	141,76
1940	-	-	-	-	69,75	-26,22	-42,59	113,16
1984	-	-	-	-	79,38	-21,94	-28,87	89,94
2000	-12,32	-2,85	-5,25	-6,81	42,23	-41,20	-36,21	-2,11
2030	20,59	-9,88	1,90	2,33	-9,10	-47,94	-60,73	-17,05
2060	20,04	-2,99	6,60	7,66	-15,56	-51,13	-62,01	-25,79
2090	34,20	-14,02	-0,73	5,96	-4,86	-56,65	-58,93	-29,59
EVP	-2,78	-1,99	-1,14	-1,22	-0,56	-2,14	-2,08	-7,36
EKO20	2,07	14,99	14,02	12,39	-7,76	18,31	8,84	-0,92
EKO100	-3,94	6,49	3,24	0,27	8,28	-3,28	-0,80	1,21
S35	-0,26	-0,24	-0,10	-0,33	-1,54	-0,07	-0,09	-1,54
S50	0,01	-0,02	0,00	-0,02	-0,02	-0,02	-0,04	-0,11
STV35	-0,03	0,00	0,00	0,00	-5,50	-0,28	-0,61	-5,10
ETA	-1,51	-8,48	-5,82	-5,68	-7,63	-1,42	-0,40	-7,72

6.2.3.4 Celotni fosfor

Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na prenos celotnega fosforja s površinskim odtokom in v vodotoku se je izkazal kot pomemben zlasti v primeru erozijskih varovalnih pasov in ekološke pridelave v porečju reke Reke in v primeru zaraščanja ekstenzivnega travinja (ETA) v porečju reke Dragonje. V porečju reke Reke so bile ob modeliranju KOP scenarijev EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini TN prenesenega v površinskem odtoku -40 %, -13 %, -75 %, -1 %, -0,07 %, -5 %, -5 % in v vodotoku -14 %, +9 %, -26 %, -0,6 %, -0,04 %, -2 %, -3 % (preglednici 6.24, 6.25). Studentova t-statistika za povprečne letne količine prenesenega TP v površinskem odtoku je pokazala statistično značilne razlike glede na osnovni scenarij le za KOP scenarija EVP in EKO100, ostali scenariji niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (priloga K1). V primeru povprečnega letnega prenosa TP v vodotoku rezultati KOP scenarijev v primerjavi z osnovnim RekaBase niso statistično značilno različni (preglednica 6.28, priloga K3). Vendar določene razlike med scenariji obstajajo, kar nazorno prikažejo tudi okvirji z ročaji, kjer scenarija EVP in EKO100 izstopata (slika 6.26). Iz slike 6.27 je razvidno, da največje razlike med scenariji nastanejo v hladnejšem in bolj mokrem obdobju leta.

V porečju reke Dragonje so bile ob modeliranju KOP scenarijev EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA zabeležene naslednje spremembe v povprečni letni količini TN prenesenega v površinskem odtoku -21 %, -12 %, -20 %, -1 %, -0,01 %, -0,02 %, -23 % in v vodotoku -2 %, +7,76 %, +1,4 %, -0,3 %, 0 %, 0 %, -9 % (preglednici 6.24, 6.25). Studentova t-statistika za povprečne letne količine prenesenega TP v površinskem odtoku porečja Dragonje je pokazala statistično značilne razlike glede na osnovni scenarij za KOP scenarija EVP, EKO100 in ETA, ostali scenariji niso statistično značilno različni

od osnovnega scenarija (priloga K2). V primeru povprečnega letnega prenosa TP v vodotoku rezultati KOP scenarijev v primerjavi z osnovnim DragonjaBase niso statistično značilno različni (preglednica 6.28, priloga K3). Vendar določene razlike med scenariji obstajajo, to nazorno prikažejo okvirji z ročaji in mesečne spremenbe v prenesenih količinah, kjer scenariji EVP, EKO100 in ETA izstopajo (sliki 6.26, 6.27).

Preglednica 6.24: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni s površinskim odtokom v vodotok glede na osnovni scenarij

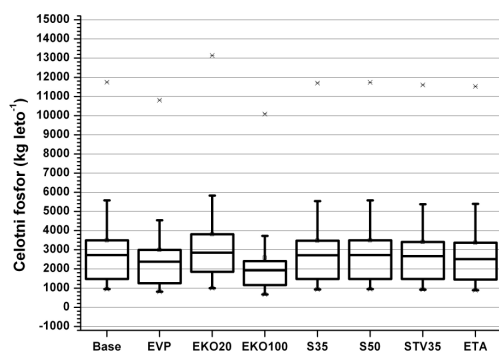
Table 6.24: Impact of agri-environmental scenarios on the total phosphorus; the percentage change in average annual yield of total phosphorus transported with runoff into the reach compared to the baseline scenario

Porečje/ število podporečij	Scenarij – sprememba v količini TP v površinskem odtoku (%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (9)	-39,76	-12,99	-74,54	-0,98	-0,07	-4,78	-4,62
R-Vedrijanšček (3)	-39,02	-12,53	-72,67	-0,82	-0,01	-9,10	-2,64
Dragonja (15)	-21,46	-12,39	-20,47	-1,31	-0,01	-0,02	-23,24
D-Rokava (7)	-17,72	-10,02	-18,04	-0,81	0,00	0,00	-19,00

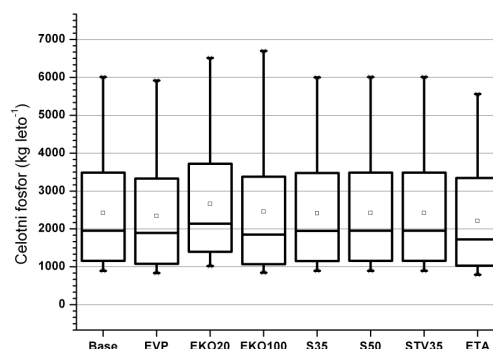
Preglednica 6.25: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na celotni fosfor; odstotek spremembe v povprečni letni količini celotnega fosforja preneseni v vodotoku glede na osnovni scenarij

Table 6.25: Impact of agri-environmental scenarios on the total phosphorus; the percentage change in the average annual river load of total phosphorus compared to the baseline scenario

Porečje/ rečni odsek	Scenarij – sprememba v količini TP v rečnem toku (%)						
	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	-14,15	9,28	-26,15	-0,58	-0,04	-2,44	-3,45
R-Vedrijanšček (9)	-15,22	7,43	-28,25	-0,49	-0,01	-4,49	-2,52
Dragonja (14)	-3,28	9,90	1,39	-0,29	0,00	0,00	-8,58
D-Rokava (7)	-2,44	7,76	-2,05	-0,30	0,00	0,00	-6,96



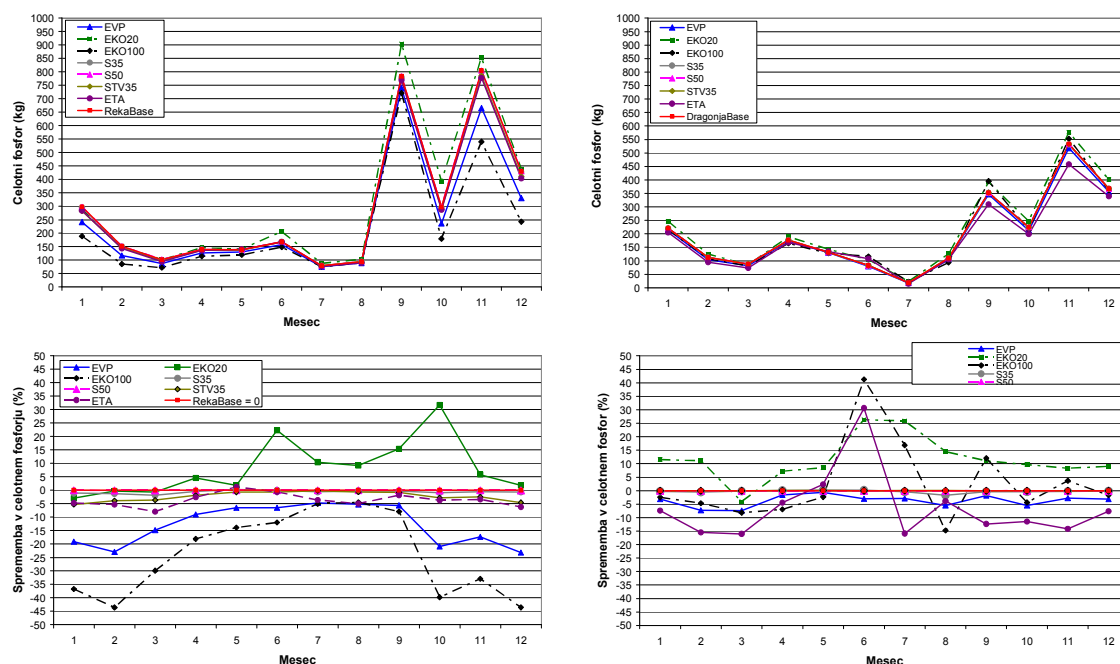
REKA



DRAGONJA

Slika 6.26: Primerjava kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) za povprečne letne količine celotnega fosforja (kg leto^{-1}) v vodotoku (okvirji z ročaji) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.26: Comparison of agri-environmental scenarios (SWAT) for the average annual river loads (kg leto^{-1}) of total phosphorus (box plot) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)



Slika 6.27: Sprememba v povprečni mesečni količini celotnega fosforja (kg, %) v vodotoku med osnovnim (Base = 0) in kmetijsko okoljskimi scenariji (SWAT) za porečji Reke (podporečje 8) in Dragonje (podporečje 14) (1994–2008)

Figure 6.27: Change in average monthly river loads of total phosphorus (kg, %) between the base (Base = 0) and agri-environmental scenarios (SWAT) for the Reka (subcatchment 8) and Dragonja (subcatchment 14) catchments (1994–2008)

Smeri gibanja različnih oblik fosforja iz povprečnega podporečja dajejo podrobnejši vpogled v sistem tal (preglednica 6.26). V porečju Reke največji del fosforja predstavljata organski (ORGP) in na sediment vezan (SEDP) fosfor. Obe obliki se najbolj zmanjšata pri scenariju EVP in EKO100, kjer se občutno zmanjša tudi topni fosfor (SOILP). V porečju Dragonje, kjer največji delež fosforja predstavlja topni fosfor, so povprečne izgube fosforja na hektar skoraj dvajsetkrat nižje kot v porečju Reke. Vzrok je v manjšem deležu kmetijskih zemljišč kot v porečju Reke in razširjeni ekstenzivni kmetijski pridelavi. Zmanjšano gnojenje zaradi opuščanja kmetijske pridelave (ETA) lahko vodi v še manjše izgube fosforja.

Preglednica 6.26: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev (SWAT) na smeri prenosa fosforja iz podporečij v vodotok (1994–2008)

Table 6.26: The impact of agri-environmental scenarios (SWAT) on the direction of the phosphorus transport from the subcatchments into the reach (1994–2008)

Porečje	Parameter	Scenarij (kg ha ⁻¹)							
		Base	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka (8)	ORGP	0,37	0,23	0,33	0,10	0,38	0,37	0,36	0,37
	SOILP	0,10	0,07	0,09	0,06	0,10	0,10	0,09	0,08
	SEDP	0,35	0,20	0,30	0,05	0,35	0,35	0,33	0,34
	TP	0,82	0,50	0,72	0,21	0,83	0,82	0,78	0,78
Dragonja (14)	ORGP	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
	SOILP	0,033	0,027	0,031	0,028	0,033	0,033	0,033	0,029
	SEDP	0,010	0,006	0,006	0,006	0,010	0,010	0,010	0,004
	TP	0,046	0,036	0,040	0,037	0,046	0,046	0,046	0,035

ORGP – organski dušik, SOILP – topni fosfor, SEDP – fosfor vezan na sediment, TP – celotni fosfor (ORGP, SOILP, SEDP).

V preglednici 6.27 so prikazani odstotki spremembe različnih oblik fosforja z implementacijo KOP in ostalih scenarijev iz katere je razvidno, da so vplivi scenarijev različni za organski in mineralni fosfor. Iz odstotkov sprememb je razvidno, da je učinek posameznih scenarijev na količino posamezne oblike fosforja v vodotoku raziskovalnih porečij odvisen od trenutne rabe zemljišč in intenzivnosti kmetijske pridelave. Studentova t-statistika je pokazala, da rezultati za nobenega od scenarijev niso statistično značilno različni od osnovnega scenarija (priloge K3, K4). Izjema je le scenarij EKO100 za porečje reke Reke.

Preglednica 6.27: Odstotek spremembe modeliranih povprečnih letnih količin različnih oblik fosforja prenesenih v vodotoku iz podporečja 14 (Dragonja) in 5 (Reka)
Table 6.27: Percentage change of modeled annual average river loads of different forms of phosphorus transported from the subcatchment 14 (Dragonja) and 5 (Reka)

Scenarij	Odstotek spremembe glede na osnovni Base scenarij (%)			
	Dragonja		Reka	
	ORGP	MINP	ORGP	MINP
1780	-	-	-	-
1830	55,21	43,49	16,92	208,88
1940	-	-	13,77	175,93
1984	-	-	13,83	113,59
2000	-12,32	-2,85	-23,89	35,63
2030	20,59	-9,88	-43,83	-49,05
2060	20,04	-2,99	-49,66	-56,61
2090	34,20	-14,02	-55,45	-25,17
EVP	-2,78	-1,99	-7,30	-18,94
EKO20	2,07	14,99	13,81	-16,90
EKO100	-3,94	6,49	-13,24	-35,22
S35	-0,26	-0,24	-0,55	-1,99
S50	0,01	-0,02	-0,06	-0,12
STV35	-0,03	0,00	-1,06	-2,54
ETA	-1,51	-8,48	-3,43	-12,68

Preglednica 6.28: Pregled statistično značilnih rezultatov po Studentovi t-statistiki za povprečni letni pretok in povprečne letne količine sedimenta, celotnega dušika in celotnega fosforja v vodotoku na iztoku iz podporečij 7 (D-Rokava), 14 (Dragonja), 8 (Reke) in 9 (R-Vedrijanšček) za vse obravnavane scenarije
Table 6.28: Review of statistically significant results of a Student t-statistics for average annual flow and average annual sediment, total nitrogen and total phosphorus in the watercourse outflow from the subcatchment 7 (D-Rokava), 14 (Dragonja), 8 (Reka) and 9 (R-Vedrijanšček) for all the scenarios

Studentov t-test								
Stopnja značilnosti 0,05.								
Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$)								
R-Vedrijanšček (9)					Reka (8)			
Scenarij	Q	SS	TN	TP	Q	SS	TN	TP
1780	-0,031	1,266	1,447	1,654	-	-	-	-
1830	0,028	1,220	0,261	0,079	-0,025	1,801	0,127	0,959
1940	0,045	0,409	-0,723	-0,700	0,056	1,715	-0,606	0,688
1984	0,081	1,651	1,167	1,125	0,026	1,907	0,551	1,188
2000	0,010	0,846	-0,023	-0,432	-0,073	0,725	-0,734	-0,304
2030	-3,581	-3,471	-2,089	-2,411	-4,046	-3,545	-4,762	-3,955
2060	-6,082	-7,045	-2,945	-3,854	-6,788	-6,888	-5,409	-5,257
2090	-11,741	-15,960	-7,038	-9,472	-12,545	-13,450	-7,557	-8,483
EVP	0,000	-1,915	-0,244	-1,124	0,000	-1,214	-0,148	-0,712
EKO20	0,012	-0,479	0,731	0,457	0,009	-0,348	0,448	0,389
EKO100	-0,007	-4,987	-0,209	-2,544	0,005	-2,435	-0,105	-1,439
S35	0,003	-0,061	-0,030	-0,030	0,002	-0,057	-0,023	-0,027
S50	0,000	-0,001	-0,002	-0,001	0,000	-0,004	-0,001	-0,002
STV35	0,034	-0,377	-0,829	-0,288	0,018	-0,157	-0,281	-0,112
ETA	0,013	-0,135	-0,162	-0,156	0,018	-0,216	-0,127	-0,159
D-Rokava (7)					Dragonja (14)			
	Q	SS	TN	TP	Q	SS	TN	TP
1780	-	-	-	-	-	-	-	-
1830	0,390	9,112	3,954	3,759	-	-	-	-
1940	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-0,415	-2,342	-0,453	-0,557	-0,355	-1,185	-0,414	-0,522
2030	-0,478	-3,382	0,109	0,039	-0,464	-4,656	-0,097	-0,138
2060	-0,894	-2,296	0,073	-0,047	-0,783	-3,427	0,213	0,037
2090	-0,986	-1,741	0,169	0,101	-0,842	-3,313	-0,097	-0,150
EVP	0,000	-4,983	-0,078	-0,135	0,000	-5,630	-0,122	-0,215
EKO20	-0,069	-2,859	0,521	0,410	-0,047	-3,056	0,750	0,603
EKO100	-0,039	-4,161	0,012	-0,114	0,053	-3,023	0,209	0,080
S35	0,001	-0,279	-0,015	-0,017	0,000	-0,274	-0,014	-0,019
S50	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	-0,001	0,000
STV35	0,001	-0,002	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000
ETA	0,017	-7,338	-0,326	-0,405	0,013	-14,386	-0,450	-0,594

Q – pretok; SS – suspendiran sediment; TN – celotni dušik; TP – celotni fosfor

Opomba: Rezultat alternativnega scenarija je statistično značilno različne od osnovnega, če vrednost Studentovega t-testa preseže $t_{\alpha}=2,145$. Če je vrednost negativna je scenarij vzrok zmanjševanju količin v vodotoku, in obratno.

6.2.3.5 Razprava o kmetijsko okoljskih scenarijih

Majhen odziv kmetijsko okoljskih scenarijev (KOP) na spremembo pretoka je pričakovan, saj nismo spreminjali ne podnebnih podatkov, ne lastnosti tal. Prav tako v scenarijih nismo predvideli sprememb v odvzemu vode za potrebe namakanja. Pomen kmetijsko-okoljskih ukrepov je v prvi vrsti zmanjšanje škodljivih vplivov človeške dejavnosti na ekosisteme in prek tega zmanjšanje količin sedimenta in hranil v vodnih telesih. Večje spremembe je bilo pričakovati pri scenarijih, kjer bi določen del prej travnih površin pogozdili (ETA – Reka 8 % in ETA – Dragonja 17 %), a tudi rezultati teh scenarijev se praktično ne odzovejo na spremembo v rabi tal. Majhen, statistično neznačilen vpliv KOP scenarijev na pretok je bil potrjen tudi s strani drugih raziskovalcev (Bracmort in sod., 2006; Cho in sod., 2010; Chaubey in sod., 2010). Chaplot in sod. (2005) so ob spremembi celotne njivske rabe v ozimno pšenico zaznali, da se je povprečni letni pretok povečal za 8,3 % in ko so celotno porečje opisali kot travnik, se je povprečni letni pretok zmanjšal z 0,48 na 0,20 m³ s⁻¹. Vplivi na pretok so močno povezani z velikostjo porečja oz. podporečja in deležem porečja, ki mu spremenimo okoljske pogoje (Arabi in sod., 2006).

Vpliv KOP scenarijev je odvisen od deleža posamezne rabe v porečju, kar vpliva na skupno površino, na katero vpliva posamezen scenarij. V obeh porečjih je terasiranje pobočij najpogostejša oblika kmetijsko okoljskega ukrepa za boj proti eroziji. Brez teras bi bilo kmetovanje, zaradi strmih naklonov in erozije, skoraj onemogočeno. Ureditve teras lahko v povprečju prispeva k zmanjšanju erozije tal za 4 t ha⁻¹ na leto (Yang in sod., 2009). Postavitev erozijskih varovalnih pasov širine treh metrov okoli vseh kmetijskih zemljišč naj bi v porečjih Reke in Dragonje prispevala k 34 do 35 % zmanjšanju prenesenih količin tal v površinskem odtoku in 15 do 32 % zmanjšanju prenesenih količin sedimenta v vodotoku. To bi pomembno prispevalo k zmanjšanju povprečne letne vsebnosti sedimenta v rekah Dragonji in Reki. Povprečna letna vsebnost sedimenta tako v porečju Reke (32,6 mg l⁻¹) kot Dragonje (29,3 mg l⁻¹) presega priporočeno vrednost 25 mg l⁻¹. Večji kot je delež erozijskih varovalnih pasov v porečju, večji je njihov učinek, še posebno, če so nameščeni po plastnicah med obdelovalnimi zemljišči in ne le na obrežju vodotokov (Anderson in sod., 2009; Sahu in Gu, 2009; Parajuli in sod., 2008). Če bi bili erozijski varovalni pasovi nameščeni le vzdolž strug vodotokov (slika 3.11), bi le ti pokrivali 46 ha v porečju Reke (1,52 ha km²) in 161 ha v porečju Dragonje (1,60 ha km²), če štejemo tudi glavne melioracijske jarke. A v naravi je velik delež strug že obraščen z vegetacijo in že izvzet iz kmetijske obdelave.

Velik delež travnih površin (19 %) v porečju reke Dragonje (preglednica 5.4) bi ob uresnitvi scenarija ETA pomembno prispeval k zmanjšanju erozije tal, saj rezultati modela predvidevajo okoli 50 % zmanjšanje prenesenih količin. Ob nadaljevanju zaraščanja travnikov, je ta scenarij dokaj verjeten. Način in intenzivnost obdelave tal imata močan vpliv na erozijo tal (Abaci in Papanicolaou, 2009). Treba je opozoriti, da smo na območju hrvaškega dela porečja uporabljali karto CORINE 2000, ki ima manjše merilo in resolucijo in s tem združuje različne rabe tal, kar je zagotovo pomenilo nekoliko večji delež travinja v porečju. Vendar bi bil tudi na območju D-Rokava delež zmanjšanja količin sedimenta občuten (ETA –39 %), v določenih scenarijih celo enak ali večji kot na območju celotnega porečja. Zaraščanje travnikov bi očitno zelo ugodno vplivalo na zmanjšanje količin sedimenta in hranil v porečju, a ob tem ne smemo pozabiti na izgubo travniških

habitatov kot življenjskega prostora rastlinskih in živalskih vrst. Zato je v tem pogledu scenariji erozijskih varovalnih pasov bolj privlačen, saj zmanjša erozijo in ohrani habitate. Pri razlagi erozijskih procesov je pomembno opozoriti tudi na algoritem erozije v SWAT modelu, ki je oblikovana kot ploskovna, enakomerna erozija, kot tudi na algoritem reduciranja sedimenta in hranil v površinskem toku, ki simulira enakomerno zadrževalno sposobnost preko celotnega zatravljenega pasu. To je poenostavitev, ki v realnosti drži le ob majhnih parcelah, a dejansko se na večjih parcelah tokovi združujejo v preferenčne tokove, ki lahko erodirajo tudi varovalne pasove (Wolfe, 2000).

Rezultati prenosa količin TN in TP v vodotoku v primerjavi z osnovnim scenarijem niso statistično značilni, zato tudi njuno povečanje količin za scenarij EKO20 ni pretirano zaskrbljujoče, a pozitivne vrednosti odstopajo od pričakovanih rezultatov (Preglednice 6.21, 6.25, 6.28). Povečanje je, kot kaže analiza podatkov, povezano z načinom postavitve modela za EKO20, ki je od ostalih odstopal po oblikovanju HOE, saj je bil vsak HOE s kmetijsko rabo razdeljen na ekološki (20 %) in osnovni (80 %) del. Tako je v primeru Dragonje iz 602 nastalo 924 HOE, v primeru Reke se je število povečalo iz 290 na 460 HOE. Že pri scenariju EKO100, ki je imel enako število HOE kot osnovni model, se količine tudi v rečnem toku znižajo. Zaradi očitnega vpliva števila HOE na rezultate bi bilo treba v prihodnjih raziskavah vpliva kmetijsko okoljskih scenarijev na količine hranil v vodotokih na območju Slovenije, posebno pozornost nameniti tudi resoluciji kart in vplivu različnega števila podporečij in HOE na končne rezultate. Arabi in sod. (2006) so potrdili, da njihovo večje število povzroči večje količine prenesenega sedimenta, TN, in TP. Tudi Jha in sod. (2004) so potrdili, da so večje prenesene količine sedimenta in nitrata neposredno povezane s številom podporečij in HOE, medtem ko za minP tega niso potrdili.

Pomembno je tudi opozoriti na večji obseg uporabe organskih gnojil v ekoloških scenarijih, ki v scenariju EKO100 v celoti nadomestijo dušikova mineralna. V ekoloških scenarijih je bila zaradi bolj sonaravne pridelave in večjega deleža rastlinskih ostankov, povečana površinska hrapavost kmetijskih površin (OV_N – Manning). Večja uporaba organskih gnojil v simulaciji se ob upoštevanih podnebnih razmerah izraža kot povečana mineralizacija in ker je manjši prenos snovi s površinskim odtokom, se to v kombinaciji s povečano hrapavostjo površja, izrazi v spremembi smeri poti TN in TP, kjer se topne oblike lahko gibljejo vertikalno z infiltracijo ali lateralno s podpovršinskim odtokom in čez določen čas končajo v vodotoku (Dils in Heatwaite, 1999, Shirmohammadi in sod., 2000). Podzemna voda je lahko pogosto glavni vir nitrata v površinskih vodah (Bouraoui in Grizzetti, 2008).

Iz preglednice 6.23 je razvidno, da se količina organskega dušika v ekoloških scenarijih v rečnem toku poveča. Mineralna gnojila se lahko aplicirajo točno v času, ko jih rastline potrebujejo, saj so jim hranila v njih, zaradi dobre topnosti, hitro na voljo. Tako so izgube hranil ob vestnem kmetovanju, ki na teh območjih zaradi velikega števila integriranih pridelovalcev ni vprašljivo, majhne. Drugače je pri organskih gnojilih, ki jih zaradi njihove narave, običajno apliciramo pred ali na začetku rastne dobe. Hranila se skozi proces mineralizacije sproščajo postopoma in kot prikazujeta sliki 6.24 in 6.26, se velik delež teh hranil in še ne mineralizirane organske snovi prenese iz površin v vodotoke v obdobju jesenskih padavin (Van Verseveld in sod., 2008). Ob spremembi rastlinskega pokrova in tehnologije pridelave, lahko povzročimo premik in spremembo razmerja v smeri gibanja

hranil preko površine tal ali skozi talni profil. Vse to se na koncu odraža na količini prenesenih hranil in sedimentov. Pomembno je, da je prenos hranil modeliran v povezavi s klimatskimi podatki (padavine, temperatura), lastnostmi tal, vegetacijo in topografijo, čemur more slediti tudi razlaga rezultatov.

6.3 OVREDNOTENJE SCENARIJEV

Ocena vplivov alternativnih scenarijev na procese prenosa sedimenta in hranil v porečju je narejena v luči okoljske zakonodaje EU in RS, ki sta za preverjanje kakovosti voda postavili mejne in priporočene vrednosti koncentracij snovi v površinskih vodah. Krovni predpis, uveljavljen s strani EU, ki ureja upravljanje z vodami je okvirna vodna direktiva (WFD 2000/60/ES), ki vzpostavlja Načrte upravljanja voda (NUV). Vodna direktiva deluje kot dežnik, pod katero se združujejo direktive povezane s kakovostjo voda, vse od nitratne direktive iz leta 1991, ki je bila oblikovana kot ukrep znižanja onesnaženja voda s strani kmetijstva. Cilj vodne direktive in republiške zakonodaje ter uredb je izboljšati kakovost površinskih in podzemnih voda do te mere, da bi dosegle dobro ekološko stanje do leta 2015. Na srečo v porečjih Reke in Dragonje ni problemov s prekomernimi vsebnostmi dušika ali fosforja, kar pa ne velja za sediment, ki v obeh primerih presega priporočeno vsebnost (preglednici 6.29, 6.30). Izmerjena vsebnost nitrata (NO_3^-) v porečju Reke – Kožbanjšček (1. 7. 2008–31. 6. 2009) in Dragonje (1989–2008) je bila za obe porečji $2,7 \text{ mg l}^{-1}$ in ne presega z uredbo predpisanih vrednosti, zato oba vodotoka sodita med tiste z zelo dobrim stanjem. Tudi izmerjeni vrednosti za celotni fosfor v porečjih Reke – Kožbanjšček (1. 7. 2008–31. 6. 2009) ($0,043 \text{ mg P l}^{-1}$) in Dragonje (1989–2008) ($0,109 \text{ mg P l}^{-1}$) ne presegata mejnih vrednosti. Izmerjena vsebnost sedimenta (suspendirana snov) tako v porečju Reke (1. 7. 2008–31. 6. 2009) ($29,3 \text{ mg l}^{-1}$) kot Dragonje (1989–2008) ($32,6 \text{ mg l}^{-1}$) presega priporočeno vrednost.

Preglednica 6.29: Meje in priporočene vsebnosti (mg l^{-1}) za sediment, dušik in fosfor
Table 6.29: Limit and guide concentrations (mg l^{-1}) for the sediment, nitrogen and phosphorus

		Vsebnost (mg l^{-1})	Predpis
Sediment		25	Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (UL RS št. 46/2002). Priporočena vsebnost.
Nitrat (NO_3^-)	pitna voda	50	Vodna direktiva (2000/60/ES) Pravilnik o pitni vodi (UL RS št. 19/04, 35/04, 26/06 92/06, 25/09). Mejna vsebnost.
	zelo dobro stanje	14,08–30,8	Uredba o stanju površinskih voda (UL RS št. 14/2009). Priporočene vsebnosti
	dobro stanje	28,6–41,8	
Celotni fosfor (P)	salmonidne vode	0,2	Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (UL RS št. 46/2002). Mejna vsebnost.
	ciprinidne vode	0,4	

Priporočena vrednost za vsebnost sedimenta je pomembna zaradi vpliva prekomernih vsebnosti na floro in favno v vodotokih. Spremembe v količini sedimenta ovirajo življenje in drstenje rib ter fotosintezo vodnega rastlinstva (Lohse, 2008; Petticrew, 2006). Vendar moramo imeti pri tolmačenju vsebnosti v zavesti tudi geološke in pedološke značilnosti porečja. Pojavlja se tudi vprašanje, ali je smiselno upoštevati priporočeno vsebnost za

sediment v porečjih, ki ne predstavljajo velikega ekonomskega pomena za ribištvo. A treba se je zavedati, da v vodotokih ne živijo samo ribe, temveč tudi druge živali in rastline.

Treba je opozoriti, da so ti rezultati le produkt enega računalniškega modela za modeliranje porečij (SWAT) in delo ter razumevanje porečij le enega modelarja. Kot je že nakazal projekt EUROHARP, lahko različni modeli in skupine modelarjev pripravijo različne predloge upravljanja porečij (Vagstad in sod., 2009). A različnost rezultatov modelov in mnenj modelarjev mora voditi v konstruktivno razpravo, za doseg in ohranitev dobre kakovosti voda v EU, kar je cilj vodne direktive. Ocena scenarijev te raziskave je bila narejena z vednostjo o številnih negotovostih v modelu. Negotovosti so povezane z vzpostavitvijo tehnologij pridelovanja, kolobarjev, časov žetve, košnje in obiranja ter časa aplikacije gnojil. Vsi omenjeni podatki so lahko le povprečne ocene, saj ima vsak kmetovalec svoj terminski plan. Dodatna negotovost izvira iz karte tal, saj model zahteva podatke o točki venenja, poljski kapaciteti in hidravlični prevodnosti, ki jih standardna pedološka karta ne vsebuje. Nadalje negotovosti izvirajo tudi iz kart pretekle kmetijske rabe in kombinaciji hidroloških odzivnih enot (HOE). Negotovosti lahko izvirajo tudi iz SWAT neposredne povezave HOE z vodotokom, kjer ne upošteva prostorske postavitve HOE v podporečjih.

Preglednica 6.30 prikazuje povzetek vpliva scenarijev na vsebnost sedimenta in hranil na točkah opravljenih meritev vsebnosti sedimenta, nitrata in celotnega fosforja za podporečje 14 (Dragonja) in podporečje 5 (Reka). Vplivi alternativnih scenarijev so se različno izrazili na povprečne letne količine prenesenih količin snovi, tako v površinskem odtoku, kot v vodotoku. Povečane ali zmanjšane količine snovi imajo tudi vpliv na povprečne letne vsebnosti snovi, ki služi kot eno od meril za oceno kakovosti vodotokov.

Scenariji pretekle rabe kmetijskih zemljišč (1830, 1940, 1984) so se izkazali z zelo neugodnim vplivom na stanje voda, saj so se vsi izrazili z občutnim povečanjem količin hranil in predvsem sedimenta. Vzrok povečanju je v rabi zemljišč, saj je v preteklosti večino območja reke Dragonje zasedala njivska in območja Reke vinogradniška raba zemljišč (preglednici 5.3, 5.4). Ti dve rabi sta z načinom obdelave tal, kot je oranje ali redno mulčenje in okopavanje, zelo invazivni za vrhnji horizont tal. Tla so tako bolj izpostavljena vremenskim pogojem, kar vodi v povečan površinski odtok. Ta skupaj s slabo prepustnimi tlemi in večjimi nakloni vpliva na erozijo tal in hranil. Le terasiranje kmetijskih zemljišč v naravi preprečuje še bolj izrazito erozijo. Iz rezultata simulacije erozije tal za osnovna modela na sliki 6.3 je razvidno, da se v večjem delu porečji Reke in Dragonje ta giblje okoli 1 t ha^{-1} leto, a na določenih predelih porečij se lahko ob ugodnih pogojih za erozijo pričakuje večje vrednosti. Povečana erozija iz površin se seveda izrazi tudi v vodotokih. Prav vsi alternativni scenariji pretekle rabe zemljišč v porečju Reke in Dragonje razen scenarija CORINE 2000 za reko Dragonjo prispevajo k vsebnosti sedimenta, večji od priporočene vrednosti po Uredbi o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (2002), ki je 25 mg l^{-1} (preglednici 6.29, 6.30). Ti rezultati kažejo, da bi na območjih raziskovanja enak obseg rabe zemljišč kot je bil značilen za pretekla obdobja ob današnjih podnebnih razmerah in tehnologijah pridelovanja kmetijskih kultur, lahko prispeval k občutnemu povečanju vsebnosti sedimenta v vodotokih medtem, ko na vsebnost nitrata in celotnega fosforja skoraj ne bi imel učinka.

Ob tem je potrebno vzeti v zakup resolucijo kart rabe zemljišč, saj je karta CORINE 2000 glede na osnovni model v porečju Dragonje pokazala zmanjšanje vsebnosti sedimenta in hranil ter v porečju Reke zvečanje vsebnosti sedimenta in nitrata ter zmanjšanje celotnega fosforja (preglednica 6.30). Vendarle kljub velikim razlikam večina rezultatov na iztoku iz porečij z izjemo scenarija 1830 ni statistično značilno različnih od osnovnega modela (preglednica 6.28).

Preglednica 6.30: Primerjava vplivov alternativnih scenarijev na povprečne letne vsebnosti (mg l^{-1}) sedimenta, nitrata in celotnega fosforja za podporečji 14 (Dragonja) in 5 (Reke)

Table 6.30: Comparison of the effects of alternative scenarios on the average annual concentration (mg l^{-1}) of the sediment, nitrate and total phosphorus for the subcatchments 14 (Dragonja) and 5 (Reka)

	Vsebnost (mg l^{-1})		
	Sediment (SS)	Nitrat (NO_3^-)	Celotni fosfor (TP)
DRAGONJA – podporečje 14 (ciprinidni vodotok)			
Meritev – Podkaštel	29,3	2,7	0,043
1830	66,7	4,2	0,064
2000	26,5	2,3	0,040
2030	20,5	3,2	0,042
2060	21,3	3,2	0,043
2090	21,1	3,6	0,042
EVP	19,9	2,6	0,042
EKO20	23,2	2,7	0,045
EKO100	23,2	2,6	0,044
S35	28,6	2,7	0,043
S50	29,3	2,7	0,043
STV35	29,3	2,7	0,043
ETA	13,8	2,6	0,039
REKA – podporečje 5 (salmonidni vodotok)			
Meritev – Kožbanjšček (Neblo)	32,6	2,7	0,109
1780	-	-	-
1830	62,9	5,5	0,149
1940	63,2	4,6	0,142
1984	57,1	4,8	0,135
2000	37,1	3,8	0,090
2030	20,5	2,5	0,061
2060	15,5	2,3	0,054
2090	9,9	2,6	0,052
EVP	28,8	2,7	0,100
EKO20	31,1	2,5	0,121
EKO100	27,6	2,9	0,092
S35	32,2	2,7	0,108
S50	32,6	2,7	0,109
STV35	32,1	2,6	0,108
ETA	30,6	2,5	0,104

Mejne in priporočene vsebnosti raziskovanih snovi:

Sediment (SS) 25 mg l^{-1} ; **Nitrat (NO_3^-)** za pitno vodo 50 mg l^{-1} in za površinske vode 14,08 - 30,8 (zelo dobro stanje) in 28,6 - 41,8 mg l^{-1} (dobro stanje); **Celotni fosfor (TP)** za salmonidne vode – Reka 0,2 mg l^{-1} in za ciprinidne vode – Dragonja 0,4 mg l^{-1} .

