

UNIVERZA V NOVI GORICI
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

**GEOMORFOLOŠKE ANALIZE PRI UPORABI
DIGITALNEGA MODELA RELIEFA ZA IZDELAVO
NAPOVEDOVALNEGA MODELA MOKROTNIH
TRAVNIKOV**

DIPLOMSKO DELO

Erika JEŽ

Mentor: doc. dr. Tomaž Podobnikar

Nova Gorica, 2010

IZJAVA

Izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Rezultati, ki so nastali v okviru skupnega raziskovanja z drugimi raziskovalci, ali so jih prispevali drugi raziskovalci, so eksplicitno prikazani oziroma navedeni v diplomskem delu.

Erika Jež

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomažu Podobnikarju za vodenje in koristne nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako gre iskrena zahvala dr. Andražu Čarniju in Andreju Paušiču za pomoč pri izvedbi terenskega dela, ter vsem ostalim, ki so mi pomagali pri izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala velja družini Palatinus, ki mi je nudila topel dom v času intenzivne izvedbe praktičnega dela diplomskega dela.

Rada bi se zahvalila tudi mojim najdražjim družinskim članom za podporo, tako med študijem, kot v času nastajanja diplomskega dela. Hvala vsem.

POVZETEK

V zadnjih letih je geoinformacijska znanost znatno napredovala, tudi na področju izgradnje napovedovalnih modelov za določanje razširjenosti habitatnih tipov. S prostorskimi analizami lahko pri uporabi digitalnega modela reliefa (DMR) ustvarimo vrsto geomorfoloških, hidroloških in drugih spremenljivk, s katerimi zgradimo napovedovalni model. DMR je digitalni zapis oblikovanosti zemeljskega površja in je v diplomskem delu služil kot osnovni sloj za izvedbo geomorfoloških analiz. Te so bile izvedene z algoritmi, ki so dostopni v osnovnih različicah treh programov za prostorske analize (ArcGIS, Saga in LandSerf). Z analizami smo dobili zbirko 37-ih spremenljivk (naklon reliefa, ukrivljenost reliefa, značilne točke površja, porečje, oddaljenost od rečne struge itd.), ki so bile natančno statistično obdelane. Raziskovanje rastišč mokrotnih travnikov je potekalo s primerjavo spremenljivk za območje travnikov ter celotnega raziskovalnega območja. Z rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti je bilo iz zbirke vseh spremenljivk določenih 12 značilnih za mokrotne travnike, opisna statistika pa je služila za oceno rezultatov testa. Z interpretacijo značilnih spremenljivk smo ugotovili, da mokrotne travnike najdemo v bližini rečnih strug, na malo nagnjenem ter rahlo ukrivljenem terenu (kotanje, vdolbine ter druga konkavna območja). Na koncu smo s testnim napovedovalnim modelom za mokrotne travnike dokazali, da so geomorfološke spremenljivke pomembne za napovedovanje