Scenariji podnebnih sprememb (2030, 2060, 2090) so v vseh treh primerih pokazali zmanjšanje pretoka, sedimenta, TN in TP (preglednica 6.28). Vzrok za zmanjšanje je razumljiv, saj smo v modelih od osnovnih podatkov spremenili le podatke o padavinah in temperaturi, ki pa imajo vpliv na rast rastlin, pridelek, evapotranspiracijo in vsebnost vode

v tleh. V obeh porečjih naj bi se temperatura v tem stoletju povečevala in količina padavin v poletnem obdobju manjšala. Medtem ko naj bi se v porečju Dragonje količina padavin v zimskem odboju povečala, naj bi se v porečju Reke zmanjšala. Ob uresničitvi obeh scenarijev gre pričakovati bolj drastične spremembe v porečju Reke, kjer simulacija predvideva zmanjšanje padavin za 500 mm leto^{-1} (Bergant, 2003). V porečju Dragonje se letna količina padavin naj ne bi bistveno spremenila, a manjša količina in intenziteta padavin v poletnem obdobju, ko se opravi večina kmetijskih opravil, se izrazi z zmanjšanjem erodiranega materiala. Povečanje količin padavin v jesensko zimskem obdobju bi lahko imelo zmeren vpliv na celotni dušik in nitrat, ki se akumulirata v organski snovi in zato je opaziti rahlo povečanje, ki pa nima bistvenega vpliva na vsebnosti v reki. Preučevanje podnebnih sprememb je izjemno nevhvaležno, saj je model porečja popolnoma odvisen od rezultatov podnebnih modelov. Ti so v večini primerov izdelani kot regionalni, a uporabniki oz. modelarji porečij potrebujejo lokalne modele, ki pa v večini primerov niso izdelani, ali pa je zanesljivost modelov zelo nizka (Bergant in Kajžef-Bogataj, 2004; Bergant, 2007). Ob tem je treba opozoriti tudi na spremembo v tehnologijah pridelovanja kmetijskih rastlin, saj bi ob povečanju temperature lahko prišlo do daljšanja rastne dobe. Scenariji podnebnih sprememb pomembno vplivajo na vsebnost sedimenta, saj bi se v obeh porečjih vsebnost sedimenta spustila pod predpisano priporočeno vsebnost 25 mg l^{-1} . Scenariji podnebnih sprememb na nitrat in celotni fosfor v porečju Dragonje nimajo občutnega vpliva, medtem ko se v porečju Reke vsebnost celotnega fosforja, zaradi manjše količine letnih padavin, zmanjša za polovico (tabela 6.30).

Kmetijsko okoljski scenariji (EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA) ne kažejo skoraj nikakršnih vplivov na povprečni letni pretok, a pri sedimentu in hranilih so razlike, med scenariji in tudi med obema porečjema, velike (tabela 6.30). V porečju reke Reke je manj scenarijev (EVP, EKO100), ki imajo statistično značilno različne rezultate od osnovnega scenarija, kot v porečju Dragonje (EVP, EKO20, EKO100, ETA) (preglednica 6.28, priloge K1–K5). Vsi omenjeni scenariji so posebno učinkoviti pri zmanjšanju erozije tal in prenosu talnih delcev s površinskim odtokom v vodotok. Pri obeh hranilih (TP, TN) so se statistično značilne razlike v primerjavi z osnovnim scenarijem izrazile le v primeru površinskega odtoka. Kar štirje od sedmih KOP scenarijev bi lahko imeli ugodne učinke na vsebnost sediment v Dragonji medtem, ko bi v Reki le dva scenarija omembe vredno vplivala na vsebnost sediment in delno na TP.

Kot pomembne so se pri modeliranju KOP scenarijev pokazale dobra predstavitev kart rabe zemljišč in lastnosti tal, število hidroloških odzivnih enot, predstavitev teras, podatki o kmetijskih praksah in tehnologij pridelovanja rastlin. V porečju Dragonje je več travnikov kot v porečju Reke, kar je prispevalo k večjemu učinku scenarijev EVP, EKO in ETA. V porečju reke Reke je veliko več vinogradov, a učinek ekoloških scenarijev je manjši, saj je na travnikih lažje kot v vinogradih prilagoditi tehnologije pridelovanja (Kosta, 1998; Koruza, 2000; Vršič in Lešnik, 2001; Gorjan, 2003). Kot pomembna se je v primeru scenarija EKO20 pokazala metodologija razdelitve porečja na hidrološke odzivne enote, kot tudi izbira ekološke tehnologije pridelovanja, saj je bil naš cilj ohraniti pridelavo na stopnji prodaje za trg. Znižanje hranil in sedimentov v površinskem odtoku bi lahko bilo precenjeno zaradi narave algoritma v SWAT modelu, ki enakomerno zmanjša prenos preko celotne širine erozijskega pasu. Scenariji KOP imajo pomembno vlogo na vsebnost sedimenta, saj z izjemo redkih scenarijev (Dragonja: S50, STV35; Reka: S50) vsi

prispevajo k zmanjšanju vsebnosti sedimenta. V porečju Dragonje tako na zmanjšanje pod predpisano priporočeno vsebnost 25 mg l^{-1} vplivajo scenariji EVP, EKO20, EKO10 in ETA. V porečju Reke noben od scenarijev ne prispeva k znižanju vsebnosti pod priporočeno vsebnost, kar nas napeljuje k razmišljanju, da v porečju prevladuje določena rabe zemljišč (vinograd), ki ima negativen vpliv na vsebnosti v vodotoku (Rejec Brancelj, 2001; Petek, 2007; Komac in Zorn, 2007a; Volk in sod., 2009). Cilju se najbolj približata scenarija EVP in EKO100. Vsebnosti nitrata in celotnega fosforja se spremenita minimalno in sta daleč od prekoračitve dovoljenih mejnih vrednosti.

Celotno gledano, so mnogi scenariji modelirali ali povečanje ali zmanjšanje povprečnih letnih količin snovi v površinskem odtoku in v vodotoku, mnogi med njimi so rezultirali tudi v statistično značilnih razlikah v primerjavi z osnovnima modeloma. Razlike med podporečji znotraj posameznih porečij lahko pripišemo različnim kombinacijam rabe zemljišč, lastnosti tal, tehnologijam pridelovanja in topografiji (Arabi in sod., 2006; Hrvatin in sod., 2006; Petek, 2007; Garcia-Ruiz in sod., 2008). Pomemben element pri modeliranju porečij so tudi točkovni viri (Santhi in sod., 2001; Neitsch in sod., 2005), katerih prispevek je na območjih raziskovanja na letni ravni zanemarljiv, to še posebno velja za območje Dragonje, kjer trenutno deluje le ena manjša čistilna naprava. V porečju Reke delujeta dve čistilni napravi ena manjša in ena večja, kjer se zlasti pri slednji v določenih delih leta ob preobremenitvah dogajajo kratkotrajni izpusti neprečiščene vode, a za natančnejšo analizo točkovnih virov je primanjkovalo podatkov.

Ob predlogih možnih okoljskih ukrepov za doseganje izboljšanja kakovosti voda, je potrebna previdna ocena ukrepov, saj je treba oceniti pozitivne in negativne učinke na okolje, kmetijstvo, socialo in ekonomijo na kar se pri uvajanju ukrepov pogosto pozabi (Eler in Batič, 2004; Everard, 2004; Lisec in Pintar, 2005; Bockstaller in sod., 2009; Program..., 2009). Ob tem tudi opozarjamo, da so v tem poglavju predstavljeni rezultati modeliranja in ne rezultati meritev.

Na podlagi scenarijev, v porečjih Reke in Dragonje ni večjih težav s vsebnostmi nitrata in celotnega fosforja, saj sta obe izrazito manjši od predpisanih vrednosti. A rezultati razkrivajo tudi težko pot do doseganja priporočene vrednosti za sediment za obe porečji, ki jo bo še zlasti v primeru porečja reke Reke težko doseči. Scenariji so bili oblikovani tako, da bi razumeli preteklost, ki se odseva v trenutnem stanju in možne poti razvoja območij v prihodnje pod vplivom podnebja in kmetijsko okoljskih scenarijev. Porečje Dragonje je bilo v preteklosti močno kmetijsko obdelano, a je z izseljevanjem in razvojem industrije ter turizma na obali, delež zaraščanja in gozda močno rasel, kar se je odrazilo tudi na ekoloških pogojih v porečju (Globevnik in Sovinc, 1998; Globevnik, 2001; Brilly in Globevnik, 2003; Keesstra, 2007; Keesstra in sod., 2009). Danes imamo na eni strani napredujoče zaraščanje ter na drugi večanje parcel in intenzivnosti pridelave, ki pa je v manjšini v primerjavi z zaraščanjem. V porečju Reke delež vinogradov ostaja relativno enakomeren že preko 200 let. A zaradi tehnološke revolucije (traktorji) se je količina domačih živali zmanjšala, kar je rezultiralo v zaraščanju travnikov in saditvijo vinogradov na ravninska področja, kjer so bili zaradi tega izvedeni osuševalni sistemi (Ažman Momirski in sod., 2008; Pintar in sod., 2010).

Rezultati kažejo, da v porečju Reke prav noben od KOP scenarijev ne bi pomembno prispeval k zmanjšanju vsebnosti sedimenta. Niti scenarij ETA s pogozditvijo vseh travnikov v porečju ne. A glede na pretekle kmetijske rabe naj bi bila količina sedimenta manjša. Vendar bi za trditev, da se je količina prenesenega sedimenta res zmanjšala potrebovali tudi podatke o preteklih kmetijskih praksah in vremenu v obdobju izdelave kart rabe zemljišč. Nadaljnjo zmanjšanje bi lahko pričakovali ob zmanjšanju padavin, saj podnebni scenariji kažejo znatno manjše vsebnosti sedimenta in hranil. A verjetnost uresničitve podnebnih scenarijev je v opisanem obsegu majhna (Bergant, 2004). Ob nezanesljivosti podnebnih scenarijev se moramo opreti na KOP scenarije, od katerih dobre rezultate kažeta EKO 100 in EVP. Scenarij EKO100 je, glede na nizek delež površin trenutno vključenih v ekološko pridelavo, malo verjeten (Akcijski načrt..., 2005), saj je zahteva veliko delovno intenzivnost, ki se odraža tudi v višji končni ceni pridelka za katero mora biti trg zainteresiran. Problem ekološke pridelave je tudi slaba tržna organiziranost pridelovalcev (Program..., 2009). Sicer pa ekološko pridelavo svetujejo tam, kjer so se tla z dolgoletnim gnojenjem obogatila do takšne stopnje, da ustvarjena zaloga zadošča za več desetletij (Mihelič in sod., 2009). Tako se odpira pot scenariju EVP. Pri simulaciji smo uporabili 3 metre široke pasove, ki so se odrazili s 14 % (Reka) in 31 % (Dragonja) zmanjšanjem vsebnosti sedimenta v rekah, a s širšimi pasovi bi lahko dosegli še večji učinek. Ob tem je za učinkovitost pomembna tudi identifikacija mreže vodnih poti in poti koncentracije površinskega toka (Wolfe, 2000; Garen and Moore, 2005). S primernimi ukrepi na kritičnih mestih bi lahko z majhnim deležem površin bistveno vplivali na vsebnosti sedimenta, dušika in fosforja v vodotokih.

Tudi v porečju reke Dragonje za katero velja velika stopnja zaraščanja, se je scenarij EVP odrazil v občutnem znižanju vsebnosti sedimenta, dušika in fosforja pod priporočeno vrednost. Glede na majhne parcele in lastniška razmerja bi bilo ukrep EVP v porečju Dragonje težko uveljaviti na celotnem porečju. A glede na trend zaraščanja kmetijskih površin, se prav lahko uresniči scenarij ETA, po katerem bi vse travniške površine (18 %) porasel gozd. A tudi tak scenarij ni čisto verjeten, saj smo na terenu opazili, da večji kmetovalci zaokrožujejo svoje vinograde in oljčnike ter s tem počasi krčijo zarast (Brilly in Globevnik, 2003). A ta proces je znatno počasnejši od zaraščanja, ki je zadnja desetletja vplival na vodni cikel in erozijske procese (Globevnik, 2001). Tako lahko zmanjšanje vsebnosti sedimenta v porečju Dragonje v prihodnosti pričakujemo ob nadaljnjem zaraščanju in tudi ob vzpostavitvi erozijskih varovalnih pasov na večjih lastniško in kmetijsko zaokroženih območjih. Negativen učinek erozijskih varovalnih pasov je izključitev določenega deleža kmetijskih površin iz kmetijske pridelave. Izguba površine pri 3 m širokih pasovih bi se pri 1 ha (10.000 m²) velikem obdelovalnem zemljišču poznala z 12 % (1.200 m²) manj obdelovalne površine. Pomemben element, ki delno prispeva k povečanim vsebnostim sedimenta v reki Dragonji, so tudi klifne stene in strma erodirana pobočja brez vegetacije, ki jih ob vznožju erodirajo reka ter hudourniški pritoki. Ob tem se pojavlja potreba po usklajenem delovanju obeh držav, ki si delita porečje Dragonje.

Uspeh pri doseganju priporočene vsebnosti za sediment v obeh porečjih bo močno odvisen od okoljskih, kmetijskih in prostorskih organizacij, ki bodo oblikovale predpise ter njihove komunikacije z državljanji oz. lastniki in upravljavci zemljišč v obeh porečjih ob morebitnem uveljavljanju ukrepov.

7 SKLEPI

Cilj te disertacije je preveriti vplive spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v porečjih rek Reke v Goriških Brdih in Dragonje. Ob tem smo želeli ugotoviti kakšen je vpliv sprememb v rabi zemljišč, podnebjju in v načinu obdelovanja flišnih tal na vodnatost površinskih voda in njihovo kakovost zaradi erozije tal in prenosa dušika in fosforja. V ta namen smo uporabili model Soil and water assessment tool (SWAT). Ugotovitve so rezultat enega modela in enega modelarja in jih lahko povzamemo v naslednjih sklepih:

- Na izhodne rezultate primerjave modelov v kalibraciji so imeli poglobitni vpliv podatki o lastnostih tal. Povprečne letne količine sedimenta in hranil v porečju Reke so med modeli z uporabljenimi različnimi pedološkimi kartami in lastnostmi tal manjše in večinoma statistično neznailne. V porečju Dragonje so za sediment in hranila izrazitejši in tudi statistično znailni. Povprečni letni pretoki simulirani v alternativnih modelih niso statistično znailno razliini od osnovnega modela. Zato sklepamo, da v porečjih z veijim številom vzorinih profilov v obstojeci digitalni pedološki karti (npr. Reka v Goriških Brdih) nadaljnje terenske in laboratorijske meritve niso nujne, kar prispeva k znižanju stroškov raziskav. Rezultati kažejo, da vodno-fizikalne lastnosti tal pomembno vplivajo na modeliranje prenosa sedimenta in hranil. Za porečja, kjer terenskih in laboratorijskih meritev ni bilo oz. so bile izvedene v omejenem obsegu, je terensko vzorčenje priporočeno. Ne glede na dejstvo, ali se uporablja digitalna pedološka karta ali izvaja terenske in laboratorijske meritve, je prisotnost izkušenega pedologa ob doloianju lastnosti tal nujna in neizogibna.
- Na rezultate modelov vpliva tudi gostota mreže meteoroloških padavinskih podatkov. V porečju Reke, s klasično padavinsko postajo, se je statistični test E_{NS} za pretok, ob uporabi radarsko zabeleženih padavinskih podatkov, izboljšal iz 0,70 na 0,71. V porečju Dragonje, brez klasičnih padavinskih postaj, se je statistični test E_{NS} za pretok, ob uporabi radarsko zabeleženih padavin, izboljšal iz 0,47 na 0,59. Iz tega sklepamo, da je v porečjih, kjer ni klasičnih padavinskih postaj priporočljivo uporabiti radarsko zabeležene podatke, a jih je treba umeriti na najbližji padavinski postaji, saj lahko občutno izboljšajo delovanje modela.
- Podatki iz monitoringa kakovosti voda so izrednega pomena, saj brez teh podatkov ni možno izvesti primerne kalibracije modela. V raziskavi se je izkazalo, da zaradi omejenih podatkov o vsebnosti sedimenta, dušika in fosforja ni bilo možno izvesti validacije podatkov.
- Rezultati modelov pretekle kmetijske rabe zemljišč so pokazali, da ohranitev oz. uresničitev zgodovinske rabe v današnjih podnebnih razmerah ne bi bistveno vplivala na pretoke raziskovanih rek. Njihov vpliv, kljub izrazitim učinkom na prenesene količine snovi v površinskem odtoku in vodotoku v porečju Reke, z izjemo scenarija 1984 za sediment in celotni fosfor v površinskem odtoku, ni statistično znailno razliin od osnovnega scenarija. Nasprotno, v porečju Dragonje se je pri prenosu količin sedimenta in hranil v površinskem odtoku in v vodotoku pokazalo, da je vpliv statistično znailno razliin od osnovnega scenarija. Primerjava karte CORINE 2000 s

karto GERK je pokazala, da v porečju Reke ni statističnih razlik in da v porečju Dragonje obstajajo statistično značilne razlike v prenosu količin sedimenta.

- Rezultati podnebnih scenarijev kažejo, da bi ob uresničitvi in ob obstoječi kmetijski rabi povzročili spremembe v količini in kakovosti voda v porečjih Reke in Dragonje. Podnebne spremembe naj bi v porečju Reke povzročile upad količine povprečnih letnih padavin (–500 mm), kar vodi v statistično značilno različne in manjše povprečne letne pretoke. V porečju Dragonje naj bi se količina padavin v toplem obdobju zmanjšala in v hladnem povečala tako, da razlike v povprečnem letnem pretoku ne bodo statistično značilne. Prenos sedimenta in hranil s površinskim odtokom in v vodotoku je pri podnebnih scenarijih za porečje Reke statistično značilno različen od osnovnega modela. V porečju Dragonje se statistično značilne razlike pojavijo le pri sedimentu in delno pri celotnem dušiku v površinskem toku.
- V porečju Reke, z večjim deležem vinogradov, imata statistično značilen vpliv na prenos sedimenta in hranil s površinskim odtokom med kmetijsko okoljskimi scenariji le scenarija EVP in EKO100, a v porečju Dragonje, z večjim deležem travnikov, je ta nabor scenarijev širši (EVP, EKO20, EKO100, ETA). Zgoraj omenjeni scenariji imajo na iztokih rek statistično značilen vpliv le na prenos sedimenta. Kmetijsko okoljski scenariji naj, po rezultatih modeliranja, ne bi imeli nobenega vpliva na povprečni letni pretok kot tudi ne na povprečno letno vsebnost nitrata in celotnega fosforja v raziskovanih porečjih. V porečju Reke naj bi kmetijsko-okoljski scenariji simulirali zmanjšanje povprečne letne vsebnosti sedimenta, a zmanjšanje naj ne bi doseglo priporočene vsebnosti. V porečju Dragonje lahko ob uresničitvi kmetijsko okoljskih scenarijev, še posebno scenarijev EVP in ETA, pričakujemo zmanjšanje vsebnosti sedimenta pod priporočeno vrednost in ob tem izboljšanje kakovosti voda. Za dosego izboljšanja kakovosti voda v obeh porečjih bi bilo treba uporabiti kombinacijo več ukrepov in tesno sodelovati z vsemi ključnimi deležniki (Agencija RS za okolje, Kmetijsko svetovalna služba, kmetovalci, lastniki zemljišč itd.).
- Rezultati te raziskave so produkt enega računalniškega modela za modeliranje porečij (SWAT) in delo ter rezultat razumevanja porečij enega modelarja. Zato končnih ocen scenarijev ne smemo nikoli obravnavati kot dokončne, temveč le kot možen odziv sistema na spremembe v rabi zemljišč in podnebjem ali kot možen vpliv kmetijsko okoljskih scenarijev na površinske vode. Rezultati modela in njihova interpretacija s strani modelarja mora voditi v konstruktivno razpravo, katere cilj je doseči in ohraniti dobro kakovost voda v raziskovanih porečjih, kar je tudi cilj Vodne direktive in ostale zakonodaje s področja voda. Ocena vpliva scenarijev je bila narejena z vednostjo o številnih negotovostih, ki spremljajo model in so bile opisane v nalogi.

8 POVZETEK (SUMMARY)

8.1 POVZETEK

Povišane vsebnosti hranil (dušik, fosfor) in sedimenta v vodotokih lahko vodijo k znižanju biodiverzitete, ki postaja eden glavnih pokazateljev kakovosti okolja. Spremembe v družbenih ureditvah raziskovalnih območij so ob specifičnih geoloških, pedoloških in topoloških značilnostih vodile tudi do sprememb v rabi zemljišč in posledično vsebnosti sedimenta in hranil v vodotokih. Združitev različnih prostorsko-okoljskih podatkov je časovno zahtevna, zato je nujna uporaba računalniških orodij za modeliranje. Za modeliranje vodnatosti in kakovosti površinskih voda smo uporabili model Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Raziskava je bila izvedena v luči direktiv Evropske unije (Vodna direktiva, Nitratna direktiva in Habitatna direktiva). Prav tako so bili vključeni vplivi skupne kmetijske politike (SKP) EU in kmetijsko okoljskih ukrepov iz Programa razvoja podeželja (PRP) Republike Slovenije 2007–2013.

Disertacija preverja hipotezo, da imajo spremembe v rabi kmetijskih zemljišč, podnebne spremembe in kmetijsko okoljski ukrepi na raziskovalnih območjih s flišno geološko podlago (Dragonja v Slovenski Istri in Reka v Goriških Brdih) pomemben vpliv na količinsko in kakovostno stanje tekočih površinskih vodah. S tem želimo doprinesiti k razumevanju procesov prenosa sedimenta in hranil v flišnih porečjih in nakazati smernice razvoja porečij za doseg oz. ohranitev dobrega kakovostnega stanja vodotokov.

Porečje reke Reke obsega 30 km² in se nahaja v SZ delu države. Nadmorska višina se giblje med 75 in 789 m. Za območje so značilna zelo strma slemena številnih gričev, ki so usmerjena proti jugozahodu. Pokrajina porečja je zelo kmetijska z večjim deležem gozda (56 %) in vinogradov (23 %). Porečje reke Dragonje obsega 100 km² in se nahaja v skrajnem JZ delu države. To je obmorsko porečje, zato se nadmorska višina giblje med 0 in 487 m. Slemena gričevja so planotasto oblikovana z ravnimi vrhovi in s strmimi tudi previsnimi robovi slemen. Pokrajina je večinoma porasla z gozdom (63 %) in travinjem (18 %). Strmi nakloni obeh porečij dovoljujejo obdelavo tal le na terasah.

Tla na raziskovanih območjih so klasificirana kot evtrična rjava na eocenskem flišu. Flišne plasti sestavljajo izmenjujoče se plasti peščenjaka in glinavca ter v delu tudi apnenca. Večina tal ima meljasto ilovnato do glinasto teksturo, kar se odraža v večjem površinskem odtoku in nevarnosti erozije. V porečju reke Reke smo v Neblem samostojno izvajali meritve kakovosti vodotokov in izvedli 365 dnevnih meritev za suspendiran sediment, celotni fosfor, nitrat ter 19 meritev orto-fosforja v enem letu. Povprečna letna vsebnost suspendirane snovi v raziskovalnem obdobju je bila 32,6 mg l⁻¹, vsebnost nitrata 2,7 mg l⁻¹ in vsebnost celotnega fosforja 0,109 mg l⁻¹. V porečju Dragonje smo iz ARSO prejeli nize podatkov iz hidrološke postaje Podkaštel za suspendiran sediment, celotni dušik, nitrat, celotni fosfor in orto-fosfor za obdobje od 1989 do 2008. Povprečna letna vsebnost suspendirane snovi je bila 29,1 mg l⁻¹ (107 vzorcev), vsebnost nitrata 2,7 mg l⁻¹ in vsebnost celotnega fosforja 0,043 mg l⁻¹.

Pri analizi senzitivnosti za pretok so se pri obeh porečjih (Reka, Dragonja) kot pomembni parametri za senzitivnost modela SWAT izkazali parametri Alpha_Bf, Cn2, Ch_K2.

Analiza senzitivnosti suspendiranega sedimenta je pokazala, da so najbolj pomembni parametri Spcon, Spexp, Ch_N, Ch_Cov in Ch_Erod. Analiza senzitivnosti za nitrat (NO_3^-) je dala velik pomen hidrološkim parametrom, ki so povezani z površinskim in podpovršinskim odtokom, kar pomeni potrebo po previdnosti pri modeliranju. Analiza senzitivnosti za mineralni fosfor (PO_4^{3-}) je pri vseh modelih kot senzitivne določila parametre, ki vplivajo na površinski odtok (Cn2, Canmx in Usle_P). V kasnejšem procesu kalibracije so se kot občutljivi izkazali tudi drugi parametri, ki niso vključeni v orodje analize senzitivnosti. Na podlagi analiz senzitivnosti smo izbrali 11 hidroloških parametrov za ročno in 10 za avtomatsko kalibracijo, ki smo jih znotraj sprejemljivih razponov prilagajali, dokler nismo dosegli zadovoljivih rezultatov.

Za porečji Reke in Dragonje smo izvedli kalibracijo za pretok za obdobje od 1998 do 2005. Za validacijo pretoka smo za Reko (1993–1997, 2006–2008), Kožbanjšček (1992–1994, 2006–2008) in Dragonjo (1994–1996, 2006–2008) glede na dostopnost podatkov izbrali različna obdobja. Zaradi pomanjkljivih podatkov o sedimentu, nitratu, celotnem fosforju, orto-fosforju smo za Kožbanjšček (1. 7. 2008–30. 6. 2009) in Dragonjo (1994–2008) izvedli le kalibracijo. Statistični testi (E_{NS} , R^2 , RMSE, PBIAS) kažejo, da so celokupno simulirani celotni pretoki in snovi za večino modelov v kalibracijskem obdobju v sprejemljivem rangu, s tem da so nekateri precenjeni in drugi podcenjeni, kar nekatere uvršča tudi med modele z nezadovoljivo statistiko. Za validacijsko obdobje smo večinoma zabeležili slabše rezultate statističnih testov. Vzroke za slabše rezultate statističnih testov pri nekaterih modelih gre iskati v predstavitvi tal za obe območji, merilni negotovosti podatkov in podatkih o padavinah v primeru Dragonje. Iz rezultatov kalibracije in validacije lahko zaključimo, da sta modela primerna za nadaljnjo delo na območju porečja rek Reke in Dragonje, RekaBase (RB) in DragonjaBase (DB), ker sta izkazala dobro statistiko, še posebno za hidrološki del.

Za izpolnitev hipoteze smo oblikovali različne alternativne scenarije pretekle rabe kmetijskega prostora (1780, 1830, 1940, 1984, 2000), prihodnjih podnebnih sprememb (2030, 2060, 2090) in učinkov kmetijsko-okoljskih ukrepov (EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA). Glede na razpoložljivost podatkov smo za porečje Reke oblikovali 15 in za porečje Dragonje 12 scenarijev. Ocena vplivov alternativnih scenarijev na procese prenosa snovi v porečju je bila narejena v luči okoljske zakonodaje Evropske unije (EU) in Republike Slovenije (RS), ki sta za preverjanje kakovosti voda postavili mejne in priporočene vsebnosti sedimenta in hranil v površinskih vodah.

Scenariji pretekle rabe kmetijskih zemljišč (1830, 1940, 1984) so se izkazali z zelo neugodnim vplivom na kakovost voda, saj so se vsi izrazili z občutnim povečanjem količin sedimenta in hranil v vodotokih. Vzrok povišanja je v rabi zemljišč, saj je v preteklosti večino območja reke Dragonje zasedala njivska in območja Reke vinogradniška raba. Ti dve rabi sta z načinom obdelave tal, kot je oranje ali redno mulčenje in okopavanje, zelo invazivni za vrhnji horizont tal. Le terasiranje kmetijskih površin preprečuje še bolj izrazito erozijo. Erozijska se, na podlagi rezultatov modela, v večjem delu porečji Reke in Dragonje giblje okoli 1 t ha^{-1} leto, a na določenih predelih porečij se lahko ob neugodnih pogojih pričakuje večje vrednosti. Kljub velikim razlikam večina rezultatov z izjemo scenarija 1830 ni statistično značilno različnih od osnovnega modela.

Trije podnebni scenariji (2030, 2060, 2090) so pokazali zmanjšanje pretoka, sedimenta, TN in TP. Ob uresničitvi scenarijev gre pričakovati bolj drastične spremembe v porečju Reke, saj simulacija podnebnih sprememb upošteva zmanjšanje padavin za 500 mm leto⁻¹. V obeh porečjih se naj bi, ob uresničitvi podnebnih scenarijev, vsebnost sedimenta spustila pod priporočeno vsebnost 25 mg l⁻¹.

Kmetijsko okoljski scenariji (EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA) ne kažejo skoraj nikakršnih sprememb pri povprečnem letnem pretoku, a pri količini sedimenta in hranil se opazijo velike razlike med scenariji in tudi med obema porečjema. V porečju Reke sta se cilju 25 mg SS l⁻¹ najbolj približala scenarija EVP in EKO100, ki sta pokazala statistično značilne razlike. V porečju Dragonje so na znižanje suspendiranega sedimenta pod priporočeno vsebnost 25 mg SS l⁻¹ statistično značilno vplivali scenariji EVP, EKO20, EKO10 in ETA.

Rezultati scenarijev kažejo, da v porečjih Reke in Dragonje ni večjih težav z vsebnostmi nitrata in celotnega fosforja, saj sta obe manjši od predpisanih vrednosti. A rezultati razkrivajo težko pot do doseganja priporočene vrednosti za sediment za obe porečji, ki jo bo še zlasti v primeru porečja reke Reke težko doseči. Scenarij EKO100 je glede na sedaj majhen delež površin vključenih v ekološko pridelavo malo verjeten, saj bi zahteval preveliko delovno intenzivnost, ki se odrazi v višji končni ceni pridelka. Pri EVP scenariju smo uporabili 3 metre široke vegetacijske pasove, ki so se odrazili s 14 % zmanjšanjem vsebnosti sedimenta v vodotoku, a bi s širšimi pasovi lahko dosegli še večji učinek. Ob tem je za učinkovitost pomembna tudi identifikacija kritičnih mest. S tem bi lahko z majhnim deležem površin bistveno vplivali na vsebnosti snovi v vodotoku. V porečju reke Dragonje, za katero velja velika stopnja zaraščanja, se je scenarij EVP odrazil v občutnem zmanjšanju vsebnosti sedimenta pod priporočeno vrednost. Glede na trend zaraščanja kmetijskih površin se lahko uresniči scenarij ETA, po katerem bi vse travniške površine (18 %) porasel gozd. A tudi tak scenarij ni čisto verjeten, saj večji kmetovalci zaokrožujejo svoje vinograde in oljčnike ter s tem krčijo zarast. Negativen učinek erozijskih varovalnih pasov je izključitev določenega deleža kmetijskih površin iz kmetijske pridelave. Pomemben element, ki delno prispeva k povečanim vsebnostim sedimenta v reki Dragonji so tudi klifne stene in strma erodirana pobočja brez vegetacije, ki jih ob vznožju erodirajo reka ter hudourniški pritoki.

Končne ugotovitve so: (1) metode izmere ali ocene vodno-fizikalnih lastnosti tal lahko pomembno vplivajo na pravilno modeliranje prenosa sedimenta, dušika in fosforja v porečjih s flišno geološko podlago. (2) V porečjih, kjer ni stalnih klasičnih padavinskih postaj je priporočljivo uporabiti radarsko zabeležene padavine, ki jih je treba umeriti na najbližji padavinski postaji, saj lahko občutno izboljšajo delovanje modela. (3) V raziskovalnem procesu se je izkazalo, da zaradi pomanjkljivega monitoringa in omejenih podatkov o vsebnosti sedimenta, dušika in fosforja ni bilo možno izvesti validacije modela. (4) Modeliranje scenarijev pretekle kmetijske rabe zemljišč je pokazalo, da bi njihova ohranitev oz. uresničitev v današnjih podnebnih razmerah po vsej verjetnosti povzročila povečanje vsebnosti sedimenta, nitrata in celotnega fosforja in s tem vplivala na kakovost vode. (5) Modeliranje podnebnih scenarijev se je izrazilo z opaznimi razlikami v prenosu sedimenta in hranil. Njihova uresničitev bi se brez sprememb v rabi zemljišč in kmetijskih praks v porečju Reke odrazila z zmanjšanjem povprečne letne vsebnosti sedimenta, nitrata

in celotnega fosforja ter v porečju Dragonje z zmanjšanjem vsebnosti sedimenta. (6) V porečju Dragonje lahko ob uresničitvi kmetijsko okoljskih scenarijev še, posebno scenarijev EVP in ETA, pričakujemo zmanjšanje vsebnosti sedimenta pod priporočeno vsebnost in ob tem izboljšanje kakovosti voda. V porečju Reke zmanjšanje ne bi bilo dovolj veliko, da bi se vsebnost sedimenta zmanjšala pod priporočeno vsebnost. Za dosego izboljšanja kakovosti voda v obeh porečjih bi bilo treba uporabiti kombinacijo več ukrepov in tesno sodelovati z vsemi ključnimi deležniki (Agencija RS za okolje, Kmetijsko svetovalna služba, kmetovalci, lastniki zemljišč itd.).

Rezultati te raziskave so produkt enega računalniškega modela za modeliranje porečij (SWAT) in delo ter rezultat razumevanja porečij enega modelarja. Zato končnih ocen scenarijev ne smemo nikoli obravnavati kot dokončne, temveč le kot možen odziv sistema na spremembe v rabi zemljišč in podnebjem ali kot možen vpliv kmetijsko okoljskih scenarijev na površinske vode. Rezultati modela in njihova interpretacija s strani modelarja mora voditi v konstruktivno razpravo, katere cilj je doseči in ohraniti dobro kakovost voda v raziskovanih porečjih, kar je cilj Vodne direktive in ostale zakonodaje s področja voda. Ocena vpliva scenarijev je bila narejena z vednostjo o številnih negotovostih, ki spremljajo model in so bile opisane v disertaciji.

8.2 SUMMARY

Increased concentrations nutrients (nitrogen, phosphorus) and sediments in watercourses can cause reductions in biodiversity, which is becoming one of the main indicators of environmental quality. Changes in social system may in combination with geological, pedological and topological characteristics of the research areas lead to changes in land use and hence in concentrations of sediment and nutrients in watercourses. Merging the different spatial and environmental data is time consuming; therefore, the use of computer modelling tools is necessary. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was used for the modelling of water quantity and quality of surface waters. The research work was conducted in the light of the European Union directives (Water Framework Directive, Nitrate Directive and the Habitat Directive). Research has also included the effects of the EU Common Agricultural Policy (CAP) and agri-environmental measures under the Rural Development Programme (RDP) of the Republic of Slovenia in 2007–2013.

The dissertation examines the hypothesis that land use changes, climate changes and agri-environmental measures in the research areas with flysch geology (Dragonja in Slovenian Istria and Reka in Goriška Brda) have a significant impact on the quantity and quality of the surface waters. Thus, we want to contribute to the understanding of the sediment and nutrients transfer processes in the flysch catchments and to indicate catchment development guidelines to achieve or maintain good quality status of watercourses.

The river Reka catchment spreads over 30 km² and is located in the northwest part of the country. Altitude ranges between 75 m and 789 m. Very steep ridges of numerous hills, which are directed towards the southwest, characterize the area. The catchment landscape is very agricultural with higher percentages of forest (56 %) and vineyards (23 %). The

river Dragonja catchment area spreads over 100 km² and is located in the far southwestern part of the country. This is a coastal catchment, with an altitude range between 0 and 487 m. The hills ridges are designed as a plateau with flat tops and steep, even overhanging edges of slopes. The landscape is largely overgrown with forest (63 %) and grassland (18 %). Steep slopes of both catchments allow cultivation only on the terraces.

The soils in the research areas are classified as brown euthric on Eocene flysch. Flysch consists of alternating layers of sandstone and claystone, and in part of limestone. Most soils have silt loam to clay texture, resulting in greater runoff and erosion risks. In the river Reka catchment, we have carried out water quality measurements independently at Neblo, with 365 daily measurements of suspended sediment, total phosphorus, nitrate, and with 19 measurements of ortho-phosphorus in one year. The annual average concentration of suspended solids in the research period was 32.6 mg l⁻¹, nitrate concentration was 2.7 mg l⁻¹ and total phosphorus concentration was 0.109 mg l⁻¹. For the river Dragonja catchment, the Environmental Agency has provided us data sets from the hydrological station Podkaštel for the suspended sediment, total nitrogen, nitrate, total phosphorus and ortho-phosphorus for the period from 1989 to 2008. Average annual suspended solids concentration was 29.1 mg l⁻¹ (107 samples), nitrate concentration was 2.7 mg l⁻¹ and total phosphorus concentration was 0.043 mg l⁻¹.

The sensitivity analysis of the river flow of both catchments (Reka, Dragonja) has demonstrated as important the SWAT model sensitivity parameters Alpha_Bf, Cn2, Ch_K2. The suspended sediment sensitivity analysis has demonstrated as the most important parameters Spcon, Spexp, Ch_N, Ch_Cov and Ch_Erod. Nitrate (NO₃⁻) sensitivity analysis demonstrated great importance of the hydrological parameters that are associated with surface and subsurface runoff, thus the need for caution in the modelling. The mineral phosphorus (PO₄³⁻) sensitivity analysis for all models has set as sensitive parameters those that affect surface runoff (Cn2, Canmx and Usle_P). The subsequent process of calibration has proved as sensitive also other parameters that are not included in the sensitivity analysis tool. Based on the sensitivity analysis we have selected 11 hydrologic parameters for manual and 10 for automatic calibration, which were adapted within acceptable ranges until we achieved satisfactory results.

The flow calibration for the Reka and Dragonja river catchments was performed for the period from 1998 to 2005. According to the availability of data we have selected different periods for the flow validation of the Reka (1993–1997, 2006–2008), Kožbanjšček (1992–1994, 2006–2008) and Dragonja (1994–1996, 2006–2008). Due to the lack of data, on sediment, nitrate, total phosphorus and ortho-phosphorus, we have performed only the calibration for Kožbanjšček (1.7.2008–30.6.2009) and Dragonja (1994–2008). Statistical tests (E_{NS}, R², RMSE, PBIAS) for most of the models in the calibration period demonstrated that overall simulated total flows and pollutants are within reasonable ranges and that some were overestimated and others underestimated, thus they rank among the models with unsatisfactory statistics. In the validation period, statistical tests have mainly recorded lower results. The reasons for the poor statistical tests results of certain models lies in the presentation of the soils in both areas, measurement uncertainty and rainfall data in the case of Dragonja. The calibration and validation results concluded that models, suitable for further work in the area of the rivers Reka and Dragonja catchments, are

RekaBase (RB) and DragonjaBase (DB), because they demonstrate good statistics, especially for their hydrological part.

To meet the hypothesis we have developed various alternative scenarios of past agricultural land use (1780, 1830, 1940, 1984, 2000), future climate changes (2030, 2060, 2090) and effects of agri-environmental measures (EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA). Given the availability of data, we have created 15 scenarios for Reka and 12 scenarios for Dragonja catchments. Assessment of impacts of alternative scenarios on the pollutants transfer processes in the catchments was made in the light of environmental legislation of the European Union (EU) and the Republic of Slovenia (RS), which they set limits and recommended levels of pollutants in surface waters to control water quality.

Scenarios of past agricultural land use (1830, 1940, 1984) have demonstrated very adverse effects on the water quality, as all showed a significant increase in the quantity of pollutants in watercourses. The cause for the increase is the land use, since in the past most of the Dragonja area has been occupied by arable land in the Reka area by vineyards. These two uses are due to tillage methods, such as ploughing or regular mulch and hoeing, very invasive for the top soil horizon. The only agricultural land terracing prevents erosion that is more pronounced. Based on the results of the model is erosion of sediment in majority of the Reka and Dragonja catchments at around $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}$, but in certain parts of the catchments' higher levels may be expected due to unfavourable conditions. Despite major differences, most results with the exception of scenario 1830 are not statistically significantly different from the base model.

Three climate scenarios (2030, 2060, 2090) demonstrated a reduction of flow, sediment, TN and TP. With the realization of these scenarios, we may expect changes that are more drastic for the Reka catchment, where a climate simulation assumes 500 mm year^{-1} reduction in precipitation. With the realisation of climate scenarios could sediment concentration dropped below the recommended level of 25 mg l^{-1} in both catchments.

Agri-environmental scenarios (EVP, EKO20, EKO100, S35, S50, STV35, ETA) have demonstrated almost no changes in the average annual flow, however large differences between scenarios and between the two catchments were observed for sediment and nutrients quantities. In the Reka catchment, the scenarios EVP and EKO100 have showed a statistically significant difference and are closest to the target of 25 mg SS l^{-1} . In the Dragonja catchment, are the scenarios EVP, EKO20, EKO10 and ETA statistically significantly influenced by the reduction of suspended sediment below the recommended level of 25 mg SS l^{-1} .

The results of the scenarios demonstrate that in the Reka and Dragonja catchments major problems with the concentrations of nitrate and total phosphorus are excluded, as both are lower than the limit values. Nevertheless, the results reveal the difficult path to achieve the recommended value for sediment in both catchments, which will be, especially in the case of the river Reka catchment, difficult to achieve. The EKO100 scenario is considering the low proportion of land involved in organic production almost impracticable, since it would require too much labour-intensive work, which results in a higher final price of the crop. In the EVP scenario, we used 3 meters wide vegetation bands that have reflected in a 14 %

reduction of sediment in the watercourse, but with broader bands, an even greater impact could be achieved. For the effectiveness of the bands, the identification of critical points is important. A small proportion of the area can have a significant impact on the pollutants' levels in the watercourses. In the river Dragonja catchment, which is subject to a high degree of afforestation, the scenario EVP reflected in the significant concentration reduction below the recommended value. Following the trend of afforestation of agricultural land, the ETA scenario could become practicable, under which all grassland (18 %) would be overgrown by forest. However, such a scenario is also not quite viable, since larger farmers round up their vineyards and olive groves and reduce overgrowth. The negative effect of erosion buffer zones is an exclusion of a certain percentage of agricultural land from agricultural production. An important element, which partially contributes to increased sediment loads in the river Dragonja are cliffs and steep eroded slopes without vegetation, which are eroded at the foothills by the river and torrential tributaries.

The conclusions are: (1) methods of measurement or evaluation of water-physical properties of soils may significantly affect the proper modelling of sediment, nitrogen and phosphorus in the catchments with flysch geology. (2) In catchments without permanent classical precipitation stations to use of radar precipitation data is recommended, which needs to be calibrated to the nearest precipitation station, as it may importantly improve the performance of the model. (3) Research process demonstrated that because of the lack of monitoring and limited data on sediment, nitrogen and phosphorus concentrations validation of the model was not possible. (4) Modelling of past agricultural land use scenarios demonstrated that their preservation or realisation in the current climate situation is likely to lead to increased levels of sediment, nitrate and total phosphorus and thus affect water quality. (5) Modelling of climate scenarios resulted with significant differences in the sediment and nutrients transfer. Their realisation without changes in land use and agricultural practices within the Reka catchment would reflect with reduced average annual concentration of sediment, nitrate and total phosphorus and in the Dragonja catchment with reduced concentrations of sediment. (6) With the realisation of agri-environmental scenarios for the Dragonja catchment, particularly the EVP and ETA, we could expect reduction of the sediment concentration below the recommended level and consequently water quality improvements. In the Reka catchment, reductions are not sufficient to reduce the sediment concentration below the recommended level. To achieve improvements in water quality in the two research catchments the use of a combination of several measures and a close cooperation with all key stakeholders (Environment Agency over the Republic of Slovenia, Agricultural Advisory Service, farmers, landowners etc.) would be necessary.

The results of this research are the product of one computer model for catchment modelling (SWAT) and the work and the result of understanding of one catchment modeller. Therefore, the final scenario evaluation should never be regarded as definite, but only as a possible system response to changes in land use and climate or as possible agri-environmental scenarios impacts on surface waters. Model results and their interpretation by the modeller must lead to constructive discussion, which aims to achieve and maintain good water quality in research catchments, which is the objective of the Water Framework Directive and other legislation relating to water. Impact assessment of the scenarios was

made with knowledge of the many uncertainties that accompany the model and were described in the dissertation.

9 VIRI

- Abaci O., Papanicolaou T.A.N. 2009. Long-term effects of management practices on water-driven soil erosion in an intense agricultural sub-watershed: monitoring and modelling. *Hydrological Processes*, 23, 19: 2705–2845
- Allan I.J., Vrana B., Greenwood R., Mills, G.A., Roig B., Gonzalez. C. 2006. A “toolbox” for biological and chemical monitoring requirements for the European Union’s Water Framework Directive. *Talanta*, 69: 302–322
- Anderson S.H., Udawatta R.P., Seobi T., Garrett H.E. 2009. Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforestry Systems*, 75: 5–16
- Akcijski načrt razvoja ekološkega kmetijstva v Sloveniji do leta 2015. 2005. Ljubljana. Republika Slovenija, Vlada Republike Slovenije: 73 str.
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/ssk/Akcijski_nacrt-ANEK.pdf ali
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/DIR_kmet/ANEK_slo.pdf (23. jan. 2009)
- Arabi M., Govindaraju R.S., Hantush M.M., Engel B.A. 2006. Role of the watershed subdivision on modeling the effectiveness of best management practices with SWAT. *Journal of the American Water Resources Association*, 42, 2: 513–528
- Arnaev J., Larrea V., Ortigosa L. 2004. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain, *Catena* 57, 1:1–14
- Arnold J.G., Allen P.M., Muttiah R., Bernhardt G. 1995. Automated Base Flow Separation and Recession Analysis Techniques. *Ground Water*, 33, 6: 1010–1018
- Arnold J.G., Srinivasan R.S., Muttiah R.S., Williams J.R. 1998. Large area hydrological modelling and assessment Part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34, 1: 73–89
- ASTM D7263 – 09 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens. 2009. Philadelphia, American Society of Testing and Materials: 7 str.
- ASTM D6836 – 02(2008)e2 Standard Test Methods for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using a Hanging Column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, and/or Centrifuge. 2008. Philadelphia, American Society of Testing and Materials: 20 str.
- ASTM D5084 – 03 Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter. 2003. Philadelphia, American Society of Testing and Materials: 23 str.
- Atlas okolja. 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/> (15. apr. 2010)
- Ažman Momirski L., Kladnik D., Komac B., Petek F., Repolusk P., Zorn M. 2008. Terasirana pokrajina Goriških Brd (Terracing landscape of Goriška Brda). Ljubljana, Geographical Institute of Anton Melik ZRC SAZU: 197 str.

- Baker J.L., Johnson H.P. 1977. Impact of subsurface drainage on water quality. V: Proceedings of ASAE 3rd National Drainage Symposium, ASAE, St. Joseph: 91 str.
- Becerra E.H. 1995. Monitoring and evaluation of watershed management project achievements. FAO Conservation Guide. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations: 117 str.
- Bergant K. 2000. Zveze med klimatskimi spremenljivkami v makro in lokalni skali: magistrsko delo = Relationships between climate variables in macro and local scale. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 121 str.
- Bergant K. 2003. Projekcije simulacij globalne klime na lokalni nivo in njihova uporaba v agrometeorologiji: doktorska disertacija = Projections of global climate simulations to local level and their use in agrometeorology. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 170 str.
- Bergant K. 2004. Scenariji podnebnih sprememb za Slovenijo. V: Spremembe podnebja in kmetijstva v Sloveniji. Sušnik, A. (ur.). Ljubljana, Agencija RS za okolje: 16–19
- Bergant K., Kajfež Bogataj L. 2004. Nekatere metode za pripravo regionalnih scenarijev podnebnih sprememb = Empirical downscaling method as a tool for development of regional climate change scenarios. Acta agriculturae Slovenica. 83, 2: 273–287
- Bergant K. 2007. Projekcije podnebnih sprememb za Slovenijo = Projections of climate change for Slovenia str. 83–86. V: Podnebne spremembe. Maja, J. (ur.). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Studia Forestalia Slovenica, 130: 67–86
- Berger T.W., Inselsbacher E., Mutsch F., Pfeffer M. 2009. Nutrient cycling and soil leaching in eighteen pure and mixed stands of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*). Forest Ecology and Management, 258: 2578–2592
- Bini C., Gemignani S., Zilocchi L. 2006. Effect of different land use on soil erosion in the pre-alpine fringe (North-East Italy): Ion budget and sediment yield. Science of the Total Environment, 369: 433–440
- Binkley D., Ice G.G., Kaye J., Williams, C.A. 2004. Nitrogen and phosphorus concentrations in forest streams of the United States. Journal of the American Water Resource Association, 40: 1277–1292
- Binkley D., Son Y., Valentine D.W. 2000. Forests receive occult inputs of nitrogen? Ecosystems, 3: 321–331
- Bizjak A. 2003. Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, razvit z analizo stanja na reki Dragonji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 212 str.
- Bosch D. D., Sheridan J. M., Batten H. L., Arnold J. G. 2004. Evaluation of the SWAT model on a coastal plain agricultural watershed. Transactions of ASAE 47, 5: 1493–1506

- Bockstaller C., Guichard L., Makowski D., Aveline A., Girardin P., Plantureux S., 2009. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems – A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28: 139–149
- Bonnell J.E., Koontz, T.M. 2007. Stumbling Forward: The Organizational Challenges of Building and Sustaining Collaborative Watershed Management. *Society and Natural Resources*, 20: 153–167
- Borah D.K., Bera M. 2003. Watershed-scale hydrologic and nonpoint-source pollution models: Review of mathematical bases. *Transaction of the ASAE*, 46, 6: 1553–1566
- Borja A. 2005. The European water framework directive: A challenge for nearshore, coastal and continental shelf research. *Continental Shelf Research*, 25: 1768–1783
- Bormann H., Breuer L., Graff T., Huisman J.A. 2007. Analysing the effects of soil properties changes associated with land use changes on the simulated water balance: A comparison of three hydrological catchment models for scenario analysis. *Ecological modelling*, 209: 29–40
- Bouraoui F., Galbiati L., Bidoglio G. 2002. Climate change impacts on nutrient loads in the Yorkshire Ouse catchment (UK). *Hydrology and Earth System Sciences*, 6, 2: 197–209
- Bouraoui F., Grizzetti B. 2008. An integrated modelling framework to estimate the fate of nutrients: Application to the Loire (France). *Ecological Modelling*, 212: 450–459
- Bowatte, S., Tillman R., Carran A., Gillingham A. 2006. Can phosphorus fertilisers alone increase levels of soil nitrogen in New Zealand hill country pastures? *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 75: 57–66
- Bracmort, K.S., Arabi M., Frankenberger J.R., Engel B.A., Arnold J.G. 2006. Modelling long-term water quality impact of structural BMPs. *Agricultural Society of Agricultural and Biological Engineers*, 49, 2: 367–374
- Brake P.F. 1998. Biochemical oxygen demand (BOD₅) and carbonaceous BOD (CBOD₅) in water and wastewater. Washington State Department of Ecology: 29 str.
- Brilly M. 1980. Modeliranje prenosa tujih snovi v podzemni vodi – I. Faza. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FAGG, Laboratorij za mehaniko tekočin: 7 str.
- Brilly M., Globevnik L. 2003. Sustainable water resources management in the Dragonja catchment, Slovenia. V: *Water resources systems-hydrological risk, management and development: proceedings of an international symposium, the XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics*. Blöschl G., Franks S., Kumagai M., Musiak K., Rosbjerg D. (eds.). Sapporo, Japan. IAHS publication, no. 281: 334–340. http://iahs.info/redbooks/a281/iahs_281_334.pdf (15. dec. 2010)
- Bryant R.B., Gburek W.J., Veith T.L., Hively W.D. 2006. Perspectives on the potential for hydrogeology to improve watershed modeling of phosphorus loss. *Geoderma*, 131: 299–307

- Buda A.R., Kleinman P.J.A., Srinivasan M.S., Bryant R.B., Feyereisen G.W. 2009. Effects of Hydrology and Field Management on Phosphorus Transport in Surface Runoff. *Journal of Environmental Quality*, 38: 2273–2284
- Butzer K. 1976. *Geomorphology from the Earth*. New York, Harper and Row: 463 str.
- Campbell K.L., Edwards D.R. 2000. Phosphorus and water quality impacts. V: *Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology*. Ritter W. F., Shirmohammadi A. (eds.). Boca Raton, Lewis Publishers: 91–109
- Campbell N., D'Arcy B., Frost A., Novotny V., Sansom A. 2004. *Diffuse pollution: An introduction to the problems and solutions*. London, IWA Publishing: 322 str.
- Chaplot V., Saleh A., Jayns D.B. 2005. Effect of the accuracy of spatial rainfall information on the modeling of water, sediment, and NO₃-N loads at the watershed level. *Journal of Hydrology*, 312: 223–234
- Chaubey I., Chiang L., Gitau M.W., Sayeed M. 2010. Effectiveness of BMPs in improving water quality in a pasture dominated watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*. 65, 6: 424–437
- Chen E., Mackay S.D. 2004. Effects of distribution-based parameter aggregation on a spatially distributed agricultural nonpoint source pollution model. *Journal of Hydrology*, 295: 211–224
- Cho J., Vellidis G., Bosch D.D., Lowrance R., Strickland T. 2010. Water quality effects of simulated conservation practice scenarios in the Little River Experimental watershed. *Journal of Soil and Water Conservation*, 65, 6:463–473
- Clark D., April P.E., Gu Z., Neethling P.E. 2005. Achieving extremely low effluent phosphorus in wastewater treatment. *Waterscapes*, 16, 3: 2 str.
<http://www.docstoc.com/docs/26136095/Achieving-Extremely-Low-Effluent-Phosphorus-in-Wastewater-Treatment> (15. oktober 2008)
- Cooper C.M., Lipe W.M. 1992. Water quality and agriculture: Mississippi experience. *Journal of Soil and Water Conservation*, 4, 3: 220–223
- CORINE 2000. 2009. Corine land cover 2000 (CLC2000) seamless vector database. European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-clc2000-seamless-vector-database> (14. apr. 2009)
- Cotter, A. S., I. Chaubey, T. A. Costello, T. S. Soerens, and M. A. Nelson. 2003. Water quality model output uncertainty as affected by spatial resolution of input data. *Journal of American Water Resources Association*, 39, 4: 977–986
- Cots-Folch R., Martinez-Casanovas J.A., Ramos M.C. 2009. Agricultural trajectories in a mediterranean mountain region (Priorat, NE Spain) as a consequence of vineyard conversion plans. *Land Degradation and Development*, 20: 1–13
- ChrisMartenson.com. 2009. Peak climate change.
<http://www.chrismartenson.com/forum/peak-climate-change/32509> (26. sept. 2010)

- Cubasch U., Meehl G.A., Boer G.J., Stouffer R.J., Dix M., Noda A., Senior C.A., Raper S.C.B., Yap K.S. 2001. Projections of Future Climate Change. V: Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., Van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (eds.). Cambridge, New York, Cambridge University Press: 525–582
- Čarman M., Mikoš M., Pintar M. 2007. Različni vidiki erozije tal v Sloveniji. V: Strategija varovanja tal v Sloveniji: Zbornik referatov. Knapič M. (ur.). Pedološko društvo Slovenije: 39–50
- De Groot W.T., Lenders H.J.R. 2006. Emergent principles for river management. *Hydrobiologia*, 565: 309–316
- Demšar M. 2005. Analiza radarskih meritev v letu 2004 in njihovo izboljšanje s pluviometričnim popravkom. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko: 76 str.
- Digitalna pedološka karta Slovenije. 2010. Center za pedologijo in varstvo okolja, Biotehniška fakulteta.
- Di Luzio M., Arnold J.G., Srinivasan R. 2004. Integration of SSURGO maps and soil parameters within a geographic information system and nonpoint source pollutant model system. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59, 4: 123–133
- Di Luzio M., Arnold J. G., Srinivasan R. 2005. Effect of GIS data quality on small watershed streamflow and sediment simulations. *Hydrological Processes*, 19, 3: 629–650
- Dillaha T.A., Reneau R.B., Mostaghimi S., Lee D. 1989. Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. *Transactions of the ASAE*, 32, 2: 513–519
- Dils R.M., Heathwaite A.L. 1999. Phosphorus transport from diffuse agricultural source: shallow subsurface pathways in grassland soils. V: Impact of land-use change on nutrient loads from diffuse sources. Heathwaite, L. (ur.). Wallingford, International Association of Hydrological Sciences (IAHS): 271 str.
- Duan, Q.D., Gupta V.K., Sorooshian S. 1992. Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. *Water Resources Research*, 28, 4: 1015–1031
- Duan, Q. 2003. Global Optimization for Watershed Model Calibration. V: Calibration of watershed models. Duan Q., Gupta H. V., Sorooshian S., Rousseau A. N., Turcotte R. (eds.), Washington, AGU: 89–104
- Dunjo G., Pardini G., Gispert M. 2003. Land use change effects on abandoned terraced soils in a Mediterranean catchment, NE Spain. *Catena*, 52: 23–37
- Dymond R., Lohani V., Kibler D., Bosch D., Rubin E.J., Dietz R., Chanat, J., Speir, C., Shaffer, C.A., Ramakrishnan N., Watson L.T. 2003. From landscapes to watersheds: A PSE for landuse change analysis. *Engineering with Computers*, 19: 9–25

- EEA. 1999. Nutrients in European ecosystems: Environmental assessment report No. 4. Copenhagen, European Environment Agency: 155 str.
<http://www.eea.europa.eu/publications/ENVIASSRP04> (15. mar. 2010)
- Eckhardt K., Breuer L., Frede H.G. 2003. Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects. *Journal of Hydrology*, 273: 164–176
- Eler K., Batič F. 2004. Natura 2000 in kmetijstvo. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2004 Tanjšek A. (ur.). Čatež ob Savi, Slovensko agronomsko društvo: 347 str.
- Elser J.J., Bracken M.E.S., Cleland E.E., Gruner D.S., Harpole W.S., Hillebrand H., Ngai J.T., Seabloom E.W., Shurin J.B., Smith J.E. 2007. Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 10: 1135–1142
- Everard M. 2004. Investing in sustainable catchments. *Science of the Total Environment*, 324: 1–24
- Fausey N.R., Brown L.C., Belcher L.C., Kanwar R. S. 1995. Drainage and water quality in Great Lakes and cornbelt states. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 115: 283–288
- Ficklin D.L., Luo Y., Luedeling E., Zhang M. 2009. Climate change sensitivity assessment of a highly agricultural watershed using SWAT. *Journal of Hydrology* 374: 16–29
- FitzHugh T.W., Mackay D.S. 2000. Impacts of input parameter spatial aggregation on an agricultural nonpoint pollution model. *Journal of Hydrology*, 236: 35–53
- Flathead basin program, quality assurance project plane (QAPP). 2005. Montana Department of Environmental Quality, Land and Water Quality Consulting/PBS&J: 38 str.
http://deq.mt.gov/wqinfo/QAProgram/Flathead%20Basin/Flathead%20QAPP%20main%20text_signature.pdf (23. jan. 2009)
- Frame J. 1992. Improved grassland management. Wharfedale, Farming Press Books: 351 str.
- Frede H-G., Bach M., Fohrer N., Breuer L. 2002. Interdisciplinary modeling and the significance of soil functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165: 460–467
- Freeman R.E., Ray R.O. 2001. Landscape ecology practice by small scale river conservation groups. *Landscape and Urban Planning*, 56: 171–184
- Gabrovec M., Kladnik D., Orožen Adamič M., Pavšek M., Perko D., Topole M., 1998. Pokrajine v Sloveniji. V: Slovenija pokrajine in ljudje. Perko D., Orožen Adamič M.(ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 753 str.
- Gale T., Pintar M., Mikoš M. 1999. Vpliv spiranja nitratov s hmeljišč na kvaliteto podtalnice. V: Mišičev vodarski dan: 25–31
- García-Ruiz J.N., Regues D., Alvera B., Lana-Renault N., Serrano-Muela P., Nadal-Romero E., Navas A., Latron J., Marti-Bono C., Arnaez J. 2008. Flood generation

- and sediment transport in experimental catchments affected by land use changes in the central Pyrenees. *Journal of Hydrology*, 356: 245–260
- Garen D.C., Moore D.S. 2005. Curve number hydrology in water quality modeling: uses, abuses, and future directions. *Journal of the American Water Resources Association*, 41, 6: 1491–1492
- Gassman P.W., Reyes M.R., Green C.H., Arnold J.G. 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research direction. *Transactions of the ASABE*, 50, 4: 1211–1250
- Geološka karta in hidrogeološka karta. 2008. Geološki zavod Slovenije.
- Gerits J.J.P., De Lima J.L.M.P., Van den Broek T.M.W. 1990. Overland flow and erosion. V: *Process studies in hillslope hydrology*. Anderson M.G., Burt T.P. (eds.). John Wiley and Sons Ltd.: 173–214
- Germ Jogan, M. 1997. Makrofiti in kemizem vode v nekaterih slovenskih vodah. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 85 str.
- Geza M., McCray J.E. 2008. Effects of soil data resolution on SWAT model stream flow and water quality predictions. *Journal of Environmental Management*, 88, 3: 393–406
- Glavan M., Pintar M. 2010. Impact of point and diffuse pollution sources on nitrate and ammonium ion concentrations in the karst-influenced Temenica river. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19, 5A: 1005–1014
- Glavan M., White S., Holman I. P. 2011. Evaluation of river water quality simulations at a daily time step – Experience with SWAT in the Axe Catchment, UK. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 39,1: 43–54
- Gleick P. H. 1996. Water resources. V: *Encyclopedia of Climate and Weather*. Vol. 2. Schneider S. H. (eds.). New York, Oxford University Press: 817–823
- Globevnik L., Sovinc A. 1998. Impact of catchment land use change on river flows: The Dragonja River, Slovenia. V: *Hydrology in a Changing Environment, Volume I*. Wheeler H., Kirby C. (eds.). Chichester, John Wiley & Sons Ltd.: 525–534
- Globevnik L. 2001. Celosten pristop k urejanju voda v porečjih. Doktorska disertacija. Ljubljana Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 167 str.
- Gorjan P. 2003. Vpliv obdelave tal in spremembe gojitvene oblike na rodnost vinske trte sorte 'Rebula' (*Vitis vinifera* L. Cv. 'Rebula'). Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo: 65 str.
- Gotovnik B. 2007. Vpliv izbranih kmetijsko-okoljskih plačil na kulturno krajino. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 72 str.
- Grant R., Laubel A., Kronvang B., Andersen H.E., Svendsen L.M., Fuglsang A. 1996. Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. *Water Resources*, 30: 2633–2642

- Green C.H., van Griensven A. 2008. Autocalibration in hydrologic modelling: Using SWAT2005 in small-scale watersheds. *Environmental Modelling & Software*, 23: 422–434
- Gundersen P., Schmidt I.K., Raulund-Rasmussen K. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests – effects of air pollution and forest management. *Environmental Reviews*, 14, 1: 1–57
- GURS – digitalni model višin (25m×25m). 2010. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije (izpis iz baze podatkov).
- Hahn C.T., Barfield B.J., Hayes J.C. 1994. Design hydrology and sedimentology for small catchments. San Diego, USA, Academic Press Inc.: 588 str.
- Harmel R.D., Potter S., Ellis P., Reckhow K., Green C.H., Haney R.L. 2006. Compilation of measured nutrient load data for agricultural land uses in the US. *Journal of American Water Resources Association*, 42: 1163–1178
- Hatch L.K., Mallawatantri A., Wheeler D., Gleason A., Mulla D., Perry J., Easter K.W., Smith R., Gerlach L., Brezonik P. 2001. Land management at the major watershed-agroecoregion intersection. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56, 1: 44–51
- Haycock N.E., Burt T.P. 1993. The sensitivity of rivers to nitrate leaching: the effectiveness of near-stream land as a nutrient retention zone. V: *Landscape Sensitivity*. Thomas D. S. G., Allison R. J. (eds.). Chichester, John Wiley and Sons Ltd.: 261–272
- Hejzlar J., Anthony S., Arheimer B., Behrendt H., Bouraoui F., Grizzetti B., Groenendijk P., Jeuken M., Johnsson H., Lo Porto A., Kronvang B., Panagopoulos Y., Siderius C., Silgram M., Venohrd M., Žaloudíka J., 2009. Nitrogen and phosphorus retention in surface waters: an inter-comparison of predictions by catchment models of different complexity, *Journal of Environmental Monitoring*, 11: 584–593
- Henriksen H. J., Trolborg L., Nyegaard P., Sonnenborg O. T., Refsgaard J. C., Madsen B. 2003. Methodology for construction, calibration and validation of a national hydrological model for Denmark. *Journal of Hydrology*, 280: 52–71
- Hess T.M. 2000. AWSET – calculation of reference evapotranspiration from automatic weather stations. Cranfield University, School of applied sciences, Natural resources department.
<http://www.cranfield.ac.uk/sas/naturalresources/research/projects/awset.html> (15. dec. 2009)
- Hensler R.F., Olsen R.J., Witzel S.A., Attioe O.J., Paulson W.H., Johannes R.F. 1970. Effects of methods of manure handling on crop yields nutrient recovery and runoff losses, *Transaction of the ASAE*, 13, 6: 726–731
- Herzog F. 2005. Agri-environment schemes as landscape experiments: preface. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 108: 175–177

- Heuvelmans G., Muys B., Feyen J. 2004. Evaluation of hydrological model parameter transferability for simulating the impact of land use on catchment hydrology. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29: 739–747
- Hidrološki podatki. 2009. Dnevni nizi podatkov za pretok. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (10. okt. 2009)
- Hook P.B. 2003. Sediment retention inrangeland riparian buffers. *Journal of Environmental Quality*, 32: 1130–1137
- Hrvatini M., Perko D., Petek F. 2006. Land use in selected erosion-risk areas of tertiary low hills in Slovenia. *Acta geographica Slovenica*, 46, 1: 57–91
- Huang S., Hesse C., Krysanova V., Hattermann F. 2009. From meso- to macro-scale dynamic water quality modelling for the assessment of land use change scenarios. *Ecological Modelling*, 220: 2543–2558
- Huisman J.A., Breuer L., Frede H.-G. 2004. Sensitivity of simulated hydrological fluxes towards changes in soil properties in response to land use change. *Physics and Chemistry of the Earth*, 29: 749–758
- ISSF – Indonesian Climate Student Forum. 2009. Climate change and international security. <http://icsf.wordpress.com/2009/09/18/climate-change-and-international-security/> (20. sept. 2010)
- Ileva N.Y., Shibata H., Satoh F., Sasa K., Ueda H. 2009. Relationship between the riverine nitrate-nitrogen concentration and the land use in the Teshio River watershed, North Japan. *Sustainability Science*, 4, 2: 189–198
- IPCC Climate change 2001: The scientific basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Cambridge, New York, Cambridge University Press: 752 str.
- IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data.html (17. feb. 2010)
- Jha M., Gassman P.W., Secchi S., Gu R., Arnold J. 2004. Effects of watershed subdivision on SWAT flow, sediment, and nutrient predictions. *Journal of the American Water Resources Association*, 40, 3: 811–825
- Jiang X., Huang C.-H., Ruan F. 2008. Impacts of Land Cover Changes on Runoff and Sediment in the Cedar Creek Watershed, St. Joseph River, Indiana, United States. *Journal of Mountain Science*, 5: 113–121
- Johnes P.J. 2007. Uncertainties in annual riverine phosphorus load estimation: Impact of load estimation methodology, sampling frequency, baseflow index and catchment population density. *Journal of Hydrology*, 332: 241–258
- Jolankai G., Panuska J., Rast W. 1999. Modelling of nonpoint source pollutant loads. V: Assessment and control of nonpoint source pollution of aquatic ecosystems: a practical approach. Thornton J.A., Rast W., Holland M. M., Jolankai G., Ryding S.O. (eds.). Paris, UNESCO and the Parthenon Publishing Group: 466 str.

- Kajfež Bogataj L. 2004. Živeti s klimatskimi spremembami. V: Pol stoletja slovenskega meteorološkega društva. Cegnar T., Hočevar A., Rakovec J., Roškar J., Petkovšek Z. (ur.). Ljubljana, Slovensko meteorološko društvo: 150–154
- Kajfež Bogataj L. 2005. Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 1: 25–40
- Kakovost voda. 2009. Dnevni nizi podatkov o sedimentu, dušiku in fosforju. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (25. maj 2009)
- Kalin L., Hantush M. H. 2006. Hydrologic modeling of an eastern Pennsylvania watershed with NEXRAD and rain gauge data. *Journal of Hydrologic Engineering*, 11, 6: 555 - 569
- Kannan N. 2003. A robust methodology to predict diffuse source pollution in the aquatic environment : A case study for the Colworth catchment, Bedfordshire. Ph. D. Thesis. Cranfield University. Institute of Water and Environment: 300 str.
- Keesstra S.D. 2007. Impact of natural reforestation on floodplain sedimentation in the Dragonja basin, SW Slovenia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 49–65
- Keesstra S.D., van Dam O., Verstraeten G., van Huissteden J. 2009. Changing sediment dynamics due to natural reforestation in the Dragonja catchment, SW Slovenia. *CATENA*, 78,1: 60–71
- Grafični podatki RABA za celo Slovenijo. 2009. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
- Khan F.A, Ansari A.A, 2005. Eutrophication: An Ecological Vision. *The Botanical Review*, 71, 4: 449–482
- Kisić I., Bašić F., Butorac A., Mesić M., Nestroy O., Sabolić M. 2005. Erozijska tla vodom pri različitim načinima obrade (Water Soil Erosion under Different Land Use). Zagreb, Agronomski fakultet: 95 str.
- Kleijn D., Sutherland W.J. 2003. How Effective Are European Agri-Environment Schemes in Conserving and Promoting Biodiversity? *Journal of Applied Ecology*, 40, 6: 947–969
- Klocking B., Haberlandt U. 2002. Impact of land use changes on water dynamics—a case study in temperate meso and macroscale river basins. *Physics and Chemistry of the Earth*, 27: 619–629
- Klute A., Dirksen C. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. V: *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods* (2nd ed.). Klute, A. (ur.). American Society of Agronomy: 687–700
- Kmetijsko okoljski ukrepi v občini Goriška Brda. 2008. Agencija za kmetijske trge in razvoj podeželja.
- Knutti R., Allen M. R., Friedlingstein P., Gregory J. M.; Hegerl G. C.; Meehl G. A., Meinshausen M., Murphy J. M., Plattner G.-K., Raper S. C. B., Stocker T. F., Stott P. A., Teng H., Wigley T. M. L. 2008. A review of uncertainties in global

- temperature projections over the twenty-first century. *Journal of Climate*, 21, 11: 2651–2663
- Kreitler C.W. 1979. Nitrogen-isotope ratio studies of soils and groundwater nitrate from alluvial fan aquifers in Texas. *Journal of Hydrology*, 42, 1–2: 147–170
- Kobler A. 2001. Sprejemljivost zaraščanja kot funkcija kakovosti kulturne krajine: prostorski model. Magisterska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 187 str.
- Komac B., Zorn M. 2007. Probability modelling of landslide hazard. *Acta geographica Slovenica*, 47, 2: 139–169
- Komac B., Zorn M. 2007a. Meritve in modeliranje erozije v Sloveniji. V: Strategija varovanja tal v Sloveniji. Knapič M. (ur.). Zbornik referatov. Pedološko društvo Slovenije: 440 str.
- Koruza B. 2000. Možnosti trajnega zatavljanja vinogradov v razmerah submediteranske klime. *SAD*, 11, 7–8: 11–16
- Kosta H. 1998. Vinogradniški nasveti. Ljubljana, Kmečki glas: 149 str.
- Košmelj K. 2001. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 249 str.
- Kronvang B., Borgvang S. A., Barkved L. J. 2009a. Towards European harmonised procedures for quantification of nutrient losses from diffuse sources – the EUROHARP project. *Journal of Environmental Monitoring*, 11, 3, 503–505
- Kronvang B., Behrendt H., Andersen H., Arheimer B., Barr A., Borgvang S., Bouraoui F., Granlund K., Grizzetti B., Groenendijk P., Schwaiger E., Hejzlar J., Hoffman L., Johnsson H., Panagopoulos Y., Lo Porto A., Reisser H., Schoumans O., Anthony S., Silgram M., Venohr M. and Larsen S. 2009b. Ensemble modelling of nutrient loads and nutrient load partitioning in 17 European catchments. *Journal of Environmental Monitoring*, 2009, 11: 572–583
- Krysanova V., Arnold J.G. 2008. Advances in ecohydrological modelling with SWAT—a review. *Hydrological Sciences—Journal des Sciences Hydrologiques*, 53, 5: 939–947
- Kummu M., Sarkkula J., Koponen J., Nikula J. 2006. Ecosystem Management of the Tonle Sap Lake: An Integrated Modelling Approach. *Water Resources Development*, 22, 3: 497–519
- Lamande M., Hallaire V., Curmi P., Peres G., Cluzeau D. 2003. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. *Catena*, 54: 637–649
- Lenhart T., Fohrer N., Frede H-G. 2003. Effects of land use changes on the nutrient balance in mesoscale catchments. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28: 1301–1309
- Leskošek M. 1993. Gnojila in gnojenje. Ljubljana, ČZP Kmečki glas, 2. popravljena izdaja: 200 str.
- Linsley R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. 1998. *Hydrology for Engineers*. London, Hill Book Company: 492 str.

- Lisec A., Prosen A. 2008. Celosten pristop k upravljanju zemljišč na podeželju – zemljiški menedžment; Holistic approach to rural land management. *Geodetski vestnik*, 52, 4: 578–772
- Lisec A., Pintar M. 2005. Conservation of natural ecosystems by land consolidation in the rural landscape. *Acta agriculturae Slovenica*, 85, 1: 73–82
- Lobnik F., Hudnik V., Leskošek M., Vidic N.J. 1995. Možni izvori onesnaženja tal in podtalnice na intenzivnih kmetijskih območjih (CRP ZEMLJA). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja: 185 str.
- Logan T.J. 1982. Mechanisms for release of sediment-bound phosphate to water and the effects of agricultural land management on fluvial transport of particulate and dissolved phosphate. *Hydrobiologia*, 92: 519–530
- Lohse K.A., Newburn D.A., Opperman J.J., Merenlender A.M. 2008. Forecasting relative impacts of land use on anadromous fish habitat to guide conservation planning. *Ecological Applications*, 18, 2: 467–482
- Lorenz C.M., Gilbert, A.J. 2001. Indicators for Transboundary River Management, *Environmental Management*, 28, 1: 115–129
- Mander U., Kull A., Kuusemets V. 2000. Nutrient flows and land use change in a rural catchment: a modelling approach, *Landscape Ecology*, 15: 187–199
- Mandrone G. 2006. Engineering geological mapping of heterogeneous rock masses in the Northern Apennines: an example from the Parma Valley (Italy). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 65: 245–252
- Martinez M.L., Perez-Maqueo O., Vazquez G., Castillo-Campos G., Franco J.G., Mehlreter K., Equihua M., Landgrave R. 2009. Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 258 : 1856–1863
- Mcdowell R.W., Sharpley A.N., Folmar G., 2001. Phosphorus export from an agricultural watershed: Linking source and transport mechanisms. *Journal of Environmental Quality*, 30: 1587–1595
- McKay M.D., Beckman R.J., Conover W.J. 1979. A comparison of three methods for selecting values of input variables in the Analysis of output from a computer code. *Technometrics*, 21, 2: 239–245
- Meehl G. A., Washington W. M., Collins W. D., Arblaster J. M., Hu A., Buja L. E., Strand W. G., Teng H. 2005. How much more global warming and sea level rise? *Science*, 307: 1769–1772
- Melillo J.M., Cowling E.B. 2002. Reactive Nitrogen and Public Policies for Environmental Protection. *Ambio*, 31, 2: 150–158
- Merlak Antonić, D. 1979. Dušikov krog v sladkovodnem modelu. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 44 str.

- Meteorološki podatki. 2009. Dnevni nizi meteoroloških podatkov. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje (izpis iz baze podatkov).
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (20. okt. 2009)
- Michaels P.J., Knappenberer, P.C., Frauenfeld O.W., Davies, R.E. 2002. Revised 21st century temperature projections. *Climate Research*, 23: 1–9
- Migliaccio K. W., Chaubey I., Haggard B. E. 2007. Evaluation of landscape and instream modelling to predict watershed nutrient yield. *Environmental Modelling and Software*, 22: 987–999
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2009. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 184 str. (v tisku, za izvod kontaktirajte avtorje)
- Mikoš M., Brilly M., Fazarinc M., Ribičič M. 2006. Strug landslide in W Slovenia: A complex multi-process phenomenon. *Engineering Geology*, 83: 22–35.
- Miller S. N., Kepner W. G., Mehaffey M. H., Hernandez M., Miller, R. C., Goodrich D. C., Devonald K. K., Heggem D. T., Miller W. P. 2002. Integrating landscape assessment and hydrologic modeling for land cover change analysis. *Journal of American Water Resources Association*, 38, 4: 915–929
- Moon J., Srinivasan R., Jacobs J. H. 2004. Stream flow estimation using spatially distributed rainfall in the Trinity River basin, Texas. *Trans. ASAE*, 47, 5: 1445–1451
- Moriassi D.N., Arnold J.G., Van Liew M.W., Bingner R.L., Harmel R.D., Veith T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50, 3: 885–900
- Morris M.D. 1991. Factorial sampling plans for preliminary computational experiments. *Technometrics*, 33, 2: 161–174
- Mostaghimi S., Brannan K. M., Dillaha T. A., Bruggeman A. C. 2000. Best management practices for nonpoint source pollution control: selection and assessment. V: *Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology*. Ritter W. F., Shirmohammadi A. (ur.). Boca Raton, Lewis Publishers: 342 str.
- Mueller E.N., Francke T., Batalla R.J., Bronstert A. 2009. Modelling the effects of land-use change on runoff and sediment yield for a meso-scale catchment in the Southern Pyrenees. *Catena*, 79: 288–296
- Muhweezi A.B., Sikoyo G.M., Chemonges M. 2007. Introducing a Transboundary Ecosystem Management Approach in the Mount Elgon Region. *Mountain Research and Development*, 27, 3: 215–219
- Muscutt A.D., Harris G.L., Bailey S.W., Davies D.B 1993. Buffer zones to improve water quality: a review of their potential use in UK agriculture. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 45: 59–77
- Nacionalni program varstva okolja (NPVO) za obdobje 2005–2008. 2004. Ministrstvo za okolja, prostor in energijo: 127 str.
http://www.npvo.si/osnutek/celoten_dokument.pdf (4. feb. 2010)

- Nartnik M. 2004. Modeliranje podtalnice Ljubljanskega polja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo: 121 str.
- Nash J., Sutcliffe J. 1970. River flow forecasting through conceptual models: I. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10: 374–387
- Navodila za uveljavljanje ukrepov kmetijske politike za leto 2010. 2010. Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja.
http://www.arsktrp.gov.si/si/obrazci_in_navodila/obrazci_2010/zbirna_vloga_2010/ (1. jun. 2010)
- Neal C., Heatwaite A.L. 2005. Nutrient mobility within river basins: a European perspective. *Journal of Hydrology*, 304: 477–490
- Neal C., Jarvie H.P., Neal M., Love A.J., Hill L., Wickham H. 2005. Water quality of treated sewage effluent in a rural area of the upper Thames Basin, southern England, and the impacts of such effluents on riverine phosphorus concentrations. *Journal of Hydrology*, 304, 1–4: 103–117
- Nearing M.A., Norton L.D., Zhang X. 2000. Soil Erosion and Sedimentation. V: Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology. Ritter W. F., Shirmohammadi A. (eds.). Boca Raton, Lewis Publishers: 29–58
- Neely R.K., Baker, J.L. 1989. Nitrogen and phosphorus dynamics and the fate of agricultural runoff. V: Northern Prairie Wetlands. Van der Valk, A. (eds.). Ames, Iowa State University Press: 92–131
- Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R. 2005. Soil and water assessment tool theoretical documentation – Version 2005. Temple, Texas Agricultural Experiment Station, Blackland Research Center, Agricultural Research Service, Grassland, Soil and Water Research Laboratory: 528 str.
- Nel J.L., Roux D.J., Maree G., Kleynhans C.J., Moolman J., Reyers B., Rouget M., Cowling R.M. 2007. Rivers in peril inside and outside protected areas: a systematic approach to conservation assessment of river ecosystems. *Diversity and Distributions*, 13: 341–352
- Nunes J.P., Seixas J., Pacheco N.R. 2007. Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. *Hydrological Processes*, 22, 16: 3115–3134.
- Ohranjanje narave. 2010a. Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://www.arso.gov.si/narava/> (29. jul. 2010)
- Ouyang W., Hao F., Skidmore A.K., Toxopeus A.G. 2010. Soil erosion and sediment yield and their relationships with vegetation cover in upper stream of the Yellow River. *Science of The Total Environment*, 409, 2: 396–403
- Pavlovec R. 1969. Istrske numulitine s posebnim ozirom na filogenezo in paleoekologijo. *Razprave SAZU*, IV raz., 12: 153–206
- Pedološka karta Hrvaške. 2008. Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet, University of Zagreb.

- Pedosphere. 2009. Global Soil Science Educators & Knowledge Managers
<http://www.pedosphere.com/> (21. jul. 2010)
- Parajuli P.B., Mankin K.R., Barnes P.L. 2008. Applicability of targeting vegetative filter strips to abate fecal bacteria and sediment yield using SWAT. *Agricultural Water Management*, 95: 1189–1200.
- Persson G. 2001. Phosphorus in Tributaries to Lake Mälaren, Sweden: Analytical Fractions, Anthropogenic Contribution and Bioavailability. *Ambio*, 30, 8: 486–495
- Peršolja J. 2008. Napoved izpiranja herbicidov v tleh Dravskega in Ptujkega polja z modelom PELMO : magistrsko delo = Prediction of herbicide leaching in the soils of Dravsko and Ptujsko polje with the PELMO model : Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 118 str.
- Petan S. 2005. Modeliranje podtalnice Ljubljanskega polja. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo: 77 str.
- Petan S. 2010. Meritve in modeliranje erozivnosti padavin kot parametra erozije tal. Doktorsko disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo: 205 str.
- Petek F. 2007. Spreminjanje rabe tal v severnih Goriških brdi. *Razprave, Geografski vestnik* 79, 1: 9–23
- Petkovšek G. 2000. Process based soil erosion modelling. *Acta hydrotechnica*, 18, 28: 41–60
- Petkovšek G. 2002. Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na porečju Dragonje. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 205 str.
- Petkovšek G., Mikoš M. 2003. Erozijski procesi v eksperimentalnem porečju Dragonje, JZ Slovenija. *Acta hydrotechnica*, 21, 34: 37–56
- Petticrew E. L. 2006. The physical and biological influence of spawning fish on fine sediment transport and storage. V: *Soil erosion and sediment redistribution in river catchments: measurements, modelling and management*, 1st edition. Owens P.N., Collins A.J. (eds.). CABI Publishing: 352 str.
- Pinay G., Clement J.C., Naiman R.J. 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes on Nitrogen Cycling in Fluvial Systems. *Environmental Management*, 30, 4: 481–491
- Pintar M. 1996. Vpliv kmetijske dejavnosti na koncentracije nitratov in atrazina v vodah Apaškega polja. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 106 str.
- Pintar M., Udovč A., Čerňič Istenič M., Glavan M., Potočnik Slavič I. 2010. Goriška Brda (Slovenia) – sustainable natural resource management for the prosperity of a rural area. V: *Innovations in european rural landscapes*. Wiggering H., Ende H.P., Knierim A., Pintar M. (eds). Berlin, Springer-Verlag: 37–52

- Pisinaras V., Petalas C., Gikas G.D., Gemitzi A., Tsihrintzis V.A. 2010. Hydrological and water quality modeling in a medium-sized basin using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). *Desalination*, 250: 274–286
- Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot. *Ur.l. RS št. 111/04, 70/06*
- Pravilnik o pitni vodi. *Ur.l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09*
- Primdahl J., Peco B., Schramek J., Andersen E., Onate J.J. 2003. Environmental effects of agri-environmental schemes in Western Europe. *Journal of Environmental Management*, 67: 129–138
- Primožič M., Kobald M., Brilly M. 2008. The implementation of the HBV model on the Sava River Basin. XXIVth Conference of the Danubian Countries, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 4, 1: 10 str.
<http://iopscience.iop.org/1755-1315/4/1/012004> (2. feb. 2010)
- Program razvoja podeželja za Republiko Slovenijo 2007 – 2013, 3. sprememba. 2009. Ljubljana, Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 20 str.
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/PRP/dec09/PRP_2007-2013.pdf (10. apr. 2010)
- Purkey D.R., Huber-Lee A., Yates D.N., Hanemann M., Herrod-Julius S. 2007. Integrating a climate change assessment tool into stakeholder-driven water management decision-making processes in California. *Water Resources Management*, 21: 315–329
- Rabalais N.N. 2002. Nitrogen in Aquatic Ecosystems. *Ambio*, 31, 2: 102–112
- Ramos M.C., Martinez-Casasnovas J.A. 2006. Nutrient losses by runoff in vineyards of the Mediterranean Alt Penede's region (NE Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113: 356–363
- Ramos M.C., Martinez-Casasnovas J.A. 2008. Impacts of annual precipitation extremes on soil and nutrient losses in vineyards of NE Spain. *Hydrological Processes*, 23, 2: 224–235
- Randhir T.O. Hawes A.G. 2009. Watershed land use and aquatic ecosystem response: Ecohydrologic approach to conservation policy. *Journal of Hydrology*, 364: 182–199
- Rejec Brancelj I. 2001. Kmetijsko obremenjevanje okolja v Sloveniji. Ljubljana, Inštitut za geografijo: 104 str.
- Ritter W.F. 2000. Agricultural drainage and water quality. V: *Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology*. Ritter W. F., Shirmohammadi A. (eds.). Boca Raton, Lewis Publishers: 59–90
- Ritter W.F., Shirmohammadi A. 2000. *Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology*. Boca Raton, Lewis Publishers: 342 str.

- Robinson, C.A., Ghaffarzadeh, M., Cruse, R.M. 1996. Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland runoff. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 3: 227–230
- Rose S.C., Harris G.L., Armstrong A.C., Williams J., Howse K.R., Tranter N. 1991. The leaching of agrochemicals under different agricultural land uses and its effect on water quality. V: *Sediment and stream water quality in a changing environment: trends and explanation*. IAHS Publ. No. 203. Peters N.E., Walling D.E. (eds.). Wallingford, IAHS Press: 249–257
- Rusjan D. 2002. Vpliv interakcije nadmorske višine in nagiba terena na rast in rodnost vinske trte *Vitis vinifera* L. Cv. 'Merlot' v vinorodnem okolju Goriška brda. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani*, 79, 1: 261–270
- Rusjan S., Mikoš M. 2006. Dinamika premeščanja lebdečih plavin v porečjih – Suspended load transport dynamics in river basins. *Acta hydrotechnica*, 24, 40: 1–20
- Rusjan S. 2008. Hidrološke kontrole sproščanja hranil v porečjih : doktorska disertacija = Hydrological controls of nutrient mobilization in watersheds. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 206 str.
http://www.dlib.si/documents/visokosolska_dela/visokosolska_dela/pdf/URN_NBN_SI_Doc-KQ51WATK.Pdf (20. jan. 2009)
- Rusjan S., Brilly M., Mikos M. 2008. Flushing of nitrate from a forested watershed: An insight into hydrological nitrate mobilization mechanisms through seasonal high-frequency stream nitrate dynamics. *Journal of Hydrology*, 354: 187–202
- Sahu M., Gu R.R. 2009. Modeling the effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality. *Ecological Engineering*, 35: 1167–1177
- Salih A.A. 2004 Performance Evaluation of the AerofacR Wastewater Treatment Process at Errol, Scotland. University of Leeds, School of Civil Engineering: 93 str.
- Santhi C., Arnold J.G., Williams J.R., Dugas W.A., Srinivasan R., Hauck L.M. 2001. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources. *Journal of American Water Resources Association*, 37,5: 1169–1188
- Sardans J., Penuelas J. 2004. Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. *Plant and Soil*, 267: 367–377
- Saunders D.L., Kalff J. 2001. Nitrogen retention in wetlands, lakes and rivers. *Hydrobiologia*, 443: 205–212
- Saxton K.E., Rawls W.J., Romberger J.S., Papendick R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50, 4: 1031–1036
- Schilling K.E., Wolter C.F. 2009. Modeling Nitrate-Nitrogen Load Reduction Strategies for the Des Moines River, Iowa Using SWAT. *Environmental Management*, 44: 671–682
- Schoumans O.F., Silgram M., Walvoort D.J.J., Groenendijk P., Bouraoui F., Andersen H. E., Lo Porto A., Reisser H., Le Gall G., Anthony S., Arheimer B., Johnsson H.,

- Panagopoulos Y., Mimikou M., Zweynert U., Behrendt H., Barr A. 2009. Description of nine nutrient loss models: capabilities and suitability based on their characteristics. *Journal of Environmental Monitoring*, 11: 506–514
- Schultz L., Folke C., Olsson P. 2007. Enhancing ecosystem management through social-ecological inventories: lessons from Kristianstads Vattenrike, Sweden. *Environmental Conservation*, 34, 2: 140–152
- Sgouras I.D., Tsadilas C.D., Barbayiannis N., Danalatos N. 2007. Physicochemical and Mineralogical Properties of Red Mediterranean Soils from Greece, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 695–711
- Sheridan J.M., Lowrance R.R., Bosch D.D. 1999. Management effects on runoff and sediment transport in Riparian forest buffers. *Transactions of the ASAE*, 42, 1: 55–64
- Shields F.D., Langendoen E.J., Doyle M.W. 2006. Adapting existing models to examine effects of agricultural conservation programs on stream habitat quality. *Journal of the American Water Resources Association*, 42, 1: 25–33
- Shirmohammadi A., Knisel W.G. 1994. Evaluation of the GLEAMS model for pesticide leaching in Sweden. *Journal of Environmental Science and Health*, 29, 6: 1167–1182
- Shirmohammadi A., Montas H. J., Bergstrom L., Knisel W.G. 2000. V: Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology. Ritter, W.F., Shirmohammadi, A. (eds). Boca Raton, Lewis Publishers: 342 str.
- Shoemaker L.L., Megette W.L., Shirmohammadi A. 1990. Modeling management practice effects on pesticide movement to groundwater. *Ground Water Monitoring & Remediation*, 10, 1: 109–115
- Silgram M., Anthony S., Collins A., Strömqvist J., Bouraoui F., Schoumans O., Lo Porto A., Groenendijk P., Arheimer B., Mimikou M., and Johnsson H., 2009. Evaluation of diffuse pollution model applications in EUROHARP catchments with limited data, *Journal of Environmental Monitoring*, 11: 554–571
- SWAT. 2007. SWAT calibration techniques.
http://www.brc.tamus.edu/swat/publications/swat-calibration-techniques_slides.pdf (31. mar. 2007)
- Škvarč A. 2000. Gnojenje vinske trte. V: Znanje kot ključni dejavnik razvoja kmetijstva – Povzetek predavanj. Srebrnič M. (ur.). Nova Gorica, Kmetijsko veterinarski zavod Nova Gorica: 83 str.
- Škvarč A. 2001. Integrirana pridelava grozdja in vin – IVG. V: Znanje kot ključni dejavnik razvoja kmetijstva – Povzetek predavanj. Škvarč A., Carlevaris B. (ur.). Nova Gorica, Kmetijsko veterinarski zavod Nova Gorica: 105 str.
- Škvarč A., Kodrič I. 2006. Narava in regulacija: urejanje vinogradov in sadovnjakov na terasah. *Urbani izzivi*, 17, 1–2: 78–85
- Škorič A. 1986. Postanak, razvoj i sistematika tla. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti: 172 str.

- Šraj M. 2003. Modeliranje in merjenje prestrežnih padavin. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo: 236 str.
- Srivastava P., Migliaccio K.W., Šimunek J. 2007. Landscape models for simulating water quality at point, field, and watershed scales. *Transactions of the ASABE*, 50, 5: 1683–1693
- Stoate C., Baldi A., Beja P., Boatman N.D., Herzon I., van Doorn A., de Snoo G.R., Rakosy L., Ramwell C. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management*, 91, 1: 22–46
- Stritar A. 1990. Krajina in krajinski sistemi: Raba in varstvo tal v Sloveniji. Ljubljana, partozanska knjiga: 173 str.
- Svetovna banka. 2006. Sustainable land management: Challenges, opportunities, and trade-offs. Washington, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank: 87 str.
- Terhorst B., Damm B. 2009. Slope stability and slope formation in the flysch zone of the Vienna Forest (Austria). *Journal of Geological Research*, 2009: 1–10.
<http://dx.doi.org/10.1155/2009/589037> (20. dec. 2009).
- Tobin K.J., Bennett M.E. 2009. using SWAT to model streamflow in two river basins with ground and satellite precipitation data. *Journal of the American Water Resources Association*, 45, 1: 253–271
- Tunis G., Pirini Radrizzani, C.P. 1987. Flyschoid deposits of Goriška brda (Collio) between Soča (Isonzo) River and Idrija (Iudrio) River – facies and paleoenvironments. *Geologija*, 30: 123–148
- Twichell, S., Sheldon, S., Deegan, L., Garritt, R. 2002. Nutrient input freshwater inputs from sewage effluent discharge alter benthic algal and infaunal communities in a tidal salt marsh creek. *Biology Bulletin*, 203: 256–258
- Ulen B.M., Kalisky T. 2005. Water erosion and phosphorus problems in an agricultural catchment: lessons from implementation of the EU water framework directive. *Environmental Science & Policy*, 8: 485–492
- Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib. *Ur.l. RS št. 46/2002*
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). *Ur.l. RS št. 49/04*
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). *Ur.l. RS št. 110/04*
- Uredba o stanju površinskih voda. *Ur.l. RS št. 14/2009*
- USGS policy on collection and use of total suspended solids data. 2003. United States Geological Survey. <http://water.usgs.gov/admin/memo/SW/TSS.0103.htm> (29. mar. 2007)
- Vagstad N., French H., Andersen H., Behrendt H., Grizzetti B., Groenendijk P., Lo Porto A., Reisser H., Siderius C., Stromquist J., Hejzlar J., J. Deelstra J. 2009. Comparative study of model prediction of diffuse nutrient losses in response to

- changes in agricultural practices. *Journal of Environmental Monitoring*, 2009, 11: 594–601
- van der Perk M., Owens P.N., Deeks L.K., Rawlins B.G., Haygarth P.M., Beven K.J. 2007. Controls on Catchment-Scale Patterns of Phosphorus in Soil, Streambed Sediment, and Stream Water. *Journal of Environmental Quality*, 36: 694–708
- van Griensven A., Meixner T., Grunwald S., Bishop T., Di Luzio M., Srinivasan R., 2006. A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. *Journal of Hydrology*, 324: 10–23
- van Verseveld W.J., McDonnell J.J., Lajtha K. 2008. A mechanistic assessment of nutrient flushing at the catchment scale. *Journal of Hydrology*, 358: 268–287
- Veith T.L., Sharpley A.N., Weld J.L., Giburek W.J. 2005. Comparison of measured and simulated phosphorus losses with indexed site vulnerability. *Transactions of the ASAE*, 48, 2: 557–565
- Vižintin G. 1999 Uporaba GIS-a pri modeliranju toka podtalnice. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo: 120 str.
- von Stackelberg N.O., Chescheir G.M., Skaggs R.W., Amatya D.M. 2007. Simulation of the hydrologic effects of afforestation in the Tacuarembó river basin, Uruguay. *Transactions of the ASABE*, 50, 2: 455–468
- Volk M., Liersch S., Schmidt G. 2009. Towards the implementation of the European Water Framework Directive? Lessons learned from water quality simulations in an agricultural watershed. *Land Use Policy*, 26: 580–588
- Vovk Korže A. 2007. Vloga prsti v ekosistemu. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Dela 28: 107–119 http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/Publikacije/Dela/files/Dela_28/08_vovk.pdf (2. feb. 2010)
- Vršič S., Lešnik M. 2001. Vinogradništvo. Ljubljana, Kmečki glas: 368 str.
- Wagner W., Gawel J., Furumai H., Pereira De Souza P., Teixeira D., Rios L., Ohgaki S., Zehnder A.J.B., Hemond H.F. 2002. Sustainable watershed management: An international multi-watershed case study. *Ambio*, 31, 1: 2–13
- Ward M.H., de Kok T.M., Levallois P., Brender J., Gulis G., Nolan B.T., Van Derslice J. 2005. Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs. *Environmental Health Perspectives*, 113, 11: 1607–1614
- Wells E.R., Krothe N.C. 1989. Seasonal fluctuation in $\delta^{15}\text{N}$ of groundwater nitrate in a mantled karst aquifer due to macropore transport of fertilizer-derived nitrate. *Journal of Hydrology*, 112, 1–2: 191–201
- Whitehead J. 2006. Integrated catchment scale model of a lowland eutrophic lake and river system: Norfolk, UK. Ph.D. Thesis. Cranfield University: 303 str.
- Wilby R.L., Orr H.G., Hedger M., Forrow D., Blackmore M. 2006. Risks posed by climate change to the delivery of Water Framework Directive objectives in the UK. *Environment International*, 32: 1043–1055

- Winchell M., Srinivasan R., Di Luzio M., Arnold J. 2007. ArcSWAT interface for SWAT 2005 – Users's guide. Temple, Texas agricultural experiment station, Blackland research center: 431 str.
- Winter, T.C., Harvey J.W., Franke O.L., Alley W.M. 1998. Groundwater and surface water: a single resource. Circular 1139. Denver, USGS.
<http://pubs.usgs.gov/circ/circ1139/> (1. jan. 2010)
- Woodward J.C. 1995. Patterns of erosion and suspended sediment yield in Mediterranean river basins. V: Sediment and water quality in river catchment. Foster I.D.L., Gurnell A.M., Webb B.W. (eds.). John Wiley and Sons Ltd.: 365–389
- Wolfe M.L. 2000. Hydrology. V: Agricultural nonpoint source pollution: watershed management and hydrology. Ritter W.F., Shirmohammadi A. Boca Raton, Lewis Publishers: 342 str.
- Wolfe A.H., Patz J.A. 2002. Reactive Nitrogen and Human Health: Acute and Long-term Implications. *Ambio*, 31, 2: 120–125
- Woolhiser D.A., Brakensiek D.L. 1982. Hydrologic system synthesis. V: Hydrologic modeling of small watershed, ASAE Nomograph number 5. Haan C.T., Johnson H.P., Brakensiek D.K. (eds.). Michigan, American society of agriculture engineers: 3–18
- Xu Z.X., Zhao F.F., Li J.Y. 2009. Response of streamflow to climate change in the headwater catchment of the Yellow River basin. *Quaternary International*, 208: 62–75
- Yang Q., Meng F.R., Zhao Z., Chow T.L., Benoy G., Rees H.W., Bourque C. P.A. 2009. Assessing the impacts of flow diversion terraces on stream water and sediment yields at a watershed level using SWAT model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 132: 23–31
- Yates A.G., Bailey R.C., Schwind J.A. 2007. Effectiveness of best management practices in improving stream ecosystem quality. *Hydrobiologia*, 583: 331–344
- Yuan Y., Bingner R.L., Locke M.A. 2009. A Review of effectiveness of vegetative buffers on sediment trapping in agricultural areas. *Ecohydrology*, 2: 321–336
- Zahn M.T., Grimm W.D. 1993. Nitrate and chloride loadings as anthropogenic indicators. *Water, Air and Soil Pollution*, 68, 3–4: 469–483
- Zakon o ohranjanju narave. *Ur.l. RS št. 96/2004*.
- Zedler J.B. 2003. Wetlands at Your Service: Reducing Impacts of Agriculture at the Watershed Scale, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 2: 65–72
- Zorn M. 2007a. Recentni geomorfni procesi na rečno-denudacijskem reliefu na primeru porečja Dragonje. Doktorsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 463 str.
- Zorn M. 2007b. Are we aware of the speed of erosion processes – An example from slovene istria. *Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Dela* 28: 183–194
http://www.ff.uni-lj.si/oddelki/geo/publikacije/dela/files/Dela_28/13_zorn.pdf (1. feb. 2010)

- Zorn M., Komac B. 2007. Probability modelling of landslide hazard = Probabilistično modeliranje plazovitosti. *Acta geographica Slovenica*, 47, 2: 139–169
<http://giam.zrc-sazu.si/zbornik/01-Ags47-2-139-169-Zorn-Komac.pdf> (23. jan. 2009)
- Zorn M. 2008. Erozijski procesi v slovenski Istri. *Geografija Slovenije* 18. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 423 str.
- Zorn M., Petan S. 2008. Interrill soil erosion on flysch soil under different types of land use in Slovenian Istria. V: XXIVth Conference of the Danubian Countries, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 4: 9 str.
http://iopscience.iop.org/1755-1315/4/1/012045/pdf/1755-1315_4_1_012045.pdf (2. feb. 2010)
- ZRSVN (2010) Območje Nature 2000. Ljubljana, Zavod Republike Slovenije za varstvo narave. http://www.zrsvn.si/life/sl/informacija.asp?id_meta_type=52 (15. avg. 2010)
- Zupanc V. 2003. Določevanje potreb po namakanju v Vipavski dolini za breskve in nektarine ob spremenjeni vodni bilanci tal. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 121 str.
- Zupančič N., Pirc S. 1999. Calcium distribution in soils and stream sediments in Istria (Croatia) and the Slovenian littoral. *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 205–218

ZAHVALA

Za strokovno podporo, pomoč in konstruktiven odnos med nastajanjem doktorske disertacije se zahvaljujem svoji mentorici, izr. prof. dr. Marini Pintar iz Katedre za agrometeorologijo, urejanje kmetijskega prostora ter ekonomiko in razvoj podeželja. Še posebno sem ji hvaležen, ker me je prepoznala kot primerne kandidata za mladega raziskovalca in mi omogočila vstop v svet znanstveno-raziskovalne dejavnosti.

Svojo globoko hvaležnost za pomoč pri izdelavi magistrske naloge (2006–2007) na univerzi Cranfield v Veliki Britaniji, ki je služila kot priprava na doktorsko disertacijo se zahvaljujem prof. dr. Sue White in dr. Ianu Holmanu. Dr. Sue White me je vodila skozi raziskovalno delo in opogumljala v trenutkih preizkušenj, zato sem ji iz srca hvaležen.

Za podporo pri raziskovalnem delu se zahvaljujem prof. dr. Francu Batiču.

Za pregled doktorske disertacije in koristne pripombe se zahvaljujem tudi članoma komisije prof. dr. Francu Lobniku in prof. dr. Franciju Steinmanu.

Za podporo in pomoč pri terenskem in laboratorijskem delu se zahvaljujem dr. Tomažu Kralju, Petru Korparju, Vesni Miličič, dr. Vesni Zupanc, Andreju Ceglarju, Boštjanu Nagliču, dr. Saši Petanu, dr. Jožetu Hladniku, dr. Klemnu Elerju in družini Kocijančič iz Nebla.

Posebna zahvala gre Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, ki je financirala podiplomsko raziskovalno usposabljanje mladega raziskovalca. Zahvaljujem se tudi evropskemu programu izmenjave študentov ERASMUS, ki mi je omogočil opravljanje magistrskega študija v Veliki Britaniji.

Za pomoč pri zagotavljanju podatkov in analizi vzorcev se zahvaljujem tudi Agenciji Republike Slovenije za okolje, še posebno mag. Jožetu Uhanu in dr. Janji Turšič, ki sta v disertaciji prepoznala javno korist. Za pomoč se zahvaljujem tudi Centru za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete, Katedri za krajinsko gozdarstvo in prostorsko informatiko Biotehniške fakultete (dr. Janez Pirnat), Zavodu za pedologijo Fakultete za agronomijo na Univerzi v Zagrebu (dr. Stjepan Husnjak), Oddelku za kakovost podatkov in arhiv Agencije RS za okolje (Miha Demšar), Ministrstvu za kmetijstvo, prehrano in gozdarstvo, Geološkemu zavodu Slovenije, Geodetski upravi Republike Slovenije, Zavodu za gozdove – enota Tolmin (Edo Kozorog), Kmetijsko gozdarski zbornici Slovenije – Zavod Nova Gorica (Jana Bolčič, Beti Bonin, Mojca Mavrič Štrukelj), Archivio di stato di Trieste, Geografskemu inštitutu AM ZRC SAZU (dr. Franci Petek).

Zahvaljujem se svojim staršema Marici in Karlu, ki sta mi omogočila začeti študijsko poto in svojemu dobremu prijatelju Matjažu Koželju, ki mi je stal ob strani s svojimi nasveti.

Hvala moji ženi Metki, ki je razumela strokovni pomen doktorske disertacije za mojo nadaljnjo raziskovalno in poklicno pot ter me pri doseganju cilja ves čas podpirala.

PRILOGE

PRILOGA A

Podatki o skupni letni količini padavin (mm)

Priloga A1: Podatki o skupni letni količini padavin (mm) za padavinske postaje uporabljene v SWAT modelu za porečji Reke in Dragonje
Appendix A1: Total annual precipitation data (mm) for the rainfall stations used in the SWAT model for the Reka and Dragonja catchments

		Padavine (mm)					Vir: ARSO		Vir: FGG	
Leto	Bilje	Vedrijan	Brdice	Portorož	Dekani	Movraž			Labor	
1993	1558	1884	1630	783	849	1169				-
1994	1328	1365	1250	801	803	1225				-
1995	1764	2152	1960	1129	1287	1610				-
1996	1871	1809	1729	1127	1039	1372				-
1997	1501	1131	1342	842	890	1190				-
1998	1604	1833	1861	891	959	1048				-
1999	1072	1301	1368	794	800	1081				-
2000	1647	1649	1887	1103	1038	1345				-
2001	1211	1519	1588	979	871	1132				-
2002	1365	1455	1624	1204	1027	1343				-
2003	986	1076	1377	790	675	994				-
2004	1426	1558	1677	898	1003	1231				-
2005	1207	1367	1369	910	836	1114				-
2006	904	950	1022	887	1044	1189				-
2007	964	1129	-	753	1097	1109				930
2008	1601	1801	-	984	1254	1363				1016
Povprečje	1375	1499	1549	930	967	1220				973

ARSO – Agencija RS za okolje, FGG – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

PRILOGA B

Pregled podatkov za modeliranje

Priloga B1: Podatki potrebi za zagon hidrološkega modela SWAT
Appendix B1: Data necessary to run the hydrological model SWAT

		Potrebni podatki	Vir	Pridobljeno
				DA/ NE
Vremenski podatki		Dnevne padavine	ARSO	DA
		Dnevna temperatura (max., min.)	ARSO	DA
		Hitrost vetra	ARSO	DA
		Relativna zračna vlaga	ARSO	DA
		Sončno obsevanje	ARSO	DA
Načini obdelave tal		Kmetijska statistika	MKGP, ARSKTRP	DA
		Časovni termini obdelave	teren	DA
		Gnojenje (mineralna, organska)	teren	DA
		Kolobarji	teren	DA
Črpališča		Podzemne vode	ARSO	DA
		Površinske vode	ARSO	DA
Izpusti		Izpusti iz čistilnih naprav, kmetije	ARSO	DA/NE
		Industrijski izpusti	ARSO	NE
		Ribogojnice	ARSO	jih ni
Potrebne digitalne karte	Tla	DEM	GURS	DA
		Omrežje vodotokov	GURS, SWAT	DA
		Raba zemljišč	GERK, GURS	DA
		Prostorska razporeditev	CPVO - BF	DA
		Tipi tal	CPVO - BF	DA
		Lastnosti	CPVO - BF	DA
	Meje	Porečje	Določen iz DEM	DA
Kalibracija in Validacija		Kakovost vode (nitrati, fosfor, sedimenti)	ARSO	Reka –NE Dragonja -DA
		Dnevni pretok (srednji, min., max.)	ARSO	DA

PRILOGA C

Karta tal

Priloga C1: Nova karta tal za porečje reke Reke

Appendix C1: The new soil map for the river Reka catchment

Legenda

 Povodje Reke

Nova karta tal povodja Reke

ZPP_P_R, št. profila

 15312, 7

 15313, 8

 15322, 6

 68211, 9

 81111, 3

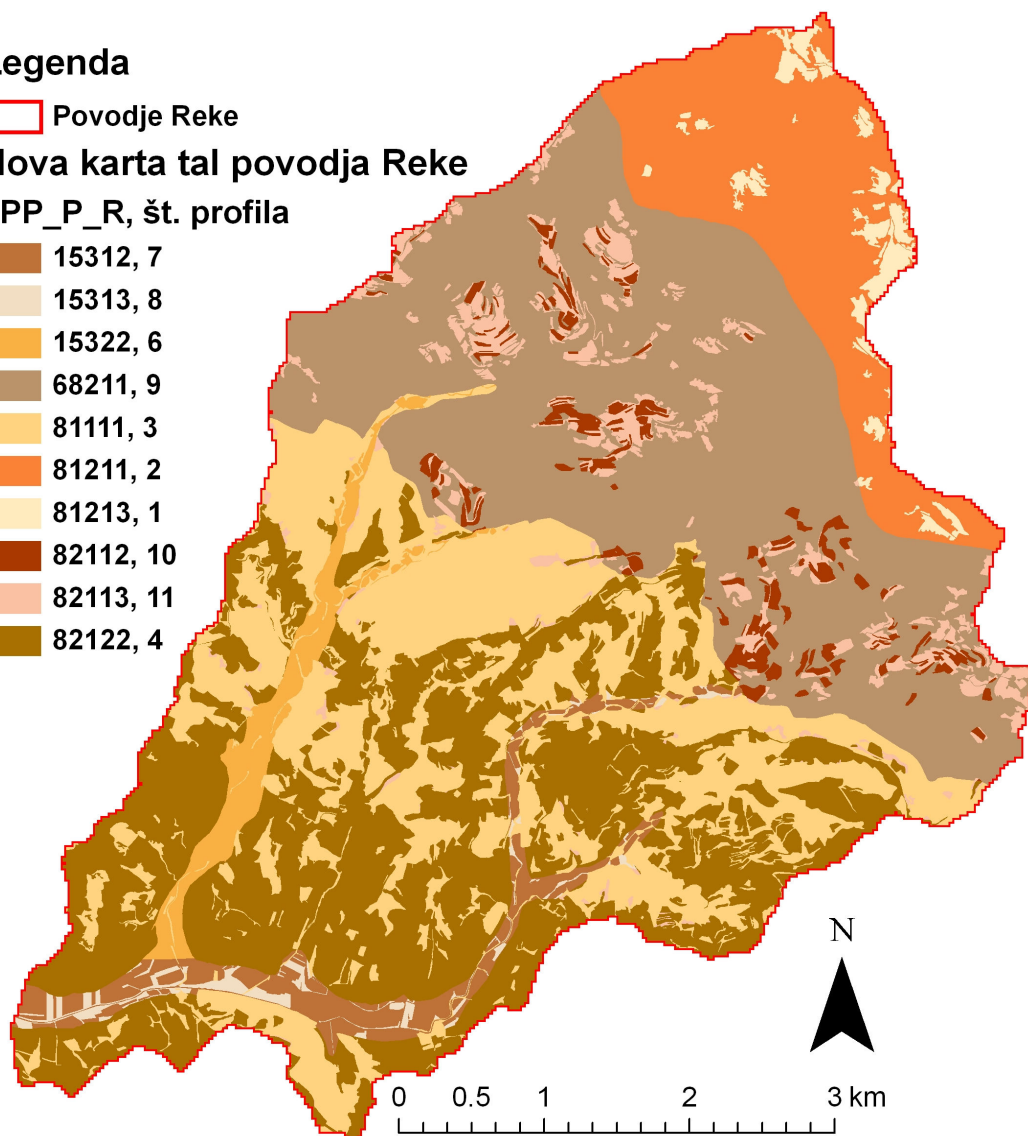
 81211, 2

 81213, 1

 82112, 10

 82113, 11

 82122, 4

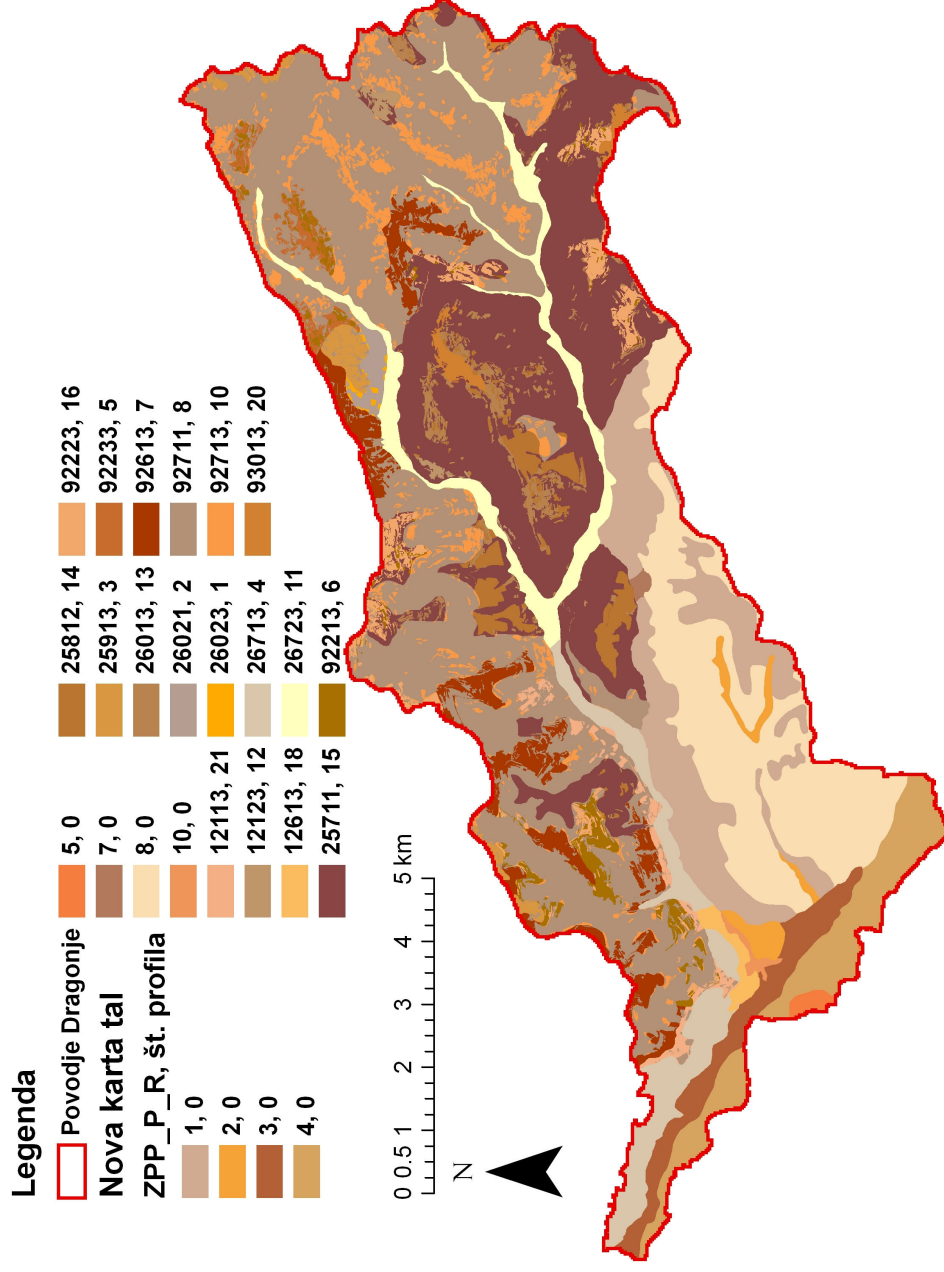


Legenda:

ZPP - Zaporedni pedološki profil; P – razdelitev območja posameznega ZPP;

R - raba tal (1-gozd, 2-trajni nasadi in njive, 3-travniki)

Priloga C2: Nova karta tal za porečje reke Dragonje
Appendix C2: The new soil map for the river Dragonja catchment



Legenda: ZPP - Zaporedni pedološki profil; P – razdelitev območja posameznega ZPP; R - raba tal (1-gozd, 2-trajni nasadi in njive, 3-travniki)

PRILOGA D

Podatki o lastnostih tal

Priloga D1: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol file za horizont 1
Appendix D1: Digital Soil Map (DPK) soil data for the rivers Reka in Goriška Brda and Dragonja catchments in SWAT * sol file for the layer 1

ZPP	SNAM	NLAYERS	HYDGRP	SOL_ZMX	ANION_EXCL	SOL_CRK	TEXTURE	SOL_Z1	SOL_BD1	SOL_AWC1	SOL_K1	SOL_CBN1	CLAY1	SILT1	SAND1	ROCK1	SOL_ALB1	USLE_K1	SOL_EC1
1	0001CRO	2	C	190	0,47	0,5	PR-G-I	190	1,27	0,238	4,7	1,39	34,8	57,2	8	3,4	0,06	0,243	0
2	0002CRO	2	C	480	0,47	0,5	G-I	240	1,19	0,241	2,7	12,8	38,8	37,2	24	6,3	0,16	0,154	0
3	0003CRO	3	C	700	0,39	0,5	G-I	150	1,48	0,214	17,08	1,37	34,8	37,9	27,3	0	0,23	0,153	0
4	0004CRO	2	D	700	0,51	0,5	PR-G	150	1,07	0,261	3	5,21	45,5	46,9	7,6	0	0,16	0,23	0
5	0005CRO	3	C	900	0,56	0,5	G	200	1,16	0,227	50,42	1,45	58,4	39,4	2,2	0	0,23	0,31	0
6	0006CRO	4	D	1100	0,51	0,5	G	240	1,29	0,228	2,5	1,51	51,8	39	9,2	0	0,16	0,203	0
7	0007CRO	2	C	1150	0,42	0,5	G	450	1,42	0,207	30	1,56	59,5	36,2	4,3	0	0,16	0,261	0
8	0008CRO	3	C	670	0,49	0,5	PR-G-I	280	1,34	0,238	46,67	1,39	39,2	44,6	16,2	0	0,13	0,172	0
9	0009CRO	3	C	1020	0,47	0,5	G-I	220	1,26	0,231	62,92	1,85	33,7	40,9	25,4	0	0,23	0,155	0
10	0010CRO	3	D	530	0,51	0,5	PR-G	230	1,32	0,264	1,25	1,75	40,9	53,4	5,7	0	0,16	0,263	0
11	0011CRO	3	D	800	0,49	0,5	PR-G	300	1,45	0,263	15,8	1,72	41,9	52,4	10,5	0	0,16	0,212	0
12	0012CRO	3	C	850	0,54	0,5	PR-G-I	250	1,26	0,278	60	1,56	36,7	60,7	2,6	0	0,23	0,322	0
13	0013CRO	2	C	380	0,45	0,5	PR-G-I	380	1,36	0,212	3,6	1,05	38,2	50,4	11,4	6,4	0,23	0,203	0
121	0121SLO	4	B	900	0,5	0,5	GI	200	1,32	0,15	4,6	1,81	29,7	43	27,3	0	0,09	0,136	0
126	0126SLO	4	A	1000	0,5	0,5	MI	300	1,31	0,18	8	4,32	26,8	62,8	10,4	0	0,16	0,21	0
153	0153SLO	4	B	1000	0,5	0,5	I	180	1,32	0,116	5,58	2,51	16,3	48,6	35,1	5	0,16	0,14	0
257	0257SLO	3	C	360	0,5	0,5	GI	120	1,34	0,14	3,7	2,36	30,5	34,1	35,4	5	0,16	0,125	0
258	0258SLO	3	C	800	0,5	0,5	GI	240	1,28	0,15	2,5	1,32	39,7	34,5	25,8	5	0,16	0,137	0
259	0259SLO	3	C	1200	0,5	0,5	MG	350	1,24	0,186	2,4	0,87	45,3	38,4	16,1	0	0,16	0,168	0
260	0260SLO	2	C	550	0,5	0,5	MG	450	1,23	0,17	3,4	0	42,3	50,8	6,8	0	0,16	0,273	0
267	0267SLO	4	A	1000	0,5	0,5	MI	300	1,33	0,18	8,6	1,37	24,8	59,3	15,8	0	0,16	0,194	0
682	0682SLO	5	C	1050	0,5	0,5	I	10	1,39	0,14	7,7	8,86	21,6	42,2	36,2	0	0,09	0,133	0
683	0683SLO	3	C	570	0,5	0,5	MI	90	1,42	0,16	14,1	2,24	16,4	52,1	31,5	0	0,16	0,144	0
811	0811SLO	4	C	580	0,5	0,5	MI	30	1,44	0,206	15,92	6,58	26,8	51,2	22	0	0,2	0,145	0
812	0812SLO	2	C	420	0,5	0,5	MI	170	1,38	0,16	9,1	2,71	21,2	50,7	28,1	5	0,16	0,141	0
821	0821SLO	3	C	850	0,5	0,5	MGI	130	1,44	0,206	15,92	3,57	30,6	50,1	19,3	5	0,16	0,147	0
822	0822SLO	3	C	1000	0,5	0,5	MGI	400	1,33	0,17	45	1,32	26	53,9	20,1	10	0,16	0,172	0
922	0922SLO	3	B	800	0,5	0,5	MGI-GI	250	1,33	0,17	6,6	2,13	26,4	53,3	20,3	0	0,23	0,152	0
926	0926SLO	2	B	500	0,5	0,5	MGI	320	1,31	0,17	5,6	1,25	29,3	54,6	16,1	5	0,16	0,187	0
927	0927SLO	3	B	600	0,5	0,5	MGI	150	1,28	0,17	3,9	3,97	35,3	49,8	14,9	10	0,23	0,156	0
930	0930SLO	3	B	850	0,5	0,5	MGI	180	1,32	0,17	7	1,05	26,7	56,2	17,1	0	0,23	0,198	0

SOL_EC: je v vseh horizontih enako 0, parameter še ni aktiven. Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priročniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D2: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
Appendix D2: Digital Soil Map (DPK) soil data for the rivers Reka in Goriška Brda and Dragonja catchments in SWAT * sol.file for the layers 2 and 3

ZPP	SOL_Z2	SOL_BD2	SOL_AWC2	SOL_K2	SOL_CBN2	CLAY2	SILT2	SAND2	ROCK2	SOL_ALB2	USLE_K2	SOL_Z3	SOL_BD3	SOL_AWC3	SOL_K3	SOL_CBN3	CLAY3	SILT3	SAND3	ROCK3	SOL_ALB3	USLE_K3
1	520	1,38	0,227	4,1	0	36	53,1	10,9	9,2	0,23	0,21											
2	480	1,42	0,187	2,3	0	52	35,5	12,5	11,7	0,23	0,178											
3	350	1,51	0,245	12,08	1,02	36,6	34,6	28,8	6,2	0,23	0,152	700	1,4	0,23	2,5	0,99	41,3	32,5	26,2	4,7	0	0,15
4	700	1,19	0,252	2,8	3,02	49,4	45,2	5,4	0	0,37	0,255											
5	600	1,27	0,218	17,08	1,17	49	44	7	0	0,23	0,232	900	1,41	0,2	12,08	0	59,9	34,3	5,8	0	0	0,24
6	420	1,38	0,232	5,5	0,8	61,7	35	3,3	0	0,23	0,28	680	1,29	0,25	5,5	0,21	68,4	28,5	3,1	0	0	0,28
7	1150	1,47	0,186	11,25	0,35	69,8	27,8	2,4	6,2	0,23	0,294											
8	670	1,43	0,245	14,17	0,17	49,4	37,8	12,8	0	0,16	0,179	920	1,45	0,22	4,58	0	46,5	46,6	9,9	4,7	0	0,21
9	550	1,45	0,202	1,25	0,58	49,2	32,4	18,4	0	0,23	0,159	1020	1,44	0,19	11,25	0	46,8	30,2	23	0	0	0,15
10	530	1,28	0,273	0,83	0,83	43,2	49,3	7,5	0	0,37	0,235	770	1,31	0,26	0,83	0	44,6	48,5	6,9	0	0	0,24
11	800	1,51	0,241	2,08	1,05	52,7	61,9	9,2	0	0,37	0,241	1600	1,5	0,23	1,67	0,09	40,8	49,5	8,7	0	0	0,22
12	450	1,23	0,282	15,83	0,86	27	70,6	2,4	0	0,23	0,337	850	1,36	0,26	2,92	0	34,8	63	2,2	0	0	0,33
13	600	1,37	0,189	3,6	0	39	52,3	8,7	26,2	0,23	0,227											
121	550	1,33	0,15	4,5	1,48	29,9	41,9	28,2	0	0,09	0,142	800	1,3	0,15	3,1	0,49	35,7	37,8	26,5	0	0,23	0,17
126	500	1,26	0,17	4,1	2,07	36,4	52,9	10,7	0	0,16	0,184	1000	1,22	0,16	2,9	1,69	46,7	46	7,3	0	0,16	0,2
153	400	1,32	0,2	16,63	1,44	13,6	43,8	42,6	5	0,16	0,152	900	1,42	0,21	13,78	1	21,9	38,2	39,9	0	0,23	0,16
257	250	1,32	0,13	2,8	0,92	34,1	31,8	34,1	10	0,23	0,151	360	1,26	0,17	3,5	0,69	37,9	47,3	14,8	30	0,3	0,2
258	500	1,28	0,13	1,9	1,09	42,7	24,9	32,4	0	0,16	0,134	800	1,28	0,13	1,9	1,84	42,8	25,9	31,3	15	0,23	0,12
259	550	1,24	0,188	2,5	0,47	44,4	40	15,5	0	0,16	0,18	730	1,26	0,19	2,7	0,12	40,7	41,7	17,6	0	0,16	0,18
260	550	1,24	0,17	3,5	0	40,3	51,3	8,3	20	0,23	0,258											
267	750	1,25	0,17	4	0,68	37,5	54,4	8,1	0	0,23	0,263	850	1,25	0,17	4	0,68	37,5	54,4	8,1	0	0,3	0,26
682	180	1,36	0,15	6,9	1,93	23,7	46,3	30	5	0,16	0,139	390	1,35	0,15	6	0,73	25,3	45,6	29,1	5	0,23	0,17
683	230	1,37	0,16	8,5	1	21,8	50,7	27,5	5	0,16	0,173	570	1,29	0,16	4,2	0,5	33,4	50,8	15,8	20	0,23	0,2
811	150	1,44	0,206	15,92	2,63	26,6	51,6	21,8	10	0,23	0,146	420	1,44	0,18	88,33	1,14	21,1	55,9	23	5	0,3	0,18
812	420	1,33	0,16	5,6	1,84	27	48,2	24,8	10	0,16	0,143											
821	400	1,44	0,178	88,33	0,94	33,2	52	14,8	40	0,23	0,2	850	1,44	0,2	101,04	0,37	28	51,4	20,6	70	0,23	0,2
822	830	1,31	0,17	56,25	0,75	27,3	57,8	14,9	0	0,23	0,223	1000	1,29	0,17	56,25	1,04	31,9	53	15,1	0	0,23	0,2
922	580	1,32	0,17	5,8	0,66	28,1	53,8	18,1	0	0,23	0,202	800	1,3	0,18	6,1	0,42	29	59	12	0	0,23	0,25
926	500	1,28	0,17	4,8	0,72	32,8	53,6	13,6	40	0,23	0,218											
927	330	1,27	0,17	4,4	1,96	34,1	54,3	11,6	20	0,23	0,183	600	1,28	0,18	5,7	1,04	31,5	60,4	8,1	25	0,23	0,27
930	340	1,31	0,17	5,3	0,7	29,3	51,3	19,4	0	0,23	0,192	850	1,23	0,16	2,6	0	46,6	41,9	11,5	0	0,23	0,2

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priročniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga D3: Podatki o tleh za digitalno pedološko karto (DPK) za porečji Reke v Goriških Brdih in Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 4 in 5
Appendix D3: Digital Soil Map (DPK) soil data for the rivers Reka in Goriška Brda and Dragonja catchments in SWAT * sol.file for the layers 4 and 5

ZPP	SOL_Z4	SOL_BD4	SOL_AWC4	SOL_K4	SOL_CBN4	CLAY4	SILT4	SAND4	ROCK4	SOL_ALB4	USLE_K4	SOL_Z5	SOL_BD5	SOL_AWC5	SOL_K5	SOL_CBN5	CLAY5	SILT5	SAND5	ROCK5	SOL_ALB5	USLE_K5
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6	1100	1,37	0,25	5,5	0	68,1	30	1,9	0	0	0,31											
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
121	900	1,3	0,15	3,1	0,49	35,7	37,8	26,5	50	0,23	0,17											
126																						
153	1000	1,42	0,21	16,25	1,15	21,4	61,8	16,8	0	0,23	0,21											
257																						
258																						
259	1200	1,25	0,19	2,6	0	42,6	43,9	16,8	0	0,23	0,19											
260																						
267	1000	1,3	0,16	4	0,68	32,3	45	22,7	0	0,3	0,18											
682	800	1,3	0,16	5,1	0,48	33,9	43,8	22,3	0	0,23	0,18	1050	1,24	0,15	5,3	0,71	46,2	38,5	15,3	40	0,23	0,17
683																						
811	580	1,44	0,2	101,04	1,11	46,6	45,9	7,5	0	0,23	0,22											
812																						
821																						
822																						
922																						
926																						
927																						
930																						

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D4: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizont 1
Appendix D4: New soil map soil data for the river Reka catchment in SWAT *sol.file for the layer 1

ZPP	SNAM	NLAYERS	HYDGRP	SOL_ZMX	ANION_EXCL	SOL_CRK	TEXTURE	SOL_Z1	SOL_BD1	SOL_AWC1	SOL_K1	SOL_CBN1	CLAY1	SILT1	SAND1	ROCK1	SOL_ALB1	USLE_K1
153	115312B	3	B	1000	0,45	0,5	MI	150	1,3	0,157	221,53	4,8	18,5	53,9	27,6	1	0,09	0,145
153	115313B	4	C	1000	0,44	0,5	MI	120	1,32	0,183	2449	3,8	13,8	52,6	33,6	1	0,09	0,143
153	115322B	2	C	550	0,41	0,5	MI	230	1,56	0,238	1226,3	3,3	22,3	50,2	27,5	10	0,16	0,14
153	215312B	3	B	1000	0,45	0,5	MI	150	1,3	0,078	221,53	4,8	18,5	53,9	27,6	1	0,09	0,145
153	215313B	4	C	1000	0,44	0,5	MI	120	1,32	0,091	2449	3,8	13,8	52,6	33,6	1	0,09	0,143
153	215322B	2	C	550	0,41	0,5	MI	230	1,56	0,084	1226,3	3,3	22,3	50,2	27,5	10	0,16	0,14
682	168211B	2	C	500	0,45	0,5	MI	230	1,46	0,232	201,5	3,1	23,9	59,3	16,8	5	0,16	0,171
682	268211B	2	C	500	0,45	0,5	MI	230	1,46	0,033	201,5	3,1	23,9	59,3	16,8	5	0,16	0,171
811	181111B	4	C	600	0,47	0,5	MI	10	1,4	0,214	23,76	19,1	14,9	59,9	25,2	0	0,09	0,156
811	281111B	4	C	600	0,47	0,5	MI	10	1,4	0,058	23,76	19,1	14,9	59,9	25,2	0	0,09	0,156
812	181211B	3	A	200	0,75	0,5	GI-I	10	0,67	0,09	2254,2	30,5	27,4	46,6	26	0	0,02	0,136
812	181213B	1	B	200	0,6	0,5	MGI	200	1,06	0,173	220,32	7,2	34,4	56	9,6	0	0,09	0,196
812	281211B	3	A	200	0,75	0,5	GI-I	10	0,67	0,03	2254,2	30,5	27,4	46,6	26	0	0,02	0,136
812	281213B	1	B	200	0,6	0,5	MGI	200	1,06	0,015	220,32	7,2	34,4	56	9,6	0	0,09	0,196
821	182112B	2	C	450	0,45	0,5	I-GI-I	240	1,38	0,191	610,8	2,7	22,4	48,1	29,5	0	0,09	0,138
821	182113B	2	A	660	0,41	0,5	MGI	250	1,56	0,175	5117,6	1,3	29,5	54,9	15,6	10	0,16	0,187
821	182122B	3	D	900	0,42	0,5	MGI	230	1,52	0,144	0,11	1,2	36	48,5	15,5	5	0,16	0,177
821	282112B	2	C	450	0,45	0,5	I-GI-I	240	1,38	0,044	610,8	2,7	22,4	48,1	29,5	0	0,09	0,138
821	282113B	2	A	660	0,41	0,5	MGI	250	1,56	0,035	5117,6	1,3	29,5	54,9	15,6	10	0,16	0,187
821	282122B	3	D	900	0,42	0,5	MGI	230	1,52	0,048	0,11	1,2	36	48,5	15,5	5	0,16	0,177

SNAME: predznak št. 1 pomeni, da je SOL_AWC izračunan na podlagi meritev s porušenimi vzorci tal; predznak št. 2 pomeni, da je SOL_AWC izračunan na podlagi meritev z neporušenimi vzorci. Opomba:
Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga D5: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
Appendix D5: New soil map soil data for the Reka catchment in SWAT * sol.file for the layers 2 and 3

SNAM	SOL_Z2	SOL_BD2	SOL_AWC2	SOL_K2	SOL_CBN2	CLAY2	SILT2	SAND2	ROCK2	SOL_ALB2	USLE_K2	SOL_Z3	SOL_BD3	SOL_AWC3	SOL_K3	SOL_CBN3	CLAY3	SILT3	SAND3	ROCK3	SOL_ALB3	USLE_K3
115312B	430	1,6	0,163	550,33	0,8	18,3	41,8	39,9	5	0,16	0,172	1000	1,51	0,161	90,87	0,4	19,1	41,6	39,3	3	0,09	0,178
115313B	300	1,49	0,198	3,6	1,5	17,5	51,2	31,3	1	0,16	0,153	560	1,56	0,191	1,2	1	18,9	46,7	34,4	5	0,16	0,169
115322B	550	1,59	0,267	2,42	4,5	22,1	49,9	28	10	0,16	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
215312B	430	1,6	0,07	550,33	0,8	18,3	41,8	39,9	5	0,16	0,172	1000	1,51	0,068	90,87	0,4	19,1	41,6	39,3	3	0,09	0,178
215313B	300	1,49	0,076	3,6	1,5	17,5	51,2	31,3	1	0,16	0,153	560	1,56	0,081	1,2	1	18,9	46,7	34,4	5	0,16	0,169
215322B	550	1,59	0,079	2,42	4,5	22,1	49,9	28	10	0,16	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168211B	500	1,45	0,23	9,5	1,4	23	61,7	15,3	1	0,23	0,202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
268211B	500	1,45	0,068	9,5	1,4	23	61,7	15,3	1	0,23	0,202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
181111B	70	1,4	0,214	23,76	7	18,1	61,3	20,6	0	0,16	0,166	350	1,4	0,214	23,76	2,4	23,1	58,5	18,4	20	0,23	0,165
281111B	70	1,4	0,058	23,76	7	18,1	61,3	20,6	0	0,16	0,166	350	1,4	0,058	23,76	2,4	23,1	58,5	18,4	20	0,23	0,165
181211B	80	0,67	0,09	2254,2	19,8	34,4	51,7	13,9	0	0,09	0,163	200	0,67	0,09	2254,2	9,5	44,3	42	13,7	20	0,09	0,145
181213B	430	1,6	0,163	550,33	0,8	18,3	41,8	39,9	5	0,16	0,172	1000	1,51	0,161	90,87	0,4	19,1	41,6	39,3	3	0,09	0,178
281211B	80	0,67	0,03	2254,2	19,8	34,4	51,7	13,9	0	0,09	0,163	200	0,67	0,03	2254,2	9,5	44,3	42	13,7	20	0,09	0,145
281213B	430	1,6	0,163	550,33	0,8	18,3	41,8	39,9	5	0,16	0,172	1000	1,51	0,161	90,87	0,4	19,1	41,6	39,3	3	0,09	0,178
182112B	450	1,54	0,193	1,8	1,8	27,6	39,7	32,7	20	0,16	0,134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182113B	660	1,59	0,185	378	1,6	29,6	59,2	11,2	25	0,23	0,207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182122B	400	1,6	0,151	4,89	1	38,2	54,2	7,6	5	0,16	0,254	900	1,53	0,155	57,99	1,2	38,2	55,5	6,3	10	0,16	0,259
282112B	450	1,54	0,044	1,8	1,8	27,6	39,7	32,7	20	0,16	0,134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282113B	660	1,59	0,057	378	1,6	29,6	59,2	11,2	25	0,23	0,207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
282122B	400	1,6	0,08	4,89	1	38,2	54,2	7,6	5	0,16	0,254	900	1,53	0,044	57,99	1,2	38,2	55,5	6,3	10	0,16	0,259

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D6: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Reke v SWAT *sol.file za horizont 4
Appendix D6: New soil map soil data for the Reka catchment in SWAT *sol.file for the layer 4

SNAM	SOL_Z4	SOL_BD4	SOL_AWC4	SOL_K4	SOL_CBN4	CLAY4	SILT4	SAND4	ROCK4	SOL_ALB4	USLE_K4
115312B											
115313B	1000	1,54	0,185	27,7	0,8	17,5	42	40,5	0	0,16	0,173
115322B											
215312B											
215313B	1000	1,54	0,084	27,7	0,8	17,5	42	40,5	0	0,16	0,173
215322B											
168211B											
268211B											
181111B	600	1,4	0,214	23,76	1,3	25,6	59,6	14,8	75	0,3	0,203
281111B	600	1,4	0,058	23,76	1,3	25,6	59,6	14,8	75	0,3	0,203
181211B											
181213B											
281211B											
281213B											
182112B											
182113B											
182122B											
282112B											
282113B											
282122B											

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D7: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizont 1
Appendix D7: New soil map soil data for the Dragonja catchment in SWAT * sol.file for the layer 1

ZPP	SNAM	NLAYERS	HYDRP	SOL_ZMX	ANION_EXCL	SOL_CRK	TEXTURE	SOL_ZI	SOL_BDI	SOL_AWC1	SOL_K1	SOL_CBN1	CLAY1	SILT1	SAND1	ROCK1	SOL_ALB1	USLE_K1
121	112113D	3	D	410	0.41	0.5	MGI-G-MGI	300	1,57	0,179	0,074	1,6	33,6	48,2	18,2	1	0,16	0,154
121	112123D	3	C	1000	0.43	0.5	I-GI-MGI-MG	200	1,513	0,16	10,247	3,2	34,1	52,9	13	0	0,16	0,17
121	212113D	3	D	410	0.41	0.5	MGI-G-MGI	300	1,57	0,049	0,074	1,6	33,6	48,2	18,2	1	0,16	0,154
121	212123D	3	C	1000	0.43	0.5	I-GI-MGI-MG	200	1,513	0,042	10,247	3,2	34,1	52,9	13	0	0,16	0,17
126	112613D	3	C	530	0.42	0.5	MI	180	1,547	0,234	8,96	2,4	20,8	64,4	14,8	1	0,23	0,193
126	212613D	3	C	530	0.42	0.5	MI	180	1,547	0,087	8,96	2,4	20,8	64,4	14,8	1	0,23	0,193
257	125711D	4	D	850	0.47	0.5	GI-MGI-G-MG	10	1,408	0,125	2,709	11,9	28,8	50,7	20,5	0	0,16	0,146
257	225711D	4	D	850	0.47	0.5	GI-MGI-G-MG	10	1,408	0,036	2,709	11,9	28,8	50,7	20,5	0	0,16	0,146
258	125812D	1	D	400	0.39	0.5	GI	400	1,609	0,177	0,072	1,5	30,8	42	27,2	1	0,23	0,141
258	225812D	1	D	400	0.39	0.5	GI	400	1,609	0,078	0,072	1,5	30,8	42	27,2	1	0,23	0,141
259	125913D	3	C	530	0.43	0.5	MG-MGI	260	1,373	0,223	292,84	3,7	41,6	48,2	10,2	1	0,16	0,173
259	225913D	3	C	530	0.43	0.5	MG-MGI	260	1,373	0,047	292,84	3,7	41,6	48,2	10,2	1	0,16	0,173
260	126013D	3	D	1000	0.47	0.5	MGI-G-MG	300	1,452	0,203	0,003	3	35,9	50	14,1	0	0,16	0,159
260	126021D	4	C	800	0.47	0.5	MI-MGI-MG	50	1,399	0,222	75,39	7,4	25,2	60,9	13,9	0	0,16	0,186
260	126023D	6	B	1180	0.46	0.5	MG-MGI-MI-MGI	90	1,323	0,189	899	0,3	41,7	44,9	13,4	0	0,3	0,201
260	226013D	3	D	1000	0.47	0.5	MGI-G-MG	300	1,452	0,042	0,003	3	35,9	50	14,1	0	0,16	0,159
260	226021D	4	C	800	0.47	0.5	MI-MGI-MG	50	1,399	0,036	75,39	7,4	25,2	60,9	13,9	0	0,16	0,186
260	226023D	6	B	1180	0.46	0.5	MG-MGI-MI-MGI	90	1,323	0,093	899	0,3	41,7	44,9	13,4	0	0,3	0,201
267	126713D	3	D	600	0.44	0.5	MI-I	250	1,476	0,273	14,98	2,6	22,9	62,9	14,2	0	0,16	0,19
267	126723D	5	C	900	0.42	0.5	MI-GI-MGI-G	200	1,575	0,215	25,74	2,3	24,4	52,2	23,4	0	0,23	0,146
267	226713D	3	D	600	0.44	0.5	MI-I	250	1,476	0,122	14,98	2,6	22,9	62,9	14,2	0	0,16	0,19
267	226723D	5	C	900	0.42	0.5	MI-GI-MGI-G	200	1,575	0,05	25,74	2,3	24,4	52,2	23,4	0	0,23	0,146
922	192213D	3	C	700	0.39	0.5	MI-MGI-MI	300	1,572	0,202	22,62	2	26,2	57,7	16,1	2	0,23	0,172
922	192223D	2	D	360	0.42	0.5	MGI	360	1,458	0,226	0,041	4,1	36,1	54,8	9,1	0	0,23	0,196
922	192233D	2	C	1000	0.41	0.5	MGI	430	1,539	0,299	47,47	2	31,7	53,2	15,1	5	0,23	0,165
922	292213D	3	C	700	0.39	0.5	MI-MGI-MI	300	1,572	0,045	22,62	2	26,2	57,7	16,1	2	0,23	0,172
922	292223D	2	D	360	0.42	0.5	MGI	360	1,458	0,037	0,041	4,1	36,1	54,8	9,1	0	0,23	0,196
922	292233D	2	C	1000	0.41	0.5	MGI	430	1,539	0,066	47,47	2	31,7	53,2	15,1	5	0,23	0,165
926	192613D	3	D	500	0.38	0.5	MGI	280	1,644	0,222	19,68	2,4	31,4	58,4	10,2	1	0,23	0,2
926	292613D	3	D	500	0.38	0.5	MGI	280	1,644	0,055	19,68	2,4	31,4	58,4	10,2	1	0,23	0,2
927	192711D	4	D	700	0.41	0.5	MGI-MI	40	1,412	0,229	1,108	14,8	31,1	58	10,9	1	0,09	0,193
927	192713D	3	D	700	0.46	0.5	I-GI-MGI-MG	230	1,485	0,224	0,031	2,2	27,7	52	20,3	0	0,16	0,15
927	292711D	4	D	700	0.41	0.5	MGI-MI	40	1,412	0,066	1,108	14,8	31,1	58	10,9	1	0,09	0,193
927	292713D	3	D	700	0.46	0.5	I-GI-MGI-MG	230	1,485	0,048	0,031	2,2	27,7	52	20,3	0	0,16	0,15
930	193013D	1	C	300	0.48	0.5	GI	300	1,382	0,177	117,47	2,9	34,1	41,1	24,8	0	0,16	0,13
930	293013D	1	C	300	0.48	0.5	GI	300	1,382	0,071	117,47	2,9	34,1	41,1	24,8	0	0,16	0,13

SNAM: predznak št. 1 pomeni, da je SOL_AWC izračunan na podlagi meritev s porušenimi vzorci tal; predznak št. 2 pomeni, da je SOL_AWC izračunan na podlagi meritev z neporušenimi vzorci. Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s polimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D8: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 2 in 3
Appendix D8: New soil map soil data for the Dragonja catchment in SWAT * sol.file for the layers 2 and 3

SNAM	SOL_BD2	SOL_AWC2	SOL_K2	SOL_CBN2	CLAY2	SILT2	SAND2	ROCK2	SOL_ALB2	USLE_K2	SOL_EC2	SOL_Z3	SOL_BD3	SOL_AWC3	SOL_K3	SOL_CBN3	CLAY3	SILT3	SAND3	ROCK3	SOL_ALB3	USLE_K3
112113D	1,591	0,176	14,4	0,6	38	44,7	17,3	1	0,23	0,184	0	1850	1,591	0,176	14,4	0,9	36	43,9	20,1	1	0,16	0,17
112123D	1,472	0,147	0,13	2,4	39,9	49,6	10,5	0	0,16	0,175	0	1070	1,562	0,171	0,026	1,8	37,9	46,8	15,3	2	0,23	0,154
212113D	1,591	0,032	14,4	0,6	38	44,7	17,3	1	0,23	0,184	0	1850	1,591	0,032	14,4	0,9	36	43,9	20,1	1	0,16	0,17
212123D	1,472	0,053	0,13	2,4	39,9	49,6	10,5	0	0,16	0,175	0	1070	1,562	0,033	0,026	1,8	37,9	46,8	15,3	2	0,23	0,154
112613D	1,547	0,234	8,96	2,4	21,8	65,6	12,6	1	0,23	0,207	0	1600	1,519	0,224	22,48	1,9	19,2	64,7	16,1	1	0,16	0,192
212613D	1,547	0,087	8,96	2,4	21,8	65,6	12,6	1	0,23	0,207	0	1600	1,519	0,076	22,48	1,9	19,2	64,7	16,1	1	0,16	0,192
125711D	1,408	0,125	2,709	4,6	35	47,4	17,6	0	0,23	0,145	0	630	1,408	0,125	2,709	3,1	36,8	43,7	19,5	0	0,16	0,136
225711D	1,408	0,036	2,709	4,6	35	47,4	17,6	0	0,23	0,145	0	630	1,408	0,036	2,709	3,1	36,8	43,7	19,5	0	0,16	0,136
125812D	1,391	0,202	0,001	1,5	51,8	37,6	10,6	0	0,23	0,16	0	1200	1,391	0,202	0,001	1,3	50,3	40,7	9	0	0,23	0,185
225812D	1,391	0,202	0,001	1,5	51,8	37,6	10,6	0	0,23	0,16	0	1200	1,391	0,202	0,001	1,3	50,3	40,7	9	0	0,23	0,185
125913D	1,606	0,221	1,04	2	39,3	47,6	13,1	3	0,16	0,16	0	530	1,606	0,221	1,04	0,4	39,4	45,2	15,4	5	0,23	0,193
225913D	1,606	0,051	1,04	2	39,3	47,6	13,1	3	0,16	0,16	0	530	1,606	0,051	1,04	0,4	39,4	45,2	15,4	5	0,23	0,193
126013D	1,391	0,202	0,001	1,5	51,8	37,6	10,6	0	0,23	0,16	0	1200	1,391	0,202	0,001	1,3	50,3	40,7	9	0	0,23	0,185
126021D	1,399	0,222	75,93	2,5	29,9	55,3	14,8	0	0,3	0,169	0	530	1,402	0,188	11,3	0,8	38,1	49,7	12,2	0	0,23	0,212
126023D	1,323	0,189	0,014	0,6	31	59,8	9,2	0	0,23	0,274	0	480	1,443	0,245	41,1	1	27,2	61,8	11	0	0,16	0,25
226023D	1,391	0,045	0,001	1,5	51,8	37,6	10,6	0	0,23	0,16	0	1200	1,391	0,045	0,001	1,3	50,3	40,7	9	0	0,23	0,185
226021D	1,399	0,036	75,93	2,5	29,9	55,3	14,8	0	0,3	0,169	0	530	1,402	0,018	11,3	0,8	38,1	49,7	12,2	0	0,23	0,212
226023D	1,323	0,093	0,014	0,6	31	59,8	9,2	0	0,23	0,274	0	480	1,443	0,076	41,1	1	27,2	61,8	11	0	0,16	0,25
126713D	1,463	0,253	1,146	1,2	20,5	48,2	31,3	0	0,23	0,161	0	1100	1,526	0,255	2,177	1,3	17,8	48,7	33,5	0	0,3	0,158
126723D	1,536	0,251	0,72	2,1	24,4	52,3	23,3	0	0,23	0,147	0	450	1,536	0,251	0,72	1,5	24	53,7	22,3	0	0,23	0,161
226713D	1,463	0,148	1,146	1,2	20,5	48,2	31,3	0	0,23	0,161	0	1100	1,526	0,111	2,177	1,3	17,8	48,7	33,5	0	0,3	0,158
226723D	1,536	0,064	0,72	2,1	24,4	52,3	23,3	0	0,23	0,147	0	450	1,536	0,064	0,72	1,5	24	53,7	22,3	0	0,23	0,161
192213D	1,614	0,232	35,39	2,9	26,9	56,5	16,6	1	0,23	0,165	0	750	1,701	0,227	10,82	1,4	24,2	57,6	18,2	0	0,23	0,181
192223D	1,621	0,22	0,038	1,5	33,6	58,8	7,6	1	0,23	0,237	0	630	1,408	0,125	2,709	3,1	36,8	43,7	19,5	0	0,16	0,136
192233D	1,621	0,227	35,37	1,1	33,4	49,5	17,1	10	0,23	0,179	0	1100	1,526	0,255	2,177	0,1	17,8	48,7	34	0	0,3	0,1
292213D	1,614	0,048	35,39	2,9	26,9	56,5	16,6	1	0,23	0,165	0	750	1,701	0,059	10,82	1,4	24,2	57,6	18,2	0	0,23	0,181
292223D	1,621	0,044	0,038	1,5	33,6	58,8	7,6	1	0,23	0,237	0	630	1,408	0,125	2,709	3,1	36,8	43,7	19,5	0	0,16	0,136
292233D	1,621	0,049	35,37	1,1	33,4	49,5	17,1	10	0,23	0,179	0	1100	1,526	0,255	2,177	0,1	17,8	48,7	34	0	0,3	0,1
192613D	1,682	0,231	0,08	2,2	31,2	55,9	12,9	0	0,23	0,179	0	550	1,682	0,231	0,08	0,9	29,6	61,6	8,8	2	0,23	0,273
292613D	1,682	0,053	0,08	2,2	31,2	55,9	12,9	0	0,23	0,179	0	550	1,682	0,053	0,08	0,9	29,6	61,6	8,8	2	0,23	0,273
192711D	1,412	0,229	1,108	2	28	53,8	18,2	1	0,16	0,158	0	450	1,59	0,179	0,13	0,1	28,5	56	15,5	1	0,23	0,223
192713D	1,472	0,207	1,765	0,5	38,4	46,1	15,5	0	0,23	0,194	0	700	1,388	0,204	5,612	0,4	50,3	40	9,7	0	0,23	0,208
292711D	1,412	0,066	1,108	2	28	53,8	18,2	1	0,16	0,158	0	450	1,59	0,034	0,13	0,1	28,5	56	15,5	1	0,23	0,223
292713D	1,472	0,047	1,765	0,5	38,4	46,1	15,5	0	0,23	0,194	0	700	1,388	0,051	5,612	0,4	50,3	40	9,7	0	0,23	0,208
193013D	1,547	0,234	8,96	2,4	21,8	65,6	12,6	1	0,23	0,207	0	1600	1,519	0,224	22,48	1,9	19,2	64,7	16,1	1	0,16	0,192
293013D	1,547	0,234	8,96	2,4	21,8	65,6	12,6	1	0,23	0,207	0	1600	1,519	0,224	22,48	1,9	19,2	64,7	16,1	1	0,16	0,192

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neitsch in sod., 2005).

Priloga D9: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizonta 4 in 5
Appendix D9: New soil map soil data for the Dragonja catchment in SWAT * sol.file for the layers 4 and 5

SNAM	SOL_Z4	SOL_BD4	SOL_AWC4	SOL_K4	SOL_CBN4	CLAY4	SILT4	SAND4	ROCK4	SOL_ALB4	USLE_K4	SOL_Z5	SOL_BD5	SOL_AWC5	SOL_K5	SOL_CBN5	CLAY5	SILT5	SAND5	ROCK5	SOL_ALB5	USLE_K5
112113D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
112123D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
212113D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
212123D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
112613D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
212613D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
125711D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
225711D	850	1,442	0,022	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
125812D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
225812D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
125913D	800	1,402	0,188	11,3	0,4	48,3	42	9,7	0	0,23	0,214	840	1,516	0,232	12,57	0,3	29,7	58,9	11	0	0,16	0,256
225913D	800	1,402	0,188	11,3	0,4	48,3	42	9,7	0	0,23	0,214	840	1,516	0,232	12,57	0,3	29,7	58,9	11	0	0,16	0,256
126013D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
126021D	800	1,402	0,188	11,3	0,4	48,3	42	9,7	0	0,23	0,214	840	1,516	0,232	12,57	0,3	29,7	58,9	11	0	0,16	0,256
126023D	640	1,443	0,245	411	0,9	26,1	64,6	9,3	0	0,09	0,28	840	1,516	0,232	12,57	0,3	29,7	58,9	11,4	0	0,16	0,256
226013D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
226021D	800	1,402	0,018	11,3	0,4	48,3	42	9,7	0	0,23	0,214	840	1,516	0,232	12,57	0,3	29,7	58,9	11	0	0,16	0,256
226023D	640	1,443	0,076	411	0,9	26,1	64,6	9,3	0	0,09	0,28	840	1,516	0,043	12,57	0,3	29,7	58,9	11,4	0	0,16	0,256
126713D																						
126723D	530	1,53	0,264	0,003	1,3	35,9	44	20,1	0	0,23	0,154	900	1,53	0,264	0,003	0,9	43,6	31,7	24,7	0	0,23	0,148
226713D																						
226723D	530	1,53	0,051	0,003	1,3	35,9	44	20,1	0	0,23	0,154	900	1,53	0,051	0,003	0,9	43,6	31,7	24,7	0	0,23	0,148
192213D																						
192223D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
192233D																						
292213D																						
292223D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
292233D																						
192613D																						
292613D																						
192711D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
192713D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
292711D	700	1,659	0,028	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
292713D	700	1,659	0,195	0,1	1,2	29	54,7	16,3	1	0,23	0,189											
193013D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											
293013D	850	1,442	0,168	6,138	2,5	42,9	39,3	17,8	1	0,23	0,132											

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

Priloga D10: Podatki o tleh za novo karto tal porečja reke Dragonje v SWAT *sol.file za horizont 6
Appendix D10: New soil map soil data for the Dragonja catchment in SWAT * sol.file for the layer 6

SNAM	SOL_Z6	SOL_BD6	SOL_AWC6	SOL_K6	SOL_CBN6	CLAY6	SILT6	SAND6	ROCK6	SOL_ALB6	USLE_K6
112113D											
112123D											
212113D											
212123D											
112613D											
212613D											
125711D											
225711D											
125812D											
225812D											
125913D	1180	1.516	0.232	12.57	0.2	39.3	51.9	8.8	0	0.37	0.254
225913D	1180	1.516	0.232	12.57	0.2	39.3	51.9	8.8	0	0.37	0.254
126013D											
226013D	1180	1.516	0.232	12.57	0.2	39.3	51.9	8.8	0	0.37	0.254
126021D											
226021D	1180	1.516	0.232	12.57	0.2	39.3	51.9	8.8	0	0.37	0.254
126713D											
226713D	1180	1.516	0.043	12.57	0.2	39.3	51.9	8.8	0	0.37	0.254
126723D											
226723D											
192113D											
192213D											
192223D											
192233D											
292213D											
292223D											
292233D											
192613D											
292613D											
192711D											
192713D											
292711D											
292713D											
193013D											
293013D											

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priročniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005).

PRILOGA E
Parametri rastlin

Priloga E1: Parametri rasti rastlin v SWAT crop.dat
Appendix E1: Plant growth parameters in SWAT crop.dat

CPNIM	IDC	CROPNAME	BIO_E	HVSTI	BLAI	FRGRW1	LAIMX1	FRGRW2	LAIMX2	DLAI	CHTMX	RDMX	T_OPT	T_BASE	CNYLD	CPYLD
AGRR	4	Agricultural Land-Row Crops	39	0,5	3	0,15	0,05	0,5	0,95	0,7	2,5	2	25	8	0,014	0,0016
AGRC	5	Agricultural Land-Close-grown	30	0,4	4	0,05	0,05	0,45	0,95	0,5	0,9	1,3	18	0	0,025	0,0022
FRST	7	Forest-Mixed	15	0,76	5	0,05	0,05	0,4	0,95	0,99	6	3,5	30	10	0,0015	0,0003
FRSD	7	Forest-Deciduous	15	0,05	5	0,05	0,05	0,4	0,95	0,99	6	3,5	30	10	0,0015	0,0003
FRSE	7	Forest-Evergreen	15	0,76	5	0,15	0,7	0,25	0,99	0,99	10	3,5	30	0	0,0015	0,0003
TRAV	6	Travnik	30	0,8	4	0,15	0,01	0,5	0,95	0,8	1,5	2	15	0	0,0234	0,0033
OLEA	7	Olea europea	13	0,1	3	0,1	0,15	0,5	0,75	0,99	5	2	20	7	0,0019	0,015
ORCE	7	Orchard extensive	15	0,05	4	0,1	0,15	0,5	0,75	0,99	10	2	20	7	0,0019	0,0004
ORCI	7	Orchard intensive	15	0,2	4	0,1	0,15	0,5	0,75	0,99	3,5	2	20	7	0,0019	0,0004
VINE	7	Vitis vinifera	24	0,2	3	0,15	0,15	0,5	0,75	0,99	2	3	22	7	0,002	0,0008
VIEK	7	Vitis viniferaEko	24	0,2	3	0,15	0,15	0,5	0,75	0,99	2	3	22	7	0,002	0,0008
AGRE	4	Agriculture Land-Row EKO	39	0,5	3	0,15	0,05	0,5	0,95	0,7	2,5	2	25	8	0,014	0,0016
OINE	7	Orchard intensive EKO	15	0,2	4	0,1	0,15	0,5	0,75	0,99	3,5	2	20	7	0,0019	0,0004
OLEE	7	Olea europea EKO	13	0,1	3	0,1	0,15	0,5	0,75	0,99	5	2	20	7	0,0019	0,015
TRVE	6	Travnik EKO	30	0,8	4	0,15	0,01	0,5	0,95	0,8	1,5	2	15	0	0,0234	0,0033
CPNIM	IDC	CROPNAME	BN1	BN2	BN3	BP1	BP2	BP3	WSYF	USLE_C	GSI	VPDFR	FRGMAX	WAVP	CO2HI	BIOEHI
AGRR	4	Agricultural Land-Row Crops	0,047	0,0177	0,0138	0,0048	0,0018	0,0014	0,3	0,2	0,007	4	0,75	7,2	660	45
AGRC	5	Agricultural Land-Close-grown	0,0663	0,0255	0,0148	0,0053	0,002	0,0012	0,2	0,03	0,006	4	0,75	6	660	39
FRST	7	Forest-Mixed	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,01	0,001	0,002	4	0,75	8	660	16
FRSD	7	Forest-Deciduous	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,01	0,001	0,002	4	0,75	8	660	16
FRSE	7	Forest-Evergreen	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,6	0,001	0,002	4	0,75	8	660	16
TRAV	6	Travnik	0,056	0,021	0,012	0,0099	0,0022	0,0019	0,9	0,003	0,005	4	0,75	8	660	39
OLEA	7	Olea europea	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,05	0,001	0,01	4	0,75	3	660	20
ORCE	7	Orchard extensive	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,05	0,001	0,007	4	0,75	3	660	20
ORCI	7	Orchard intensive	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,05	0,001	0,007	4	0,75	3	660	20
VINE	7	Vitis vinifera	0,035	0,029	0,024	0,0007	0,0004	0,0003	0,3	0,1	0,007	4	0,75	3	660	30
VIEK	7	Vitis viniferaEko	0,035	0,029	0,024	0,0007	0,0004	0,0003	0,3	0,1	0,007	4	0,75	3	660	30
AGRE	4	Agriculture Land-Row EKO	0,047	0,0177	0,0138	0,0048	0,0018	0,0014	0,3	0,2	0,007	4	0,75	7,2	660	45
OINE	7	Orchard intensive EKO	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,05	0,001	0,007	4	0,75	3	660	20
OLEE	7	Olea europea EKO	0,006	0,002	0,0015	0,0007	0,0004	0,0003	0,05	0,001	0,01	4	0,75	3	660	20
TRVE	6	Travnik EKO	0,056	0,021	0,012	0,0099	0,0022	0,0019	0,9	0,003	0,005	4	0,75	8	660	39

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005)

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005)

Priloga E2: Parametri rasti rastlin v SWAT crop.dat
Appendix E2: Plant growth parameters in SWAT crop.dat

CPNM	IDC	CROPNAME	RSDCO_PL	OV_N	CN2A	CN2B	CN2C	CN2D	FERTFIELD	ALAI_MIN	BIO_LEAF	MAT_YRS	BMX_TREES	EXT_COEF	BM_DIEOFF
AGRR	4	Agricultural Land-Row Crops	0,05	0,09	67	78	85	89	1	0	0	0	0	0,65	0,1
AGRC	5	Agricultural Land-Close-grown	0,05	0,09	62	73	81	84	1	0	0	0	0	0,65	0,1
FRST	7	Forest-Mixed	0,05	0,1	36	60	73	79	0	0,75	0,3	50	1000	0,65	0,1
FRSD	7	Forest-Deciduous	0,05	0,1	45	66	77	83	0	0,75	0,3	10	1000	0,65	0,1
FRSE	7	Forest-Evergreen	0,05	0,1	25	55	70	77	0	0,75	0,3	30	1000	0,65	0,1
TRAV	6	Travnik	0,05	0,41	31	59	72	79	1	0	0	0	0	0,65	0,1
OLEA	7	Olea europea	0,05	0,15	25	59	75	83	1	0,75	0,3	15	500	0,65	0,1
ORCE	7	Orchard extensive	0,05	0,24	39	61	74	80	1	0,75	0,3	15	500	0,65	0,1
ORCI	7	Orchard intensive	0,05	0,15	39	61	74	80	1	0,75	0,3	10	500	0,65	0,1
VINE	7	Vitis vinifera	0,05	0,15	25	59	75	83	1	0,75	0,3	5	500	0,65	0,1
VIEK	7	Vitis viniferaEko	0,05	0,24	25	59	75	83	1	0,75	0,3	5	500	0,65	0,1
AGRE	4	Agriculture Land-Row EKO	0,05	0,13	67	78	85	89	1	0	0	0	0	0,65	0,1
OINE	7	Orchard intensive EKO	0,05	0,24	39	61	74	80	1	0,75	0,3	10	500	0,65	0,1
OLEE	7	Olea europea EKO	0,05	0,24	25	59	75	83	1	0,75	0,3	15	500	0,65	0,1
TRVE	6	Travnik EKO	0,05	0,41	31	59	72	79	1	0	0	0	0	0,65	0,1

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s poimenovanjem v priložniku SWAT modela (Neisch in sod., 2005)

PRILOGA F

Koledarji opravil in tehnologije pridelovanja

Priloga F1: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRR, AGRC), ekstenzivni (ORCE) in intenzivni (ORCI) sadovnjak za osnovni scenarij RekaBase
Appendix F1: Calendar, tasks and production technology for the arable (AGRR, AGRC), extensive (ORCE) and intensive (ORCI) orchard for the base scenario (RekaBase)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)		FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
BRDA Njiva in vrt AGRR, AGRC	10-Apr	Tillage operation	Moldboard Plow 15 cm					
	15-May	Plant/begin growing season						
	16-May	Fertilizer application	N	60		0,2		
	16-May	Fertilizer application	P	70		0,2		
	15-Jun	Fertilizer application	N	60		0,2		
	15-Aug	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0.9
	01-Sep	Harvest and kill operation						
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)		FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Ekstenzivni sadovnjak ORCE (češnje)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N	50		0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P	14		0,2		
	10-Jun	Harvest only operation	obiranje				1	0,2
	01-Nov	Harvest only operation	rez				0.01	0,1
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Intenzivni sadovnjak ORCI (breskve)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Apr	Fertilizer application	N	60		0,2		
	10-Apr	Fertilizer application	P	15		0,2		
	20-Apr	Mulčenje	P ORGP	4,5	2250	0,4		
	20-Apr	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	30-May	Fertilizer application	N	30		0,2		
	10-Jun	Mulčenje	P ORGP	4,5	2250	0,4		
	10-Jun	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	15-Jun	Fertilizer application	N	30		0,2		
	10-Jul	Mulčenje	P ORGP	4,5	2250	0,4		
	10-Jul	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	15-Jul	Harvest only operation	obiranje				1	0,3
	10-Sep	Fertilizer application	N	30		0,2		
	15-Sep	Mulčenje	P ORGP	4,5	2250	0,4		
	15-Sep	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	15-Dec	Harvest only operation	rez				0.01	0,33

Priloga F2: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VINO) in travnik (TRAV) za osnovni scenarij RekaBase

Appendix F2: Calendar, tasks and production technology for the vineyard (VINO) and grassland (TRAV) for the base scenario (RekaBase)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Trta VINE	10-Jan	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
	04-Mar	Plant/begin growing season						
	01-Apr	Fertilizer application	N	20		0,2		
	01-Apr	Fertilizer application	P	35		0,2		
	01-May	Mulčenje	P ORGP	4.5	2250	0,4		
	01-May	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	14-Jun	Fertilizer application	N	50		0,2		
	15-Jun	Mulčenje	P ORGP	4.5	2250	0,4		
	15-Jun	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	15-Jul	Mulčenje	P ORGP	4.5	2250	0,4		
	15-Jul	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	20-Aug	Mulčenje	P ORGP	4.5	2250	0,4		
	20-Aug	Mulčenje	N ORGN	18	3600	1		
	05-Sep	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
	20-Nov	Tropine pecljevina	N ORGN	43.2	8640	0,4		
	20-Nov	Tropine pecljevina	P ORGP	16.2	8100	1		
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Travnik TRAV seno delno paša	28-Feb	Plant/begin growing season						
	05-Apr	Fertilizer application	N	50		0,5		
	05-Apr	Fertilizer application	P	60		0,2		
	20-May	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	01-Jul	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	10-Jul	Fertilizer application	N	40		0,5		
	20-Aug	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	30-Aug	Fertilizer application	N Sheep fresh manure	12				
	30-Aug	Fertilizer application	P Sheep fresh manure	3	320	0,2		
	30-Oct	Harvest only operation	Košnja				0,01	0,33

Priloga F3: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRE), ekstenzivni (ORCE) in intenzivni (OINE) sadovnjak za ekološka scenarija RekaEKO20 in RekaEKO100

Appendix F3: Calendar, tasks and production technology for the arable (AGRE), extensive (ORCE) and intensive (OINE) orchard for the organic scenarios (RekaEKO20, RekaEKO100)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Njive in vrt AGRE	09-Apr	Fertilizer application	N ZGM	60	12000	0,2		
	09-Apr	Fertilizer application	P ZGM	24		0,2		
	10-Apr	Tillage operation	Moldboard Plow 15 cm					
	15-May	Plant/begin growing season						
	16-May	Fertilizer application	N KHG	60	10000	0,2		
	16-May	Fertilizer application	P KHG	20		0,2		
	16-May	Fertilizer application	P STP	30	380	0,2		
	15-Jun	Tillage operation	Duckfoot Cultivator 10cm					
	15-Aug	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,9
	01-Sep	Harvest and kill operation						
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Ekstenzivni sadovnjak ORCE (češnje)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N fresh beef	50	1250	0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P fresh beef	14				
	10-Jun	Harvest only operation	obiranje				1	0,2
	01-Nov	Harvest only operation	rez				0,01	0,1
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Intenzivni sadovnjak OINE (breskve)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N KHG	100	16667	0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P KHG	30				
	01-May	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	01-May	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,2		
	10-Jun	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	10-Jun	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,2		
	10-Jul	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	10-Jul	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,2		
	15-Jul	Harvest only operation	obiranje				1	0,3
	15-Sep	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	15-Sep	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,2		
	15-Dec	Harvest only operation	rez				0.01	0,33

Priloga F4: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VIEK) in travnik (TRVE) za ekološka scenarija EKO20 in EKO100

Appendix F4: Calendar, tasks and production technology for the vineyard (VIEK) and grassland (TRVE) for the organic scenarios (RekaEKO20, RekaEKO100)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Trta VIEK	10-Jan	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
	03-Mar	Fertilizer application	N KHG	50	8333	0,2		
	03-Mar	Fertilizer application	P KHG	20				
	04-Mar	Plant/begin growing season						
	05-May	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	05-May	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,4		
	15-Jun	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	15-Jun	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,4		
	15-Jul	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	15-Jul	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,4		
	20-Aug	Mulčenje	P ORGP	2,25	1125	1		
	20-Aug	Mulčenje	N ORGN	9	1800	0,4		
	05-Sep	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
	20-Nov	Tropine pecljevina	N ORGN	25	5000	1		
	20-Nov	Tropine pecljevina	P ORGP	10	5000	0,4		
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Travnik TRVE seno delno paša	28-Feb	Plant/begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N KHG	40	4444	0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P KHG	9				
	20-May	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	01-Jul	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	10-Jul	Fertilizer application	N fresh sheep	12	320	0,2		
	10-Jul	Fertilizer application	P	3				
	20-Aug	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	30-Aug	Fertilizer application	N fresh sheep	12	320	0,2		
	30-Aug	Fertilizer application	P	3				
	30-Oct	Harvest only operation	Košnja				0,01	0,33

Priloga F5: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRR, AGRC), in intenzivni (ORCI) sadovnjak za osnovni scenarij DragonjaBase
Appendix F5: Calendar, tasks and production technology for the arable (AGRR, AGRC), extensive (ORCE) and intensive (ORCI) orchard for the base scenario (DragonjaBase)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
DRAGONJA vrtnarstvo AGRR, AGRC	10-Mar	Tillage operation	Moldboard Plow 15 cm					
	20-Mar	Plant/begin growing season						
	05-Apr	Fertilizer application	P	60		0,2		
	05-Apr	Fertilizer application	N	50		0,2		
	01-May	Harvest only operation	spravo pridelka				1	0,5
	01-Jun	Harvest only operation	spravo pridelka				1	0,5
	05-Jun	Fertilizer application	N	40		0,2		
	01-Jul	Harvest only operation	spravo pridelka				1	0,5
	01-Aug	Harvest only operation	spravo pridelka				1	0,5
	05-Aug	Fertilizer application	N	30		0,2		
	10-Sep	Harvest only operation	spravo pridelka				1	0,5
	11-Sep	Harvest and kill operation						
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Intenzivni sadoxnjak ORCI (breskve)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Apr	Fertilizer application	N	60		0,2		
	10-Apr	Fertilizer application	P	15		0,2		
	20-Apr	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	20-Apr	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	30-May	Fertilizer application	N	30		0,2		
	10-Jun	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	10-Jun	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	15-Jun	Fertilizer application	N	30		0,2		
	10-Jul	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	10-Jul	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	15-Jul	Harvest only operation	obiranje				1	0,3
	10-Sep	Fertilizer application	N	30		0,2		
	15-Dec	Harvest only operation	rez				0,01	0,33

Priloga F6: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VINE), oljčnik (OLEA) in travnik (TRAV) za osnovni scenarij DragonjaBase
Appendix F6: Calendar, tasks and production technology for the vineyard (VINO), olive grove (OLEA) and grassland (TRAV) for the base scenario (DragonjaBase)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Oljke OLEE	28-Feb	Fertilizer application	N	45		0,2		
	28-Feb	Fertilizer application	P	70		0,2		
	15-Mar	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
		Plant/begin growing season						
	01-Apr							
	10-Apr	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	10-Apr	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	15-Apr	Fertilizer application	N	25		0,2		
	10-May	Fertilizer application	N	20		0,2		
	25-May	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	25-May	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	20-Jul	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	20-Jul	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	15-Aug	Harvest only operation	rez				0,01	0,1
	01-Nov	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Trta VINE	10-Jan	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
		Plant/begin growing season						
	04-Mar							
	01-Apr	Fertilizer application	N	20		0,2		
	01-Apr	Fertilizer application	P	35		0,2		
	01-May	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	01-May	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	14-Jun	Fertilizer application	N	50		0,2		
	15-Jun	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	15-Jun	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	20-Aug	Mulčenje	N ORGN	7,5	1467	0,2		
	20-Aug	Mulčenje	P ORGP	2,7	1333	0,2		
	05-Sep	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
	20-Nov	Tropine pecljevina	N ORGN	36,0	7200,0	0,2		
	20-Nov	Tropine pecljevina	P ORGP	13,5	6750	0,2		
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Travniki TRVE seno delno paša		Plant/begin growing season						
	28-Feb							
	05-Apr	Fertilizer application	N	50		0,5		
	05-Apr	Fertilizer application	P	60		0,5		
	20-May	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	01-Jul	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	10-Jul	Fertilizer application	N	40		0,5		
	20-Aug	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
			N Sheep fresh manure	12				
	30-Aug	Fertilizer application	P Sheep fresh manure	3	320	0,2		
	30-Aug	Fertilizer application						
	01-Oct	Harvest only operation	Košnja				1	0,9

Priloga F7: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za njivo (AGRE) in intenzivni (OINE) sadovnjak za ekološka scenarija DragonjaEKO20 in DragonjaEKO100

Appendix F7: Calendar, tasks and production technology for the arable (AGRE) and intensive (OINE) orchard for the organic scenarios (DragonjaEKO20, Dragonja EKO100)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
DRAGONJA vrtnarstvo AGRE	09-Mar	Fertilizer application	N ZGM	60	12000	0,2		
	09-Mar	Fertilizer application	P ZGM	24				
	10-Mar	Tillage operation	Moldboard Plow 15 cm					
	18-Mar	Fertilizer application	P STP	16	202	0,2		
	19-Mar	Tillage operation	Duckfoot Cultivator 10cm					
	20-Mar	Plant/begin growing season						
	01-May	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,5
	01-Jun	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,5
	05-Jun	Fertilizer application	N KHG	30	5000	0,2		
	05-Jun	Fertilizer application	P KHG	10				
	01-Jul	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,5
	01-Aug	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,5
	05-Aug	Fertilizer application	N KHG	30	5000	0,2		
	05-Aug	Fertilizer application	P KHG	10				
	10-Sep	Harvest only operation	spravilo pridelka				1	0,5
	01-Oct	Harvest and kill operation						
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SUR FACE	HARVEFF	HI_OVR
Intenzivni sadovnjak OINE (breskve)	04-Mar	Plant/begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N KHG	100	16667	0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P KHG	30				
	01-May	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	01-May	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	10-Jun	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	10-Jun	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	10-Jul	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	10-Jul	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	15-Jul	Harvest only operation	obiranje				1	0,3
	15-Dec	Harvest only operation	rez				0,01	0,33

Priloga F8: Koledar opravil in tehnologija pridelovanja za vinograd (VIEK), oljčnik (OLEE) in travnik (TRVE) za ekološka scenarija DragonjaEKO20 in DragonjaEKO100

Appendix F8: Calendar, tasks and production technology for the vineyard (VIEK), olive grove (OLEE) and grassland (TRVE) for the organic scenarios (DragonjaEKO20, Dragonja EKO100)

Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SURFACE	HARVEFF	HI_OVR
Oljke OLEE	28-Feb	Fertilizer application	N KHG	90	15000	0,2		
	28-Feb	Fertilizer application	P KHG	30				
	15-Mar	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
	01-Apr	Plant/begin growing season						
	28-Apr	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	28-Apr	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	12-Jun	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	12-Jun	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	20-Jul	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	20-Jul	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	15-Aug	Harvest only operation	rez				0,01	0,1
	01-Nov	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SURFACE	HARVEFF	HI_OVR
Trta VIEK	10-Jan	Harvest only operation	rez				0,01	0,33
	03-Mar	Fertilizer application	N KHG	50	8333	0,2		
	03-Mar	Fertilizer application	P KHG	20				
	04-Mar	Plant/begin growing season						
	05-May	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	05-May	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	15-Jun	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	15-Jun	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	20-Aug	Mulčenje	N ORGN	3,75	734	0,2		
	20-Aug	Mulčenje	P ORGP	1,35	667	0,2		
	05-Sep	Harvest only operation	obiranje				1	0,1
	20-Nov	Tropine pecljevina	N ORGN	25	5000	0,2		
	20-Nov	Tropine pecljevina	P ORGP	10	5000	0,2		
Crop	Date	Operation	Type	Amount elemental (kg/ha)	Amount fertiliser (kg/ha)	FRT_SURFACE	HARVEFF	HI_OVR
Travnik TRVE seno delno paša	28-Feb	Plant/Begin growing season						
	10-Mar	Fertilizer application	N KHG	40	4444	0,2		
	10-Mar	Fertilizer application	P KHG	9				
	20-May	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	01-Jul	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	01-Jul	Fertilizer application	N fresh sheep	12	320	0,2		
	10-Jul	Fertilizer application	P	3				
	20-Aug	Harvest only operation	Košnja				1	0,9
	30-Aug	Fertilizer application	N fresh sheep	12	320	0,2		
	30-Aug	Fertilizer application	P	3				
	30-Oct	Harvest only operation	Košnja				1	0,9

PRILOGA G

Gnojila

Priloga G1: Gnojila uporabljena v SWAT fert.dat
Appendix G1: Fertilizers used in the SWAT fert.dat

FERTNAME	FERTNM	FMINN	FMINP	FORGN	FORGP	FNH3N	MANURE
Elemental Nitrogen	Elem-N	1	0	0	0	0	0
Elemental Phosphorous	Elem-P	0	1	0	0	0	0
Sheep-Fresh Manure	SHEEP-FR	0,014	0,003	0,024	0,005	0,99	Manure
Komp-hlevski gnoj	KHG	0,002	0,001	0,004	0,001	0,99	Manure
Zeleno gnojenje-metulj	ZGM	0	0	0,005	0,002	0	Manure
Superfosfat	STP	0	0,079	0	0	0	0
Organski-P	ORGP	0	0	0	0,002	0	Manure
Organski-N	ORGN	0	0	0,005	0	0	Manure

Opomba: Oznake in faktorji so skladni s priročnikom SWAT modela (Neisch in sod. 2005).

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji. Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

PRILOG A H

Točkovni izpusti

Priloga H1: Podatki o znanih virih točkovnih izpustov (čistilne naprave)

Appendix H1: Information about known sources of point source discharges (wastewater treatment plants)

TITLE	FLOCNST	SEDCNST	ORGNCNST	ORGPCNST	NO3CNST	NH3CNST	NO2CNST	MINPCNST	CBODCNST	DIPOXCNST	CHLACNST
Reka											
Dobrovo	134,36	0,0065	0,1219	0,0403	0,7264	0,1074	0,0167	0,2661	74,66	120,69	0,00097
Smartno	20,36	0,0009	0,0185	0,0061	0,1101	0,0163	0,0025	0,0403	0,12	0,87	0,00015
Dragonja											
Nova vas	18,47	0,0009	0,0169	0,0056	0,1009	0,0149	0,0023	0,0370	0,12	0,87	0,00013

Opomba: Oznake in faktorji so skladni s priročnikom SWAT modela (Neisch in sod. 2005).

PRILOGA I
Analiza senzitivnosti

Priloga I1: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za porečje reke Reke (podporečje 8) za obdobje (1998-2005)
Appendix I1: Results of the flow sensitivity analysis for the river Reka (subcatchment 8) (1998-2005)

RekaBase						RekaBaseNEporušeni						RekaBasePORušeni						Categorized sensitivity	
Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)				
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean		
Cn2	1	2,020	Esco	1	0,336	Alpha_Bf	1	2,030	Alpha_Bf	1	0,255	Alpha_Bf	1	2,090	Cn2	1	0,392	Very important (1)	
Alpha_Bf	2	1,960	Cn2	2	0,294	Ch_K2	2	1,970	Cn2	2	0,218	Ch_K2	2	2,010	Alpha_Bf	2	0,248		
Ch_K2	3	1,660	Alpha_Bf	3	0,282	Cn2	3	1,510	Canmx	3	0,183	Cn2	3	1,840	Esco	3	0,224		
Sol_Awc	4	0,472	Gwqmn	4	0,134	Ch_N	4	0,344	Esco	4	0,161	Esco	4	0,444	Canmx	4	0,159	Important (2-6)	
Surlag	5	0,452	Canmx	5	0,125	Esco	5	0,276	Gwqmn	5	0,120	Surlag	5	0,433	Gwqmn	5	0,075		
Esco	6	0,385	Sol_Z	6	0,076	Canmx	6	0,202	Revapmin	6	0,074	Ch_N	6	0,384	Sol_Z	6	0,062		
Ch_N	7	0,279	Sol_Awc	7	0,075	Surlag	7	0,172	Sol_Z	7	0,050	Sol_Awc	7	0,286	Sol_Awc	7	0,056	Slightly important (7-26)	
Sol_Z	8	0,141	Revapmin	8	0,055	Gwqmn	8	0,149	Sol_Awc	8	0,049	Sol_Z	8	0,173	Revapmin	8	0,049		
Gwqmn	9	0,117	Sol_K	9	0,040	Sol_K	9	0,102	Blai	9	0,021	Canmx	9	0,109	Sol_K	9	0,020		
Canmx	10	0,081	Slope	10	0,037	Sol_Awc	10	0,068	Sol_K	10	0,013	Sol_K	10	0,105	Slope	10	0,019		
Slope	11	0,077	Blai	11	0,026	Sol_Z	11	0,066	Gw_Revap	11	0,012	Gwqmn	11	0,064	Blai	11	0,016		
Blai	12	0,066	Gw_Revap	12	0,017	Slope	12	0,045	Slope	12	0,010	Blai	12	0,042	Ch_N	12	0,009		
Sol_K	13	0,050	Ch_N	13	0,010	Blai	13	0,038	Epco	13	0,009	Slope	13	0,032	Epco	13	0,006		
Gw_Delay	14	0,043	Ch_K2	14	0,008	Revapmin	14	0,028	Ch_N	14	0,009	Gw_Delay	14	0,028	Gw_Revap	14	0,006		
Revapmin	15	0,040	Epco	15	0,006	Gw_Delay	15	0,022	Ch_K2	15	0,007	Sisubbsn	15	0,020	Ch_K2	15	0,006		
Epco	16	0,019	Gw_Delay	16	0,004	Sisubbsn	16	0,017	Gw_Delay	16	0,003	Epco	16	0,014	Gw_Delay	16	0,002		
Sisubbsn	17	0,010	Biomix	17	0,003	Epco	17	0,011	Surlag	17	0,001	Revapmin	17	0,010	Surlag	17	0,001		
Biomix	18	0,008	Surlag	18	0,001	Gw_Revap	18	0,009	Biomix	18	0,000	Biomix	18	0,004	Biomix	18	0,001		
Gw_Revap	19	0,008	Sol_Albi	19	0,001	Temp	19	0,002	Sol_Albi	19	0,000	Gw_Revap	19	0,001	Sol_Albi	19	0,001		
Sol_Albi	20	0,003	Sisubbsn	20	0,000	Sol_Albi	20	0,001	Sisubbsn	20	0,000	Sol_Albi	20	0,001	Sisubbsn	20	0,000		
Temp	21	0,000	Temp	21	0,000	Biomix	21	0,000	Temp	21	0,000	Temp	21	0,000	Temp	21	0,000		
									Smtmp	22	0,000								

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji. Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga I2: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za pritok reke Reke Kožbanjšček (podporečje 5) za obdobje (2008-2009)
Appendix I2: Results of the flow sensitivity analysis for the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008-2009)

[illegible]

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga I3: Rezultati analize senzitivnosti pretoka za reko Dragonje (podporečje 14) (1998-2005)
Appendix I3: Results of the flow sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase					DragonjaBaseNE					DragonjaBasePO					Categorized Sensitivity							
Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)		Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)		Objective function (SSQR)			Output value (povp. pretok)		rank	mean	rank	mean	rank	mean	rank	mean
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean								
Cn2	1	2,090	Cn2	1	1,080	Cn2	1	3,050	Cn2	1	1,200	Cn2	1	2,840	Cn2	1	2,840	Cn2	1	1,410	Very important	
Alpha_Bf	2	1,400	Rchrg_Dp	2	0,686	Ch_K2	2	2,470	Esco	2	0,437	Alpha_Bf	2	1,760	Esco	2	1,760	Esco	2	0,541	Important (2-6)	
Ch_K2	3	0,832	Esco	3	0,609	Alpha_Bf	3	2,230	Alpha_Bf	3	0,359	Ch_K2	3	1,330	Sol_Awc	3	1,330	Sol_Awc	3	0,408		
Rchrg_Dp	4	0,758	Alpha_Bf	4	0,346	Surlag	4	1,410	Rchrg_Dp	4	0,279	Sol_Z	4	0,822	Alpha_Bf	4	0,822	Alpha_Bf	4	0,352		
Esco	5	0,521	Sol_Awc	5	0,245	Ch_N	5	0,564	Canmx	5	0,231	Surlag	5	0,787	Sol_Z	5	0,787	Sol_Z	5	0,285		
Surlag	6	0,421	Canmx	6	0,227	Esco	6	0,421	Revapmin	6	0,190	Esco	6	0,664	Canmx	6	0,664	Canmx	6	0,246		
Blai	7	0,418	Gwqmn	7	0,224	Sol_Awc	7	0,280	Sol_Z	7	0,150	Sol_Awc	7	0,522	Rchrg_Dp	7	0,522	Rchrg_Dp	7	0,217	Slightly important (7-26)	
Ch_N	8	0,335	Revapmin	8	0,217	Canmx	8	0,246	Sol_Awc	8	0,109	Blai	8	0,486	Revapmin	8	0,486	Revapmin	8	0,155		
Canmx	9	0,226	Sol_K	9	0,132	Sol_Z	9	0,237	Gwqmn	9	0,068	Ch_N	9	0,400	Blai	9	0,400	Blai	9	0,097		
Sol_Awc	10	0,220	Slope	10	0,129	Rchrg_Dp	10	0,173	Slope	10	0,048	Canmx	10	0,323	Slope	10	0,323	Slope	10	0,081		
Gw_Delay	11	0,136	Blai	11	0,123	Blai	11	0,077	Blai	11	0,048	Rchrg_Dp	11	0,232	Sol_K	11	0,232	Sol_K	11	0,078		
Gwqmn	12	0,129	Sol_Z	12	0,077	Sol_K	12	0,062	Ch_K2	12	0,033	Sol_K	12	0,062	Gwqmn	12	0,062	Gwqmn	12	0,032		
Sol_Z	13	0,072	Ch_K2	13	0,022	Gw_Delay	13	0,041	Sol_K	13	0,026	Gw_Delay	13	0,056	Ch_K2	13	0,056	Ch_K2	13	0,023		
Sol_K	14	0,070	Surlag	14	0,022	Revapmin	14	0,034	Surlag	14	0,016	Slope	14	0,038	Surlag	14	0,038	Surlag	14	0,019		
Slope	15	0,047	Gw_Revap	15	0,016	Slope	15	0,027	Ch_N	15	0,007	Epco	15	0,033	Epco	15	0,033	Epco	15	0,014		
Revapmin	16	0,022	Gw_Delay	16	0,008	Gwqmn	16	0,024	Epco	16	0,006	Revapmin	16	0,031	Ch_N	16	0,031	Ch_N	16	0,009		
Epco	17	0,010	Epco	17	0,005	Epco	17	0,010	Gw_Revap	17	0,005	Gwqmn	17	0,014	Gw_Revap	17	0,014	Gw_Revap	17	0,005		
Gw_Revap	18	0,009	Ch_N	18	0,005	Sisubbsn	18	0,004	Gw_Delay	18	0,004	Sisubbsn	18	0,003	Gw_Delay	18	0,003	Gw_Delay	18	0,005		
Biomix	19	0,003	Biomix	19	0,003	Biomix	19	0,004	Biomix	19	0,003	Biomix	19	0,003	Biomix	19	0,003	Biomix	19	0,003		
Sisubbsn	20	0,002				Gw_Revap	20	0,002				Sol_Alb	20	0,003			0,003					
Temp	21	0,001				Sol Alb	21	0,001				Temp	21	0,001			0,001					

Priloga I4: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)
Appendix I4: Results of the suspended sediment concentration sensitivity analysis for the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008-2009)

RekaBase Kožbanjšček					RekaBaseNE Kožbanjšček					RekaBasePO Kožbanjšček					Categorized Sensitivity
Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)			
parname	rank	mean	rank	par	parname	rank	mean	rank	par	parname	rank	mean	rank	par	
Spcon	1	8,030	1	Spcon	1	7,800	1	5,600	1	Spcon	1	8,190	1	Spcon	
Ch_N	2	6,790	2	Ch_N	2	6,020	2	2,990	2	Ch_N	2	5,810	2	Ch_N	
Surlag	3	2,700	3	Ch_Cov	3	1,460	Spexp	3	1,970	Spexp	3	1,210	Ch_Cov	3	1,240
Spexp	4	1,960	Spexp	4	1,290	Surlag	4	1,710	Ch_Cov	4	1,110	Spexp	4	2,060	
Cn2	5	1,920	Surlag	5	1,250	Cn2	5	1,450	Surlag	5	0,985	Surlag	5	1,890	
Alpha_Bf	6	1,440	Ch_Erod	6	1,170	Usle_P	6	1,280	Ch_Erod	6	0,886	Sol_Awc	6	1,660	
Ch_Erod	7	0,903	Cn2	7	0,664	Ch_K2	7	1,010	Cn2	7	0,515	Cn2	7	1,590	
Ch_Cov	8	0,884	Usle_P	8	0,290	Alpha_Bf	8	0,829	Usle_P	8	0,467	Ch_K2	8	0,801	
Usle_P	9	0,858	Alpha_Bf	9	0,284	Ch_Cov	9	0,490	Ch_K2	9	0,257	Alpha_Bf	9	0,785	
Ch_K2	10	0,800	Esco	10	0,202	Ch_Erod	10	0,297	Alpha_Bf	10	0,166	Ch_Cov	10	0,534	
Canmx	11	0,747	Blai	11	0,142	Esco	11	0,267	Esco	11	0,128	Esco	11	0,403	
Esco	12	0,591	Canmx	12	0,132	Slope	12	0,211	Revapmin	12	0,096	Blai	12	0,353	
Slope	13	0,536	Slope	13	0,113	Canmx	13	0,209	Canmx	13	0,087	Canmx	13	0,350	
Blai	14	0,411	Revapmin	14	0,100	Blai	14	0,153	Slope	14	0,085	Ch_Erod	14	0,342	
Sol_K	15	0,369	Ch_K2	15	0,089	Sol_Awc	15	0,091	Rchrg_Dp	15	0,077	Slope	15	0,283	
Sol_Awc	16	0,244	Sol_Awc	16	0,081	Sol_Z	16	0,088	Blai	16	0,056	Sol_K	16	0,080	
Sol_Z	17	0,171	Biomix	17	0,056	Sol_K	17	0,066	Sol_Awc	17	0,037	Biomix	17	0,064	
Rchrg_Dp	18	0,120	Sol_K	18	0,050	Rchrg_Dp	18	0,059	Sol_Z	18	0,032	Sol_Z	18	0,054	
Biomix	19	0,070	Sol_Z	19	0,045	Sisubbsn	19	0,053	Sisubbsn	19	0,026	Sisubbsn	19	0,045	
Sisubbsn	20	0,058	Rchrg_Dp	20	0,044	Epco	20	0,049	Biomix	20	0,017	Rchrg_Dp	20	0,021	
Revapmin	21	0,045	Sisubbsn	21	0,023	Biomix	21	0,026	Epco	21	0,015	Epco	21	0,015	
Gw_Delay	22	0,017	Gw_Delay	22	0,017	Revapmin	22	0,012	Sol_K	22	0,012	Revapmin	22	0,009	
Epco	23	0,012	Gwqmin	23	0,008	Gw_Delay	23	0,008	Gw_Delay	23	0,006	Gw_Delay	23	0,004	
Nperco	24	0,006	Gw_Revap	24	0,003	Gwqmin	24	0,007	Gwqmin	24	0,006	Nperco	24	0,003	
Gwqmin	25	0,003	Epco	25	0,003	Usle_C	25	0,003	Gw_Revap	25	0,002	Usle_C	25	0,003	
Sol_Al	26	0,002	Nperco	26	0,003	Nperco	26	0,002	Usle_C	26	0,001	Gwqmin	26	0,002	
Gw_Revap	27	0,002	Sol_Al	27	0,001	Gw_Revap	27	0,001	Nperco	27	0,001	Sol_Al	27	0,001	
Usle_C	28	0,000	Usle_C	28	0,000	Sol_Al	28	0,000	Sol_Al	28	0,000	Gw_Revap	28	0,000	

Priloga I5: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti suspendiranega sedimenta za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
Appendix I5: Results of the suspended sediment concentration sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase daily Flow						DragonjaBaseNE Flow						DragonjaBasePO daily Flow						Categorized Sensitivity
Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	
Spcon	1	10,400	Spcon	1	5,750	Spcon	1	9,980	Spcon	1	5,740	Spcon	1	10,100	Spcon	1	5,770	
Ch_Erod	2	6,200	Ch_Cov	2	3,020	Ch_N	2	5,710	Ch_N	2	2,950	Ch_N	2	5,950	Ch_N	2	2,930	
Ch_Cov	3	6,010	Ch_N	3	2,910	Ch_Cov	3	4,660	Ch_Cov	3	2,380	Ch_Cov	3	4,140	Ch_Cov	3	2,470	
Ch_N	4	5,560	Ch_Erod	4	2,080	Ch_Erod	4	3,910	Ch_Erod	4	1,660	Ch_Erod	4	3,850	Ch_Erod	4	1,680	
Spexp	5	3,310	Spexp	5	1,590	Spexp	5	3,130	Spexp	5	1,520	Spexp	5	3,390	Spexp	5	1,630	
Surlag	6	1,940	Surlag	6	0,573	Surlag	6	1,830	Surlag	6	0,844	Cn2	6	3,020	Cn2	6	0,732	
Cn2	7	1,420	Cn2	7	0,532	Cn2	7	1,260	Alpha_Bf	7	0,724	Surlag	7	1,860	Alpha_Bf	7	0,671	
Rchrg_Dp	8	1,340	Esco	8	0,390	Alpha_Bf	8	1,140	Cn2	8	0,512	Blai	8	1,010	Surlag	8	0,666	
Alpha_Bf	9	1,070	Rchrg_Dp	9	0,365	Rchrg_Dp	9	1,070	Revapmin	9	0,365	Alpha_Bf	9	0,723	Sol_Awc	9	0,379	
Esco	10	0,930	Revapmin	10	0,291	Ch_K2	10	0,887	Ch_K2	10	0,261	Sol_Awc	10	0,700	Esco	10	0,272	
Canmx	11	0,872	Alpha_Bf	11	0,259	Canmx	11	0,808	Esco	11	0,239	Ch_K2	11	0,608	Revapmin	11	0,249	
Ch_K2	12	0,690	Canmx	12	0,185	Blai	12	0,715	Rchrg_Dp	12	0,192	Canmx	12	0,509	Canmx	12	0,177	
Gwqmn	13	0,574	Blai	13	0,158	Revapmin	13	0,520	Sol_Z	13	0,156	Sol_Z	13	0,391	Ch_K2	13	0,168	
Biomix	14	0,558	Gwqmn	14	0,117	Esco	14	0,468	Blai	14	0,153	Esco	14	0,374	Sol_Z	14	0,156	
Sol_Awc	15	0,387	Sol_Awc	15	0,116	Sol_Z	15	0,285	Canmx	15	0,144	Revapmin	15	0,353	Blai	15	0,137	
Revapmin	16	0,331	Slope	16	0,098	Usle_P	16	0,223	Usle_P	16	0,070	Rchrg_Dp	16	0,328	Rchrg_Dp	16	0,090	
Sol_Z	17	0,278	Sol_Z	17	0,089	Sol_Awc	17	0,222	Biomix	17	0,057	Biomix	17	0,264	Slope	17	0,075	
Blai	18	0,246	Sol_K	18	0,075	Biomix	18	0,204	Gwqmn	18	0,054	Slope	18	0,157	Sol_K	18	0,060	
Slope	19	0,171	Biomix	19	0,060	Gwqmn	19	0,156	Slope	19	0,048	Sol_K	19	0,155	Usle_P	19	0,048	
Sol_K	20	0,163	Ch_K2	20	0,058	Slope	20	0,106	Sol_Awc	20	0,039	Usle_P	20	0,126	Biomix	20	0,041	
Usle_P	21	0,124	Usle_P	21	0,051	Sol_K	21	0,086	Sol_K	21	0,026	Epco	21	0,036	Gw_Delay	21	0,011	
Gw_Delay	22	0,114	Gw_Delay	22	0,039	Epco	22	0,057	Gw_Delay	22	0,016	Sisubsn	22	0,031	Epco	22	0,010	
Epco	23	0,056	Gw_Revap	23	0,014	Gw_Delay	23	0,042	Epco	23	0,013	Gw_Delay	23	0,024	Sisubsn	23	0,009	
Nperco	24	0,031	Sisubsn	24	0,009	Sisubsn	24	0,039	Sisubsn	24	0,011	Gwqmn	24	0,021	Gw_Revap	24	0,005	
Gw_Revap	25	0,030	Epco	25	0,005	Gw_Revap	25	0,018	Gw_Revap	25	0,007	Gw_Revap	25	0,010	Gwqmn	25	0,004	
Sisubsn	26	0,026	Temp	26	0,002	Nperco	26	0,005	Usle_C	26	0,002	Usle_C	26	0,005	Usle_C	26	0,001	
Sol_Alb	27	0,005	Nperco	27	0,001	Usle_C	27	0,004	Nperco	27	0,001	Nperco	27	0,003	Temp	27	0,001	
Temp	28	0,002	Sol_Alb	28	0,001	Sol_Alb	28	0,003	Sol_Alb	28	0,001	Sol_Alb	28	0,003	Nperco	28	0,000	
Usle_C	29	0,000	Usle_C	29	0,001	Temp	29	0,001	Smtmp	29	0,000	Temp	29	0,002	Sol_Alb	29	0,000	
Smtmp	30	0,000	Smtmp	30	0,000	Smtmp	30	0,000				Smtmp	30	0,000	Smtmp	30	0,000	

Priloga 16: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti nitrata za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) za obdobje (2008 – 2009)
Appendix 16: Results of the nitrate concentration (NO₃) sensitivity analysis for the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008-2009)

RekaBase Kožbanjšček						RekaBaseNE Kožbanjšček						RekaBasePO Kožbanjšček						Categorized Sensitivity
Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	
Cn2	1	2,330	Surlag	1	1,140	Rchrg_Dp	1	4,520	Revapmin	1	1,510	Revapmin	1	3,620	Revapmin	1	1,800	Very important
Revapmin	2	2,230	Revapmin	2	1,020	Nperco	2	2,750	Surlag	2	0,918	Sol_Awc	2	2,730	Surlag	2	1,020	
Alpha_Bf	3	2,140	Cn2	3	0,646	Alpha_Bf	3	2,250	Rchrg_Dp	3	0,720	Cn2	3	2,060	Sol_Awc	3	0,856	
Esco	4	1,180	Alpha_Bf	4	0,535	Canmx	4	2,220	Alpha_Bf	4	0,622	Gwqmn	4	2,050	Alpha_Bf	4	0,728	Important (2-6)
Rchrg_Dp	5	1,050	Rchrg_Dp	5	0,362	Esco	5	2,110	Esco	5	0,383	Alpha_Bf	5	1,770	Cn2	5	0,613	
Sol_Awc	6	0,786	Esco	6	0,259	Revapmin	6	1,610	Blai	6	0,299	Nperco	6	1,450	Rchrg_Dp	6	0,358	
Sol_Z	7	0,732	Sol_Z	7	0,231	Cn2	7	1,600	Nperco	7	0,293	Surlag	7	1,290	Blai	7	0,241	Slightly important (7-41)
Surlag	8	0,610	Gwqmn	8	0,194	Sol_Z	8	1,140	Cn2	8	0,270	Esco	8	0,875	Esco	8	0,211	
Sol_K	9	0,472	Sol_Awc	9	0,173	Surlag	9	1,110	Sol_Z	9	0,205	Rchrg_Dp	9	0,811	Canmx	9	0,204	
Slope	10	0,471	Blai	10	0,149	Blai	10	0,908	Canmx	10	0,182	Sol_Z	10	0,773	Sol_Z	10	0,177	
Nperco	11	0,454	Sol_K	11	0,113	Sol_Awc	11	0,652	Ch_K2	11	0,146	Canmx	11	0,557	Nperco	11	0,173	
Gwqmn	12	0,352	Slope	12	0,100	Gwqmn	12	0,616	Gwqmn	12	0,131	Blai	12	0,452	Ch_K2	12	0,152	
Blai	13	0,255	Nperco	13	0,095	Sol_K	13	0,316	Slope	13	0,089	Ch_K2	13	0,400	Slope	13	0,085	
Canmx	14	0,252	Gw_Delay	14	0,074	Ch_K2	14	0,288	Sol_Awc	14	0,084	Slope	14	0,309	Sol_K	14	0,072	
Epco	15	0,128	Canmx	15	0,070	Slope	15	0,211	Sol_K	15	0,078	Sol_K	15	0,254	Gw_Delay	15	0,047	
Gw_Delay	16	0,087	Ch_K2	16	0,046	Gw_Delay	16	0,189	Gw_Delay	16	0,062	Gw_Delay	16	0,170	Gwqmn	16	0,041	
Ch_K2	17	0,050	Epco	17	0,032	Epco	17	0,054	Epco	17	0,028	Gw_Revap	17	0,066	Gw_Revap	17	0,023	
Gw_Revap	18	0,036	Gw_Revap	18	0,014	Sisubsn	18	0,042	Ch_N	18	0,026	Ch_N	18	0,059	Usle_P	18	0,019	
Ch_N	19	0,016	Usle_P	19	0,011	Gw_Revap	19	0,041	Gw_Revap	19	0,022	Usle_P	19	0,038	Biomix	19	0,010	
Usle_P	20	0,016	Biomix	20	0,007	Ch_N	20	0,030	Usle_P	20	0,016	Biomix	20	0,024	Ch_N	20	0,007	
Biomix	21	0,012	Sisubsn	21	0,005	Usle_P	21	0,018	Biomix	21	0,007	Sol_Albi	21	0,013	Epco	21	0,006	
Sisubsn	22	0,012	Ch_N	22	0,005	Biomix	22	0,016	Sisubsn	22	0,006	Phoskd	22	0,011	Sisubsn	22	0,005	
Phoskd	23	0,004	Phoskd	23	0,004	Phoskd	23	0,007	Phoskd	23	0,003	Epco	23	0,009	Sol_Albi	23	0,004	
Sol_Albi	24	0,004	Sol_Albi	24	0,001	Sol_Albi	24	0,007	Sol_Albi	24	0,002	Sisubsn	24	0,008	Phoskd	24	0,003	
Pperco	25	0,000	Pperco	25	0,000	Usle_C	25	0,000	Pperco	25	0,000	Usle_C	25	0,000	Pperco	25	0,000	
Usle_C	26	0,000	Ch_Cov	42	0,000	Pperco	26	0,000	Usle_C	26	0,000	Pperco	26	0,000	Usle_C	26	0,000	

Priloga I7: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti nitrata (NO_3^-) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
Appendix I7: Results of the the nitrate concentration (NO_3^-) sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase					DragonjaBaseNE					DragonjaBasePO					Categorized Sensitivity		
Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)		Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)		Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)		Very important		
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean		par	rank
Blai	1	3,310	Revapmin	1	1,290	Cn2	1	7,350	Revapmin	1	1,650	Cn2	1	11,200	Revapmin	1	1,290
Sol_Awc	2	3,010	Blai	2	1,070	Canmx	2	5,500	Cn2	2	0,893	Blai	2	6,560	Cn2	2	1,280
Cn2	3	2,380	Rchrg_Dp	3	0,412	Surlag	3	5,140	Blai	3	0,796	Sol_Awc	3	5,290	Blai	3	0,878
Revapmin	4	2,120	Sol_Awc	4	0,336	Revapmin	4	4,630	Surlag	4	0,762	Sol_Z	4	5,200	Sol_Awc	4	0,802
Rchrg_Dp	5	2,070	Nperco	5	0,310	Alpha_Bf	5	3,810	Sol_Z	5	0,534	Surlag	5	5,090	Alpha_Bf	5	0,501
Sol_Z	6	1,880	Gwqmn	6	0,231	Esco	6	3,420	Canmx	6	0,427	Canmx	6	4,930	Surlag	6	0,372
Alpha_Bf	7	1,580	Alpha_Bf	7	0,230	Sol_Z	7	3,080	Alpha_Bf	7	0,422	Esco	7	3,060	Nperco	7	0,353
Canmx	8	0,919	Cn2	8	0,205	Blai	8	2,590	Rchrg_Dp	8	0,335	Rchrg_Dp	8	2,970	Sol_Z	8	0,224
Esco	9	0,691	Surlag	9	0,177	Sol_Awc	9	2,470	Sol_Awc	9	0,314	Alpha_Bf	9	2,540	Rchrg_Dp	9	0,204
Sol_K	10	0,439	Sol_Z	10	0,115	Esco	10	2,160	Esco	10	0,275	Revapmin	10	2,330	Esco	10	0,171
Gw_Delay	11	0,391	Slope	11	0,107	Sol_K	11	2,140	Nperco	11	0,161	Esco	11	1,480	Sol_K	11	0,125
Nperco	12	0,362	Esco	12	0,094	Rchrg_Dp	12	1,310	Esco	12	0,135	Nperco	12	0,736	Canmx	12	0,104
Ch_K2	13	0,270	Gw_Delay	13	0,070	Ch_K2	13	0,970	Ch_K2	13	0,128	Sol_K	13	0,732	Slope	13	0,074
Surlag	14	0,261	Sol_K	14	0,065	Nperco	14	0,608	Sol_K	14	0,107	Slope	14	0,684	Ch_K2	14	0,073
Slope	15	0,229	Canmx	15	0,062	Gw_Delay	15	0,604	Usle_P	15	0,107	Ch_K2	15	0,371	Usle_P	15	0,070
Esco	16	0,177	Biomix	16	0,059	Slope	16	0,377	Slope	16	0,102	Biomix	16	0,314	Gw_Delay	16	0,067
Gwqmn	17	0,159	Esco	17	0,053	Ch_N	17	0,330	Gw_Delay	17	0,073	Gw_Delay	17	0,273	Esco	17	0,064
Biomix	18	0,131	Ch_K2	18	0,035	Gw_Revap	18	0,244	Gwqmn	18	0,060	Sol_Alb	18	0,264	Biomix	18	0,042
Sol_Alb	19	0,059	Ch_N	19	0,016	Gwqmn	19	0,147	Gw_Revap	19	0,056	Ch_N	19	0,241	Ch_N	19	0,020
Gw_Revap	20	0,052	Phoskd	20	0,012	Biomix	20	0,126	Ch_N	20	0,038	Gw_Revap	20	0,071	Gwqmn	20	0,017
Ch_N	21	0,046	Gw_Revap	21	0,010	Sol_Alb	21	0,054	Biomix	21	0,029	Usle_P	21	0,054	Gw_Revap	21	0,012
Usle_P	22	0,004	Usle_P	22	0,009	Sisubbsn	22	0,043	Sol_Alb	22	0,007	Gwqmn	22	0,047	Sol_Alb	22	0,008
Sisubbsn	23	0,003	Sol_Alb	23	0,006	Usle_P	23	0,031	Phoskd	23	0,006	Phoskd	23	0,024	Phoskd	23	0,006
Temp	24	0,002	Sisubbsn	24	0,004	Phoskd	24	0,004	Sisubbsn	24	0,006	Sisubbsn	24	0,013	Sisubbsn	24	0,003
Pperco	25	0,001	Temp	25	0,000	Temp	25	0,001	Temp	25	0,000	Temp	25	0,004	Temp	25	0,001
Phoskd	26	0,000	Smtmp	26	0,000	Smtmp	26	0,001	Pperco	26	0,000	Smtmp	26	0,000	Pperco	26	0,000
Smtmp	27	0,000				Pperco	27	0,001	Usle_C	27	0,000						
Usle_C	28	0,000				Ch_Cov	42	0,000	Smtmp	28	0,000						

Slightly important (7-41)

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga 18: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega dušika (TN) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
Appendix 18: Results of the total nitrogen (TN) concentration sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase										DragonjaBaseNE										DragonjaBasePO										Categorized Sensitivity	
Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Categorized Sensitivity	
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean		
Blai	1	6,010	Revapmin	1	1,100	Cn2	1	8,260	Surlag	1	1,160	Cn2	1	8,590	Cn2	1	1,340	Cn2	1	8,590	Cn2	1	1,340	Cn2	1	8,590	Cn2	1	1,340	Very important	
Canmx	2	4,810	Cn2	2	1,040	Surlag	2	5,140	Revapmin	2	1,150	Canmx	2	6,440	Surlag	2	1,200	Canmx	2	6,440	Surlag	2	1,200	Canmx	2	6,440	Surlag	2	1,200		
Cn2	3	4,740	Blai	3	0,999	Canmx	3	4,250	Cn2	3	1,110	Surlag	3	4,990	Revapmin	3	1,010	Surlag	3	4,990	Revapmin	3	1,010	Surlag	3	4,990	Revapmin	3	1,010	Important (2-6)	
Alpha_Bf	4	4,220	Surlag	4	0,972	Blai	4	3,070	Blai	4	0,808	Blai	4	4,170	Blai	4	0,808	Blai	4	4,170	Blai	4	0,808	Blai	4	4,170	Blai	4	0,808		
Surlag	5	3,730	Canmx	5	0,309	Esco	5	2,580	Sol_Z	5	0,480	Sol_Z	5	3,580	Sol_Awc	5	0,745	Sol_Z	5	3,580	Sol_Awc	5	0,745	Sol_Awc	5	3,580	Sol_Awc	5	0,745		
Revapmin	6	3,560	Sol_Awc	6	0,281	Alpha_Bf	6	2,560	Canmx	6	0,421	Esco	6	3,410	Esco	6	0,292	Esco	6	3,410	Esco	6	0,292	Esco	6	3,410	Esco	6	0,292		
Sol_Awc	7	1,950	Sol_Z	7	0,254	Revapmin	7	1,310	Usle_P	7	0,379	Esco	7	1,780	Sol_Z	7	0,285	Esco	7	1,780	Sol_Z	7	0,285	Sol_Z	7	1,780	Sol_Z	7	0,285		
Sol_Z	8	1,560	Rchrg_Dp	8	0,231	Esco	8	1,300	Alpha_Bf	8	0,358	Sol_Awc	8	1,740	Usle_P	8	0,273	Sol_Awc	8	1,740	Usle_P	8	0,273	Usle_P	8	1,740	Usle_P	8	0,273		
Rchrg_Dp	9	1,330	Nperco	9	0,210	Sol_Z	9	1,190	Esco	9	0,286	Alpha_Bf	9	0,880	Alpha_Bf	9	0,258	Alpha_Bf	9	0,880	Alpha_Bf	9	0,258	Alpha_Bf	9	0,880	Alpha_Bf	9	0,258		
Gw_Delay	10	1,010	Alpha_Bf	10	0,117	Sol_Awc	10	1,040	Sol_Awc	10	0,248	Sol_K	10	0,817	Nperco	10	0,233	Sol_K	10	0,817	Nperco	10	0,233	Nperco	10	0,817	Nperco	10	0,233		
Esco	11	0,930	Ch_K2	11	0,102	Sol_K	11	0,652	Rchrg_Dp	11	0,198	Biomix	11	0,614	Sol_K	11	0,161	Biomix	11	0,614	Sol_K	11	0,161	Sol_K	11	0,614	Sol_K	11	0,161		
Gwqmn	12	0,534	Gwqmn	12	0,100	Rchrg_Dp	12	0,620	Ch_K2	12	0,155	Slope	12	0,515	Rchrg_Dp	12	0,126	Slope	12	0,515	Rchrg_Dp	12	0,126	Rchrg_Dp	12	0,515	Rchrg_Dp	12	0,126		
Sol_K	13	0,402	Sol_K	13	0,097	Nperco	13	0,440	Sol_K	13	0,124	Rchrg_Dp	13	0,474	Canmx	13	0,079	Canmx	13	0,474	Canmx	13	0,079	Canmx	13	0,474	Canmx	13	0,079		
Phoskd	14	0,293	Esco	14	0,089	Ch_K2	14	0,411	Esco	14	0,101	Ch_N	14	0,245	Slope	14	0,077	Slope	14	0,245	Slope	14	0,077	Slope	14	0,245	Slope	14	0,077		
Slope	15	0,260	Usle_P	15	0,072	Gwqmn	15	0,393	Slope	15	0,100	Nperco	15	0,218	Biomix	15	0,073	Biomix	15	0,218	Biomix	15	0,073	Biomix	15	0,218	Biomix	15	0,073		
Biomix	16	0,253	Slope	16	0,063	Slope	16	0,317	Nperco	16	0,094	Revapmin	16	0,209	Ch_K2	16	0,073	Ch_K2	16	0,209	Ch_K2	16	0,073	Ch_K2	16	0,209	Ch_K2	16	0,073		
Gw_Revap	17	0,191	Gw_Delay	17	0,055	Biomix	17	0,149	Biomix	17	0,079	Ch_K2	17	0,199	Esco	17	0,058	Esco	17	0,199	Esco	17	0,058	Esco	17	0,199	Esco	17	0,058		
Nperco	18	0,175	Esco	18	0,052	Gw_Revap	18	0,128	Gw_Delay	18	0,054	Gw_Delay	18	0,078	Gw_Delay	18	0,050	Gw_Delay	18	0,078	Gw_Delay	18	0,050	Gw_Delay	18	0,078	Gw_Delay	18	0,050		
Ch_N	19	0,133	Biomix	19	0,045	Gw_Delay	19	0,107	Gw_Revap	19	0,037	Gw_Revap	19	0,078	Ch_N	19	0,020	Ch_N	19	0,078	Ch_N	19	0,020	Ch_N	19	0,078	Ch_N	19	0,020		
Ch_K2	20	0,091	Ch_N	20	0,034	Sol_Alb	20	0,090	Ch_N	20	0,029	Sisubbsn	20	0,062	Sisubbsn	20	0,016	Sisubbsn	20	0,062	Sisubbsn	20	0,016	Sisubbsn	20	0,062	Sisubbsn	20	0,016		
Esco	21	0,074	Sisubbsn	21	0,005	Usle_P	21	0,072	Sisubbsn	21	0,026	Sol_Alb	21	0,059	Gw_Revap	21	0,009	Gw_Revap	21	0,059	Gw_Revap	21	0,009	Gw_Revap	21	0,059	Gw_Revap	21	0,009		
Sol_Alb	22	0,044	Sol_Alb	22	0,005	Ch_N	22	0,047	Gwqmn	22	0,024	Usle_P	22	0,051	Phoskd	22	0,005	Phoskd	22	0,051	Phoskd	22	0,005	Phoskd	22	0,051	Phoskd	22	0,005		
Sisubbsn	23	0,007	Phoskd	23	0,003	Sisubbsn	23	0,041	Phoskd	23	0,006	Phoskd	23	0,046	Sol_Alb	23	0,004	Sol_Alb	23	0,046	Sol_Alb	23	0,004	Sol_Alb	23	0,046	Sol_Alb	23	0,004		
Usle_P	24	0,005	Smtmp	24	0,001	Phoskd	24	0,014	Sol_Alb	24	0,004	Gwqmn	24	0,037	Gwqmn	24	0,004	Gwqmn	24	0,037	Gwqmn	24	0,004	Gwqmn	24	0,037	Gwqmn	24	0,004		
Pperco	25	0,003	Pperco	25	0,000	Pperco	25	0,001	Smtmp	25	0,001	Pperco	25	0,003	Temp	25	0,002	Temp	25	0,003	Temp	25	0,002	Temp	25	0,003	Temp	25	0,002		
Temp	26	0,001	Gw_Revap	26	0,000	Usle_C	26	0,000	Temp	26	0,001	Usle_C	26	0,001	Smtmp	26	0,001	Smtmp	26	0,001	Smtmp	26	0,001	Smtmp	26	0,001	Smtmp	26	0,001		
			Usle_C	27	0,000				Pperco	27	0,000	Usle_C			Usle_C	27	0,000	Usle_C			Usle_C	27	0,000	Usle_C			Usle_C	27	0,000		
			Temp	28	0,000				Usle_C	28	0,000	Usle_C			Pperco	28	0,000	Pperco			Pperco	28	0,000	Pperco			Pperco	28	0,000		

Slightly important (7-41)

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga I9: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti mineralnega fosforja (PO_4^{3-}) za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)
Appendix I9: Results of the mineral phosphorus (PO_4^{3-}) concentration sensitivity analysis for the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008-2009)

RekaBase Kožbanjšček						RekaBaseNE Kožbanjšček						RekaBasePO Kožbanjšček						Categorized Sensitivity
Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	
Cn2	1	7,640	Usle_P	1	3,140	Canmx	1	9,140	Surlag	1	3,550	Canmx	1	7,650	Surlag	1	3,790	Very important
Usle_P	2	6,250	Cn2	2	2,760	Usle_P	2	5,680	Usle_P	2	2,630	Blai	2	6,500	Cn2	2	3,160	
Surlag	3	4,980	Surlag	3	2,620	Blai	3	5,230	Cn2	3	2,160	Usle_P	3	5,570	Usle_P	3	2,640	Important (2-6)
Blai	4	4,970	Alpha_Bf	4	1,840	Surlag	4	4,600	Blai	4	0,935	Cn2	4	5,440	Blai	4	1,240	
Canmx	5	4,270	Ch_K2	5	1,140	Cn2	5	3,440	Canmx	5	0,788	Surlag	5	4,260	Canmx	5	0,705	
Biomix	6	1,620	Blai	6	0,716	Biomix	6	1,770	Slope	6	0,546	Sol_Z	6	1,570	Sol_Awc	6	0,626	
Ch_K2	7	1,480	Slope	7	0,641	Slope	7	1,310	Sol_Z	7	0,313	Sol_Awc	7	1,440	Slope	7	0,538	Slightly important (7-41)
Esco	8	1,370	Canmx	8	0,371	Sol_Z	8	0,992	Esco	8	0,215	Slope	8	1,400	Esco	8	0,506	
Sol_Z	9	1,260	Sol_Awc	9	0,314	Esco	9	0,658	Esco	9	0,162	Biomix	9	1,320	Alpha_Bf	9	0,265	
Slope	10	1,130	Sol_Z	10	0,271	Ch_K2	10	0,425	Sol_K	10	0,152	Esco	10	1,070	Sol_K	10	0,223	
Alpha_Bf	11	0,858	Esco	11	0,207	Esco	11	0,389	Alpha_Bf	11	0,150	Alpha_Bf	11	0,500	Sol_Z	11	0,209	
Sol_Awc	12	0,688	Sol_K	12	0,150	Alpha_Bf	12	0,385	Biomix	12	0,148	Ch_K2	12	0,426	Biomix	12	0,137	
Sol_K	13	0,260	Ch_N	13	0,135	Sol_Awc	13	0,139	Ch_K2	13	0,067	Esco	13	0,416	Esco	13	0,099	
Sisubbsn	14	0,178	Biomix	14	0,111	Sol_K	14	0,122	Sisubbsn	14	0,063	Sol_K	14	0,151	Sisubbsn	14	0,075	
Ch_N	15	0,096	Sisubbsn	15	0,075	Sisubbsn	15	0,119	Sol_Awc	15	0,056	Sisubbsn	15	0,117	Ch_K2	15	0,058	
Esco	16	0,073	Rchrg_Dp	16	0,012	Ch_N	16	0,036	Gwqmn	16	0,015	Ch_N	16	0,058	Gwqmn	16	0,040	
Rchrg_Dp	17	0,042	Esco	17	0,012	Rchrg_Dp	17	0,018	Rchrg_Dp	17	0,014	Pperco	17	0,016	Ch_N	17	0,017	
Phoskd	18	0,032	Gwqmn	18	0,007	Phoskd	18	0,007	Ch_N	18	0,014	Phoskd	18	0,008	Rchrg_Dp	18	0,016	
Gw_Delay	19	0,001	Gw_Delay	19	0,004	Gwqmn	19	0,000	Revapmin	19	0,003	Gwqmn	19	0,001	Gw_Delay	19	0,004	
Sol_Al	20	0,000	Phoskd	20	0,003	Nperco	20	0,000	Gw_Revap	20	0,002	Rchrg_Dp	20	0,000	Phoskd	20	0,004	
Gw_Revap	21	0,000	Revapmin	21	0,002	Gw_Revap	21	0,000	Gw_Delay	21	0,002	Gw_Delay	21	0,000	Pperco	21	0,002	
			Sol_Al	22	0,001	Revapmin	22	0,000	Phoskd	22	0,002				Revapmin	22	0,002	
			Pperco	23	0,000				Nperco	23	0,001				Gw_Revap	23	0,001	
			Gw_Revap	24	0,000				Sol_Al	24	0,000				Nperco	24	0,000	
			Nperco	25	0,000										Sol_Al	25	0,000	

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga I10: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti mineralnega fosforja (PO_4^{3-}) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
Appendix I10: Results of the mineral phosphorus (PO_4^{3-}) concentration sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase										DragonjaBaseNE										DragonjaBasePO										Categorized Sensitivity	
Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				Categorized Sensitivity	
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean		
Canmx	1	11,900	Cn2	1	2,520	Cn2	1	13,100	Cn2	1	2,720	Cn2	1	14,400	Cn2	1	14,400	Cn2	1	14,400	Cn2	1	3,730	Cn2	1	14,400	Cn2	1	3,730	Very important	
Blai	2	11,600	Surlag	2	2,420	Canmx	2	12,000	Surlag	2	2,250	Surlag	2	11,600	Surlag	2	11,600	Surlag	2	11,600	Surlag	2	2,870	Surlag	2	11,600	Surlag	2	2,870		
Surlag	3	9,300	Sol_Z	3	1,220	Blai	3	7,390	Canmx	3	1,540	Canmx	3	10,300	Usle_P	3	10,300	Usle_P	3	10,300	Usle_P	3	1,250	Usle_P	3	10,300	Usle_P	3	1,250		
Cn2	4	8,240	Alpha_Bf	4	1,160	Surlag	4	6,740	Sol_Z	4	1,470	Sol_Z	4	7,420	Alpha_Bf	4	7,420	Alpha_Bf	4	7,420	Alpha_Bf	4	1,000	Alpha_Bf	4	7,420	Alpha_Bf	4	1,000		
Alpha_Bf	5	7,780	Ch_K2	5	0,858	Esco	5	3,210	Usle_P	5	1,390	Blai	5	7,100	Blai	5	7,100	Blai	5	7,100	Blai	5	0,984	Blai	5	7,100	Blai	5	0,984		
Rchrg_Dp	6	3,320	Canmx	6	0,755	Rchrg_Dp	6	2,580	Blai	6	1,280	Sol_Awc	6	6,360	Sol_Awc	6	6,360	Sol_Awc	6	6,360	Sol_Awc	6	0,758	Sol_Awc	6	6,360	Sol_Awc	6	0,758		
Esco	7	3,040	Blai	7	0,750	Sol_Z	7	2,480	Alpha_Bf	7	1,230	Esco	7	4,350	Esco	7	4,350	Esco	7	4,350	Esco	7	0,643	Esco	7	4,350	Esco	7	0,643		
Gw_Delay	8	3,030	Sol_Awc	8	0,708	Biomix	8	2,330	Ch_K2	8	0,822	Revapmin	8	3,810	Sol_Z	8	3,810	Sol_Z	8	3,810	Sol_Z	8	0,538	Sol_Z	8	3,810	Sol_Z	8	0,538		
Sol_Awc	9	2,530	Sol_K	9	0,442	Alpha_Bf	9	2,220	Esco	9	0,673	Ch_K2	9	2,630	Ch_K2	9	2,630	Ch_K2	9	2,630	Ch_K2	9	0,436	Ch_K2	9	2,630	Ch_K2	9	0,436		
Sol_Z	10	2,420	Usle_P	10	0,423	Esco	10	1,990	Sol_Awc	10	0,432	Sol_K	10	2,310	Biomix	10	2,310	Biomix	10	2,310	Biomix	10	0,359	Biomix	10	2,310	Biomix	10	0,359		
Biomix	11	2,110	Esco	11	0,423	Sol_Awc	11	1,980	Slope	11	0,322	Biomix	11	1,860	Sol_K	11	1,860	Sol_K	11	1,860	Sol_K	11	0,344	Sol_K	11	1,860	Sol_K	11	0,344		
Nperco	12	0,942	Rchrg_Dp	12	0,324	Sol_K	12	1,610	Sol_K	12	0,297	Rchrg_Dp	12	1,450	Canmx	12	1,450	Canmx	12	1,450	Canmx	12	0,331	Canmx	12	1,450	Canmx	12	0,331		
Sol_K	13	0,829	Biomix	13	0,253	Gwqmn	13	1,540	Biomix	13	0,235	Esco	13	1,270	Slope	13	1,270	Slope	13	1,270	Slope	13	0,266	Slope	13	1,270	Slope	13	0,266		
Gwqmn	14	0,801	Esco	14	0,177	Ch_K2	14	1,450	Rchrg_Dp	14	0,210	Alpha_Bf	14	1,040	Ch_N	14	1,040	Ch_N	14	1,040	Ch_N	14	0,146	Ch_N	14	1,040	Ch_N	14	0,146		
Slope	15	0,766	Gwqmn	15	0,159	Nperco	15	1,050	Ch_N	15	0,136	Nperco	15	0,796	Rchrg_Dp	15	0,796	Rchrg_Dp	15	0,796	Rchrg_Dp	15	0,103	Rchrg_Dp	15	0,796	Rchrg_Dp	15	0,103		
Usle_P	16	0,695	Slope	16	0,140	Usle_P	16	0,962	Esco	16	0,104	Slope	16	0,717	Esco	16	0,717	Esco	16	0,717	Esco	16	0,084	Esco	16	0,717	Esco	16	0,084		
Esco	17	0,310	Ch_N	17	0,133	Revapmin	17	0,771	Sisubbsn	17	0,097	Gw_Delay	17	0,666	Sisubbsn	17	0,666	Sisubbsn	17	0,666	Sisubbsn	17	0,081	Sisubbsn	17	0,666	Sisubbsn	17	0,081		
Ch_N	18	0,283	Revapmin	18	0,067	Ch_N	18	0,639	Revapmin	18	0,093	Usle_P	18	0,587	Revapmin	18	0,587	Revapmin	18	0,587	Revapmin	18	0,024	Revapmin	18	0,587	Revapmin	18	0,024		
Gw_Revap	19	0,250	Nperco	19	0,054	Slope	19	0,595	Gwqmn	19	0,086	Sisubbsn	19	0,508	Gwqmn	19	0,508	Gwqmn	19	0,508	Gwqmn	19	0,021	Gwqmn	19	0,508	Gwqmn	19	0,021		
Ch_K2	20	0,211	Sisubbsn	20	0,046	Gw_Delay	20	0,371	Nperco	20	0,025	Ch_N	20	0,432	Gw_Delay	20	0,432	Gw_Delay	20	0,432	Gw_Delay	20	0,019	Gw_Delay	20	0,432	Gw_Delay	20	0,019		
Sisubbsn	21	0,190	Gw_Revap	21	0,029	Sol_Alb	21	0,245	Gw_Delay	21	0,011	Gwqmn	21	0,286	Nperco	21	0,286	Nperco	21	0,286	Nperco	21	0,014	Nperco	21	0,286	Nperco	21	0,014		
Revapmin	22	0,159	Gw_Delay	22	0,016	Sisubbsn	22	0,101	Gw_Revap	22	0,009	Temp	22	0,181	Sol_Alb	22	0,181	Sol_Alb	22	0,181	Sol_Alb	22	0,010	Sol_Alb	22	0,181	Sol_Alb	22	0,010		
Sol_Alb	23	0,078	Sol_Alb	23	0,010	Phoskd	23	0,079	Phoskd	23	0,005	Sol_Alb	23	0,027	Gw_Revap	23	0,027	Gw_Revap	23	0,027	Gw_Revap	23	0,005	Gw_Revap	23	0,027	Gw_Revap	23	0,005		
Phoskd	24	0,023	Phoskd	24	0,003	Gw_Revap	24	0,031	Sol_Alb	24	0,005	Phoskd	24	0,020	Phoskd	24	0,020	Phoskd	24	0,020	Phoskd	24	0,003	Phoskd	24	0,020	Phoskd	24	0,003		
Pperco	25	0,001	Temp	25	0,003	Pperco	25	0,023	Temp	25	0,001	Gw_Revap	25	0,010	Temp	25	0,010	Temp	25	0,010	Temp	25	0,002	Temp	25	0,010	Temp	25	0,002		
Temp	26	0,001	Pperco	26	0,003	Usle_C	26	0,000	Usle_C	26	0,001	Pperco	26	0,000	Usle_C	26	0,000	Usle_C	26	0,000	Usle_C	26	0,001	Usle_C	26	0,000	Usle_C	26	0,001		
Usle_C	27	0,000	Smtmp	27	0,002				Smtmp	27	0,000	Usle_C	27	0,000	Smtmp	27	0,000	Smtmp	27	0,000	Smtmp	27	0,001	Pperco	27	0,000	Smtmp	27	0,001		
			Usle_C	28	0,001				Pperco	28	0,000											28	0,000	Smtmp	28			28	0,000		

Slightly important (7-41)

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga III.1: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja (TP) za pritok Kožbanjšček v porečju reke Reke (podporečje 5) (2008-2009)
Appendix III.1: Results of the total phosphorus concentration (TP) sensitivity analysis for the river Reka tributary Kožbanjšček (subcatchment 5) (2008-2009)

RekaBase Kožbanjšček						RekaBaseNE Kožbanjšček						RekaBasePO Kožbanjšček						Categorized Sensitivity	
Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)			Output value (povp. konc.)				
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean		
Usle_P	1	4,180	Surlag	1	2,460	Surlag	1	4,140	Surlag	1	3,330	Cn2	1	5,140	Surlag	1	3,440		
Cn2	2	3,790	Cn2	2	2,260	Cn2	2	3,300	Cn2	2	2,220	Surlag	2	4,460	Cn2	2	2,540		
Alpha_Bf	3	2,900	Usle_P	3	1,700	Usle_P	3	2,290	Usle_P	3	1,470	Usle_P	3	2,130	Usle_P	3	1,410		
Surlag	4	2,760	Alpha_Bf	4	1,110	Blai	4	1,300	Blai	4	0,737	Blai	4	1,360	Blai	4	0,860		
Ch_K2	5	1,630	Blai	5	0,561	Canmx	5	1,140	Canmx	5	0,551	Sol_Awc	5	1,350	Canmx	5	0,616		
Slope	6	0,990	Ch_K2	6	0,535	Slope	6	0,742	Slope	6	0,327	Alpha_Bf	6	0,942	Sol_Awc	6	0,559		
Sol_Awc	7	0,676	Sol_Awc	7	0,471	Sol_Z	7	0,498	Sol_Z	7	0,266	Sol_Z	7	0,859	Alpha_Bf	7	0,370		
Sol_Z	8	0,585	Sol_Z	8	0,336	Alpha_Bf	8	0,447	Alpha_Bf	8	0,247	Slope	8	0,702	Slope	8	0,355		
Blai	9	0,552	Slope	9	0,271	Esco	9	0,334	Esco	9	0,153	Canmx	9	0,613	Sol_Z	9	0,350		
Canmx	10	0,362	Sol_K	10	0,226	Biomix	10	0,238	Ch_K2	10	0,131	Esco	10	0,279	Esco	10	0,347		
Sol_K	11	0,341	Canmx	11	0,181	Ch_K2	11	0,193	Biomix	11	0,123	Sol_K	11	0,254	Sol_K	11	0,161		
Esco	12	0,298	Esco	12	0,146	Sol_K	12	0,166	Sol_K	12	0,121	Biomix	12	0,210	Ch_K2	12	0,153		
Sisubbsn	13	0,170	Rchrg_Dp	13	0,090	Rchrg_Dp	13	0,141	Rchrg_Dp	13	0,113	Rchrg_Dp	13	0,181	Revapmin	13	0,140		
Ch_N	14	0,151	Biomix	14	0,089	Sisubbsn	14	0,138	Esco	14	0,094	Revapmin	14	0,176	Rchrg_Dp	14	0,132		
Biomix	15	0,116	Ch_N	15	0,074	Esco	15	0,119	Revapmin	15	0,075	Sisubbsn	15	0,148	Biomix	15	0,101		
Rchrg_Dp	16	0,055	Sisubbsn	16	0,069	Sol_Awc	16	0,117	Sisubbsn	16	0,058	Ch_K2	16	0,143	Sisubbsn	16	0,061		
Gwqmn	17	0,047	Revapmin	17	0,056	Revapmin	17	0,055	Sol_Awc	17	0,034	Esco	17	0,090	Esco	17	0,049		
Revapmin	18	0,029	Gwqmn	18	0,050	Gwqmn	18	0,026	Ch_N	18	0,027	Gwqmn	18	0,025	Gwqmn	18	0,030		
Gw_Delay	19	0,012	Gw_Delay	19	0,020	Ch_N	19	0,015	Gwqmn	19	0,022	Ch_N	19	0,021	Gw_Delay	19	0,023		
Esco	20	0,010	Esco	20	0,010	Gw_Delay	20	0,012	Gw_Delay	20	0,015	Gw_Delay	20	0,015	Ch_N	20	0,014		
Gw_Revap	21	0,004	Gw_Revap	21	0,006	Nperco	21	0,005	Gw_Revap	21	0,005	Nperco	21	0,005	Nperco	21	0,005		
Nperco	22	0,002	Nperco	22	0,002	Gw_Revap	22	0,003	Nperco	22	0,004	Sol_Albb	22	0,002	Gw_Revap	22	0,004		
Phoskd	23	0,001	Phoskd	23	0,001	Sol_Albb	23	0,001	Sol_Albb	23	0,001	Phoskd	23	0,002	Phoskd	23	0,002		
Sol_Albb	24	0,001	Sol_Albb	24	0,001	Pperco	24	0,000	Pperco	24	0,000	Gw_Revap	24	0,001	Sol_Albb	24	0,001		
			Usle_C	25	0,000	Phoskd	25	0,000	Phoskd	25	0,000	Pperco	25	0,000	Pperco	25	0,000		
			Pperco	26	0,000				Usle_C	26	0,000								

Slightly important (7-41)

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga I12: Rezultati analize senzitivnosti vsebnosti celotnega fosforja (TP) za porečje reke Dragonje (podporečje 14) (1998 – 2005)
Appendix I12: Results of the total phosphorus concentration (TP) sensitivity analysis for the river Dragonja (subcatchment 14) (1998-2005)

DragonjaBase					DragonjaBaseNE					DragonjaBasePO					Categorized Sensitivity	
Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)			Objective function (SSQR)		Output value (povp. konc.)				
parname	rank	mean	par	rank	mean	parname	rank	mean	par	rank	mean	par	rank	mean		
Canmx	1	7,930	Cn2	1	2,710	Cn2	1	12,000	Cn2	1	2,470	Cn2	1	11,400	1	3,320
Alpha_Bf	2	7,310	Surlag	2	1,810	Surlag	2	6,640	Surlag	2	1,960	Canmx	2	10,200	2	2,380
Blai	3	7,150	Sol_Awc	3	0,792	Canmx	3	6,630	Sol_Z	3	0,995	Surlag	3	10,200	3	0,849
Surlag	4	6,810	Sol_Z	4	0,654	Blai	4	3,070	Canmx	4	0,994	Sol_Z	4	5,810	4	0,773
Cn2	5	6,720	Canmx	5	0,546	Esco	5	2,190	Blai	5	0,957	Sol_Awc	5	4,630	5	0,635
Sol_Z	6	1,940	Alpha_Bf	6	0,529	Rchrg_Dp	6	1,800	Usle_P	6	0,956	Blai	6	4,430	6	0,627
Esco	7	1,830	Blai	7	0,508	Sol_Awc	7	1,340	Alpha_Bf	7	0,619	Esco	7	2,220	7	0,454
Gw_Delay	8	1,600	Ch_K2	8	0,487	Biomix	8	1,330	Esco	8	0,501	Sol_K	8	2,200	8	0,423
Rchrg_Dp	9	1,490	Rchrg_Dp	9	0,377	Epco	9	1,290	Sol_Awc	9	0,316	Biomix	9	1,340	9	0,315
Sol_Awc	10	1,300	Sol_K	10	0,344	Sol_Z	10	1,210	Ch_K2	10	0,308	Ch_K2	10	1,010	10	0,308
Biomix	11	1,250	Esco	11	0,284	Gwqmn	11	0,980	Rchrg_Dp	11	0,224	Rchrg_Dp	11	1,000	11	0,274
Nperco	12	0,942	Usle_P	12	0,262	Sol_K	12	0,845	Slope	12	0,222	Slope	12	0,820	12	0,180
Sol_K	13	0,800	Revapmin	13	0,224	Alpha_Bf	13	0,795	Slope	13	0,219	Epco	13	0,806	13	0,176
Slope	14	0,497	Biomix	14	0,195	Nperco	14	0,638	Biomix	14	0,205	Ch_N	14	0,748	14	0,129
Gwqmn	15	0,391	Gwqmn	15	0,132	Ch_K2	15	0,539	Revapmin	15	0,204	Revapmin	15	0,730	15	0,116
Usle_P	16	0,354	Slope	16	0,126	Usle_P	16	0,496	Ch_N	16	0,112	Alpha_Bf	16	0,519	16	0,074
Ch_K2	17	0,348	Epco	17	0,099	Slope	17	0,343	Epco	17	0,088	Usle_P	17	0,464	17	0,061
Ch_N	18	0,243	Ch_N	18	0,098	Revapmin	18	0,182	Gwqmn	18	0,082	Nperco	18	0,380	18	0,055
Gw_Revap	19	0,180	Slubbsn	19	0,031	Ch_N	19	0,177	Slubbsn	19	0,075	Slubbsn	19	0,322	19	0,027
Slubbsn	20	0,129	Gw_Delay	20	0,031	Sol_Al	20	0,133	Nperco	20	0,014	Gw_Delay	20	0,257	20	0,023
Revapmin	21	0,102	Nperco	21	0,029	Slubbsn	21	0,126	Gw_Delay	21	0,013	Gwqmn	21	0,082	21	0,013
Epco	22	0,096	Gw_Revap	22	0,021	Gw_Delay	22	0,092	Gw_Revap	22	0,010	Sol_Al	22	0,056	22	0,008
Sol_Al	23	0,047	Sol_Al	23	0,008	Gw_Revap	23	0,006	Sol_Al	23	0,005	Temp	23	0,017	23	0,003
Phoskd	24	0,042	Phoskd	24	0,006	Pperco	24	0,004	Phoskd	24	0,003	Phoskd	24	0,010	24	0,003
Temp	25	0,001	Smtmp	25	0,002	Phoskd	25	0,004	Temp	25	0,001	Usle_C	25	0,003	25	0,002
Pperco	26	0,001	Pperco	26	0,001	Usle_C	26	0,000	Usle_C	26	0,001	Gw_Revap	26	0,002	26	0,001
			Temp	27	0,001				Smtmp	27	0,001	Pperco	27	0,001	27	0,001
			Usle_C	28	0,001				Pperco	28	0,000				28	0,001

Slightly important (7-41)

PRILOGA J

Učinki scenarijev na količine vode v povprečnem podporečju

Priloga J1: Učinek scenarijev pretekle kmetijske rabe na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Appendix J1: Impact of scenarios of past agricultural land use on the average annual actual evapotranspiration (ET), average annual water volume and the average annual contribution of the water sources to the river flow (WYLD) for the average subcatchment in the *. sub file

Scenarij	Povprečne letne količine (mm)							
	PREC	ET	SURQ	LATQ	GWQ	PERCQ	SW	WYLD
Reka								
RekaBase	1486	772	138	369	82	205	143	589
1780*	-	-	-		-			-
1830	1486	775	114	381	88	214	142	584
1940	1486	759	125	384	89	215	143	598
1984	1486	769	134	379	81	202	142	594
2000 CORINE	1486	778	125	370	86	211	142	581
R-Vedrijanšček								
RekaBase	1473	769	114	429	61	160	142	604
1780	1473	768	85	450	69	169	142	604
1830	1473	769	84	452	67	167	141	603
1940	1473	761	90	448	71	173	142	609
1984	1473	766	104	448	59	154	140	611
2000 CORINE	1473	772	99	437	65	164	142	601
Dragonja								
DragonjaBase	970	656	122	50	92	140	107	264
1830*	-	-	-		-			-
2000 CORINE	970	659	111	47	100	151	105	258
D-Rokava								
DragonjaBase	1005	669	129	41	110	164	92	280
1830	1005	663	140	40	107	160	92	287
2000 CORINE	1005	674	114	40	118	175	94	273

*Scenarij ni zajemal celotnega porečja.
Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s priročnikom SWAT modela (Neisch in sod. 2005).

Priloga J2 : Učinek podnebnih scenarijev na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Appendix J2: Impact of climate scenarios on the average annual actual evapotranspiration (ET), average annual water volume and the average annual contribution of the water sources to the river flow (WYLD) for the average subcatchment in the *. sub file

Scenarij	Povprečne letne količine (mm)							SW	WYLD
	PREC	ET	SURQ	LATQ	GWQ	PERCQ			
Reka									
RekaBase	1490	769	144	369	91	205	143	606	
2030	1278	745	88	297	39	144	135	432	
2060	1180	730	68	263	24	116	130	361	
2090	994	655	42	212	10	82	124	268	
R-Vedrijanšček									
RekaBase	1473	769	114	429	61	160	142	604	
2030	1264	742	67	344	29	109	133	441	
2060	1166	722	52	304	18	88	127	374	
2090	983	648	32	243	7	60	119	282	
Dragonja									
DragonjaBase	966	649	122	50	122	140	107	272	
2030	953	642	121	47	89	137	103	265	
2060	941	636	119	46	87	134	100	261	
2090	940	639	122	45	83	130	100	259	
D-Rokava									
DragonjaBase	984	655	122	41	129	164	92	279	
2030	970	648	122	40	104	158	91	273	
2060	959	643	120	39	101	154	89	268	
2090	957	646	123	38	96	148	89	265	
Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s priročnikom SWAT modela (Neisch in sod. 2005).									

Priloga J3: Učinek kmetijsko okoljskih scenarijev na povprečno letno dejansko evapotranspiracijo (ET), povprečne letne količine vode in povprečni letni prispevek virov vode k pretoku (WYLD) za povprečno podporečje v *.sub datoteki

Appendix J3: Impact of agri-environmental scenarios on the average annual actual evapotranspiration (ET), average annual water volume and the average annual contribution of the water sources to the river flow (WYLD) for the average subcatchment in the *. sub file

Scenarij	Povprečne letne količine (mm)							
	PREC	ET	SURQ	LATQ	GWQ	PERCQ	SW	WYLD
Reka								
RekaBase	1486	772	138	369	82	205	143	589
EVP	1486	772	138	369	82	205	143	589
EKO20	1486	772	138	369	82	204	142	589
EKO100	1486	772	138	368	82	205	142	589
S35	1486	772	138	369	82	205	143	589
S50	1486	772	138	369	82	205	143	589
STV35	1486	771	138	369	82	205	143	590
ETA	1486	771	138	369	83	206	143	590
R-Vedrijanšček								
RekaBase	1473	769	114	429	61	160	142	604
EVP	1473	769	114	429	61	160	142	604
EKO20	1473	768	115	429	61	159	142	605
EKO100	1473	770	114	428	62	160	142	603
S35	1473	769	114	429	62	160	142	604
S50	1473	769	114	429	61	160	142	604
STV35	1473	767	114	430	62	160	143	606
ETA	1473	769	114	429	62	160	142	605
Dragonja								
DragonjaBase	970	656	122	50	92	140	107	264
EVP	970	656	122	50	92	140	107	264
EKO20	970	657	122	50	91	139	106	263
EKO100	970	654	122	50	93	141	107	265
S35	970	656	122	50	92	140	107	264
S50	970	656	122	50	92	140	107	264
02STV35	970	656	122	50	92	140	107	264
ETA	970	656	122	50	92	141	107	264
D-Rokava								
DragonjaBase	1005	669	129	41	110	164	92	280
EVP	1005	669	129	41	110	164	92	280
EKO20	1005	670	129	41	109	163	92	278
EKO100	1005	669	129	41	109	164	92	279
S35	1005	669	129	41	110	164	92	280
S50	1005	669	129	41	110	164	92	280
STV35	1005	669	129	41	110	164	92	280
ETA	1005	668	129	41	110	165	92	280

Opomba: Oznake v naslovni vrstici so skladne s priročnikom SWAT modela (Neisch in sod. 2005).

Priloga K3: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v vodotoku za porečje Reke (območji do podporečja 9 in podporečja 8) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\hat{\alpha}=0,025$, SP=14, $t_k=2,145$
Appendix K3: Comparison of the Student t-statistics results between the Base and other scenarios for the average annual river loads of pollutants for the Reka catchment (the area of subcatchments 9 and 8) - Significance level 0,05 - Student sample distribution with the n-1 degrees of freedom, $\hat{\alpha} = 0,025$, SP = 14, $t_k = 2,145$

		Base	BaseNe	BasePo	1780	1830	1940	1984	2000	2030	2060	2090	EVP	PKO20	PKO100	SS5	STV35	PTA
R-Vedrižanšek 9	SS (t leto ⁻¹)	Povprečje	476,1	666,4	640,5	619,4	620,1	513,9	682,1	558,8	294,1	219,8	129,2	366,9	441,4	277,0	471,2	448,3
		Standardni odklon (sd)	310,5	405,9	419,9	438,5	457,3	358,9	483,2	378,7	203,1	140,9	84,2	220,8	280,5	154,6	306,4	310,5
		t-test		1,816	1,516	1,266	1,220	0,409	1,651	0,846	-3,471	-7,045	-15,960	-1,915	-4,979	-4,987	-0,061	-0,377
		Interval zaupanja (I)	172,0	224,8	232,5	242,8	253,3	198,8	267,6	209,7	112,5	78,0	46,6	122,3	155,3	85,6	169,7	171,9
	TN (kg leto ⁻¹)	Sprememba (t leto ⁻¹)		190,3	164,4	143,3	144,0	37,9	206,0	82,7	-182,0	-256,2	-346,8	-109,2	-34,7	-199,1	-4,9	-0,1
		Sprememba (%)		39,98	34,54	30,11	30,25	7,96	43,28	17,37	-38,23	-53,82	-72,86	-22,93	-7,28	-41,82	-1,02	-5,83
		Povprečje	3484,6	7490,0	4732,4	4164,0	3618,0	3175,8	4136,5	3474,3	2918,9	2238,4	3389,4	3790,3	3400,2	3472,6	3483,6	3158,7
		Standardni odklon (sd)	1571,7	5073,6	2811,3	1818,0	1981,3	1653,7	2163,4	1709,8	1048,6	1022,5	685,8	1510,3	1619,3	1565,2	1571,5	1523,1
	TP (kg leto ⁻¹)	t-test		3,058	1,719	1,447	0,261	-0,723	1,167	-0,023	-2,089	-2,945	-7,038	-0,244	0,731	-0,209	-0,030	-0,002
		Interval zaupanja (I)	870,5	2809,9	1557,0	1006,9	1097,3	915,9	1198,2	947,0	580,8	566,3	379,8	836,5	896,8	866,9	870,4	843,5
		Sprememba (kg leto ⁻¹)		4005,5	1247,9	679,4	133,4	-308,7	651,9	-102	-565,7	-77,75	-1246,2	-95,1	305,7	-84,4	-120	-10
		Sprememba (%)		114,95	35,81	19,50	3,83	-8,86	18,71	-0,29	-16,23	-22,31	-35,76	-2,73	8,77	-2,42	-0,34	-0,03
Reka 8	SS (t leto ⁻¹)	Povprečje	1383	1489	1654	1895	1409	1204	1774	1268	1040	900	627	1172	1486	992	1376	1383
		Standardni odklon (sd)	884	985	1098	1198	1268	991	1347	1028	551	485	309	725	870	595	879	884
		t-test		0,419	0,958	1,654	0,079	-0,700	1,125	-0,432	-2,411	-3,854	-9,472	-1,124	0,457	-2,544	-0,030	-0,001
		Interval zaupanja (I)	490	545	608	664	702	549	746	569	305	269	171	402	482	329	487	489
	TN (kg leto ⁻¹)	Sprememba (kg leto ⁻¹)		107	272	512	26	-179	391	-115	-343	-483	-756	-210	103	-391	-7	0
		Sprememba (%)		7,71	19,65	37,02	1,87	-12,95	28,29	-8,29	-24,82	-34,90	-54,67	-15,22	7,43	-28,25	-0,49	-0,01
		Povprečje	1843,9	2449,7	2520,6		2638,9	2556,2	2673,4	2085,0	1167,2	892,5	561,0	1568,6	1752,7	1375,2	1828,3	1843,0
		Standardni odklon (sd)	1074,6	1258,8	1341,8		1709,8	1608,1	1684,7	1287,1	739,2	535,0	369,4	859,1	1015,0	745,7	1062,2	1073,9
	TP (kg leto ⁻¹)	t-test		1,864	1,953		1,801	1,715	1,907	0,725	-3,545	-6,888	-13,450	-1,241	-0,348	-2,435	-0,057	-0,004
		Interval zaupanja (I)	595,2	697,2	743,1		947,0	890,6	933,1	712,8	409,4	296,3	204,6	475,8	562,1	413,0	588,3	594,8
		Sprememba (t leto ⁻¹)		605,7	676,6		794,9	712,2	829,4	241,1	-676,7	-951,4	-1283,0	-275,4	-91,3	-468,8	-15,7	-1,0
		Sprememba (%)		32,85	36,69		43,11	38,63	44,98	13,07	-36,70	-51,60	-69,58	-14,93	-4,95	-25,42	-0,85	-0,05
Reka 8	SS (t leto ⁻¹)	Povprečje	8872,8	14388,1	9146,1		9024,2	8204,3	9588,8	805,75	6227,1	5812,0	5169,9	8636,1	9671,6	8703,8	8834,7	8870,7
		Standardni odklon (sd)	6325,5	8671,1	4838,1		4612,3	4269,5	5033,4	4299,6	2151,8	2191,6	1897,7	6212,8	6911,9	6256,4	6315,6	6325,2
		t-test		2,463	0,219		0,127	-0,606	0,551	-0,734	-4,762	-5,409	-7,557	-0,148	0,448	-0,105	-0,023	-0,001
		Interval zaupanja (I)	3503,3	4802,4	2679,5		2554,5	2364,6	2787,7	2381,3	1191,7	1213,8	1051,0	3440,9	3828,1	3465,0	3497,8	3503,1
	TN (kg leto ⁻¹)	Sprememba (kg leto ⁻¹)		5515,3	2733		1514	-668,6	7160	-815,4	-2645,8	-3060,8	-3702,9	-236,8	798,8	-169,1	-381	-21
		Sprememba (%)		62,16	3,08		1,71	-7,53	8,07	-9,19	-29,82	-34,50	-41,73	-2,67	9,00	-1,91	-0,43	-0,02
		Povprečje	3489	3127	2405		4285	3993	4524	3281	2252	1951	1546	2996	3813	2577	3469	3488
		Standardni odklon (sd)	2993	1977	1507		3213	2831	3375	2658	1211	1133	887	2684	3225	2456	2980	2993
	TP (kg leto ⁻¹)	t-test		-0,710	-2,787		0,959	0,688	1,188	-0,304	-3,955	-5,257	-8,483	-0,712	0,389	-1,439	-0,027	-0,002
		Interval zaupanja (I)	1658	1095	835		1779	1568	1869	1472	671	628	491	1487	1786	1360	1650	1657
		Sprememba (kg leto ⁻¹)		-362	-1085		795	503	1035	-208	-1237	-1538	-1944	-494	324	-913	-20	-1
		Sprememba (%)		-10,39	-31,08		22,80	14,42	29,66	-5,97	-35,45	-44,08	-55,70	-14,15	9,28	-26,15	-0,58	-0,04

Priloga K4: Primerjava rezultatov Studentove t -statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečne letne količine snovi v vodotoku za porečje Dragonje (območji do podporečja 7 in podporečja 14) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z $n-1$ stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, $SP=14$, $t_{\alpha}=2,145$
Appendix K4: Comparison of the Student t -statistics results between the Base and other scenarios for the average annual river loads of pollutants for the Dragonja catchment (the area of subcatchments 9 and 8) - Significance level 0,05 - Student sample distribution with the $n-1$ degrees of freedom, $\alpha=0,025$, $SP=14$, $t_{\alpha}=2,145$

	Base	BaseNe	BasePo	1830	2000	2030	2060	2090	EVP	EKO20	EKO100	N35	N50	STV35	ETA
D-Rokava 7	Povprečje	2487,6	3451,9	3472,3	9809,7	2048,7	2053,4	1745,7	1958,8	1836,5	2428,7	2487,6	2487,6	2487,6	1508,5
	Standardni odklon (sd)	839,7	1081,6	1076,9	3112,2	725,8	794,5	965,6	576,7	666,3	816,5	839,7	839,7	839,6	516,8
	t-test		3,453	3,541	9,112	-2,342	-2,296	-1,741	-4,983	-2,859	-4,161	-0,279	0,000	-0,002	-7,338
	Interval zaupanja (I)	450,3	580,0	577,5	1668,9	389,2	426,1	517,8	309,2	357,3	325,0	437,9	450,3	450,2	277,1
	Sprememba (t leto ⁻¹)		964,3	984,7	7322,1	-438,9	-563,0	-471,0	-741,9	-491,8	-651,1	-58,9	0,0	-0,5	-979,1
	Sprememba (%)		38,76	39,58	294,35	-17,64	-22,63	-18,93	-29,82	-19,77	-26,17	-2,37	0,00	-0,02	-39,36
	Povprečje	110386	183275	203715	190224	102394	113500	111661	108777	121684	110629	110084	110383	110383	104012
	Standardni odklon (sd)	80291	137714	115207	78196	68348	110918	67889	80240	83953	79976	80224	80291	80301	75666
	t-test		2,050	3,138	41932	-0,453	0,109	0,073	-0,078	0,521	0,012	-0,015	0,000	0,000	-0,326
	Interval zaupanja (I)	43056	73849	61779	19837	-7993	3114	1275	6684	-1610	11298	242	0	-3	40576
TP (kg leto ⁻¹)	Sprememba (kg leto ⁻¹)		66,03	84,55	72,33	-7,24	2,82	1,15	-1,46	10,23	0,22	-0,27	0,00	0,00	-5,77
	Sprememba (%)		1509	252	1595	2532	1380	1499	1561	1473	1627	1478	1505	1509	1404
	Povprečje	1062	1874	868	1054	900	1455	898	1998	1058	1105	1061	1062	1062	1005
	Standardni odklon (sd)		2,092	0,381	3,759	-0,557	0,039	-0,047	0,101	-0,135	0,410	-0,114	-0,017	0,000	-0,405
	t-test		570	1005	466	565	483	1072	568	593	566	569	570	570	539
	Interval zaupanja (I)		1012	85	1023	-129	15	-11	52	117	-31	-5	0	0	-105
	Sprememba (kg leto ⁻¹)		67,07	5,66	67,75	-8,57	0,98	-0,72	-3,44	7,76	-2,05	-0,30	0,00	0,00	-6,96
	Sprememba (%)		5819,7	5801,7	4349,9	3366,1	3491,7	3453,1	3269,5	3804,1	3799,3	4695,5	4801,7	4803,7	2260,1
	Povprečje	4804,2	1710,1	1697,5	1484,8	1196,4	1483,3	1579,4	1055,7	1267,6	1287,4	1538,1	1575,1	1576,1	684,9
	Standardni odklon (sd)		2,300	2,276	-1,185	-4,656	-3,427	-3,313	-5,630	-3,056	-3,023	-0,274	-0,006	-0,001	-14,386
Dragonja 14	t-test		917,1	910,3	796,2	641,6	795,4	846,9	566,1	679,7	690,4	824,8	844,6	845,2	367,3
	Interval zaupanja (I)		1015,5	997,5	-454,3	-1438,1	-1312,5	-1351,1	-1534,7	-1000,1	-1004,9	-108,7	-2,5	-0,5	-2544,1
	Sprememba (t leto ⁻¹)		21,14	20,76	-9,46	-29,93	-27,32	-28,12	-31,95	-20,82	-20,92	-2,26	-0,05	-0,01	-52,96
	Sprememba (%)		208621	278655	155347	160849	169280	160214	160652	184249	169842	163400	163742	163758	152907
	Povprečje	163763	208621	278655	155347	160849	169280	160214	160652	184249	169842	163400	163742	163758	152907
	Standardni odklon (sd)	98949	129973	153170	78770	116205	100402	142093	98387	105860	112468	98887	98923	98945	93410
	t-test		1,337	2,905	-0,414	-0,097	0,213	-0,097	-0,122	0,750	0,209	-0,014	-0,001	0,000	-0,450
	Interval zaupanja (I)	53061	69698	82137	42240	62315	53841	76197	52760	56768	60311	53028	53047	53059	50091
	Sprememba (kg leto ⁻¹)		44858	114892	-8416	-2914	5517	-3549	-3111	20486,27	6078,73	-363	-21	-5	-10856
	Sprememba (%)		27,39	70,16	-5,14	-1,78	3,37	-2,17	-1,90	12,51	3,71	-0,22	-0,01	0,00	-6,63
TP (kg leto ⁻¹)	Povprečje	2420	2962	1164	2264	2361	2433	2341	2660	2454	2413	2420	2420	2420	2213
	Standardni odklon (sd)	1447	1776	535	1158	1676	1404	2059	1434	1538	1635	1445	1447	1447	1354
	t-test		1,182	-9,098	-0,522	-0,138	0,037	-0,150	-0,215	0,603	0,080	-0,019	0,000	0,000	-0,594
	Interval zaupanja (I)	776	952	287	621	899	753	1104	769	824	877	775	776	776	726
	Sprememba (kg leto ⁻¹)		542	-1256	-156	-60	13	-80	-79	239,49	33,61	-7	0	0	-208
	Sprememba (%)		22,40	-51,91	-6,46	-2,46	0,55	-3,29	-3,28	9,90	1,39	-0,29	0,00	0,00	-8,58

Glavan M. Vpliv spremenjene rabe zemljišč na količino in kakovost vode v reki Reki ... in reki Dragonji.
Dokt. disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2011

Priloga K5: Primerjava rezultatov Studentove t-statistike med Base in ostalimi scenariji za povprečni letni pretok za porečji Reke (območji do podporečij 9 in 8) in

Dragonje (območji do podporečij 7 in 14) - Stopnja značilnosti 0,05 - Studentova porazdelitev vzorca z n-1 stopinjami prostosti, $\alpha=0,025$, SP=14, $t_{\alpha}=2,145$

Appendix K5: Comparison of the Student t-statistics results between the Base and other scenarios for the average annual river flow for the Reka (the area of subcatchments 9 and 8) and Dragonja (the area of subcatchments 7 and 14) catchments - Significance level 0,05 - Student sample distribution with the n-1 degrees of freedom, $\alpha = 0,025$, SP = 14, $t_{\alpha} = 2,145$

Reka	Base	BaseNe	BasePo	1780	1830	1940	1984	2000	2030	2060	2090	EVP	EKO20	EKO100	S35	S50	STV35	ETA
Reka 9	Povprečje	0,203	0,213	0,210	0,202	0,204	0,205	0,203	0,148	0,125	0,095	0,203	0,203	0,203	0,203	0,203	0,204	0,203
	Standardni odklon (sd)	0,079	0,079	0,081	0,079	0,078	0,079	0,079	0,060	0,050	0,036	0,079	0,079	0,079	0,078	0,079	0,078	0,079
	t-test		0,472	0,330	-0,031	0,028	0,045	0,081	-3,581	-6,082	-11,741	0,000	0,012	-0,007	0,003	0,000	0,034	0,013
	Interval zaupanja (I)	0,043	0,044	0,045	0,043	0,043	0,044	0,044	0,033	0,027	0,020	0,043	0,044	0,044	0,043	0,043	0,043	0,044
	Sprememba ($m^3 s^{-1}$)		0,010	0,007	-0,001	0,001	0,002	0,000	-0,055	-0,078	-0,108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
	Sprememba (%)		4,76	3,40	-0,31	0,28	0,45	0,82	-27,29	-38,31	-53,11	0,00	0,12	-0,07	0,03	0,00	0,33	0,13
Reka 8	Povprečje	0,567	0,668	0,643		0,565	0,570	0,568	0,402	0,336	0,255	0,567	0,567	0,567	0,567	0,567	0,568	0,568
	Standardni odklon (sd)	0,205	0,212	0,216		0,205	0,206	0,206	0,158	0,132	0,096	0,205	0,205	0,206	0,205	0,205	0,205	0,205
	t-test		1,851	1,370		-0,025	0,056	0,026	-4,046	-6,788	-12,545	0,000	0,009	0,005	0,002	0,000	0,018	0,018
	Interval zaupanja (I)	0,114	0,117	0,120		0,114	0,114	0,114	0,087	0,073	0,053	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
	Sprememba ($m^3 s^{-1}$)		0,101	0,076		-0,001	0,003	0,001	-0,165	-0,231	-0,312	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
	Sprememba (%)		17,87	13,50		-0,23	0,53	0,24	-29,08	-40,69	-55,07	0,00	0,09	0,04	0,02	0,00	0,17	0,16
D-Rokava 7	Povprečje	0,548	0,618	0,563		0,563		0,534	0,532	0,517	0,510	0,548	0,546	0,547	0,549	0,548	0,549	0,549
	Standardni odklon (sd)	0,138	0,154	0,142		0,142		0,137	0,137	0,135	0,152	0,138	0,137	0,138	0,138	0,138	0,138	0,137
	t-test		1,758	0,390		0,390		-0,415	-0,478	-0,894	-0,986	0,000	-0,069	-0,039	0,001	0,000	0,001	0,017
	Interval zaupanja (I)	0,074	0,083	0,076		0,076		0,074	0,073	0,073	0,081	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,073
	Sprememba ($m^3 s^{-1}$)		0,070	0,014		0,014		-0,015	-0,017	-0,031	-0,039	0,000	-0,002	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
	Sprememba (%)		12,74	2,61		2,61		-2,68	-3,08	-5,70	-7,04	0,00	-0,44	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,11
Dragonja 14	Povprečje	0,801	0,850	0,820				0,782	0,775	0,757	0,748	0,801	0,798	0,804	0,801	0,801	0,801	0,801
	Standardni odklon (sd)	0,208	0,221	0,212				0,208	0,211	0,216	0,241	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,208	0,205
	t-test		0,870	0,355				-0,355	-0,464	-0,783	-0,842	0,000	-0,047	0,053	0,000	0,000	0,000	0,013
	Interval zaupanja (I)	0,112	0,119	0,114				0,112	0,113	0,116	0,129	0,112	0,111	0,112	0,112	0,112	0,112	0,110
	Sprememba ($m^3 s^{-1}$)		0,050	0,019				-0,019	-0,025	-0,044	-0,052	0,000	-0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001
	Sprememba (%)		6,20	2,43				-2,38	-3,16	-5,46	-6,53	0,00	-0,32	0,36	0,00	0,00	0,00	0,09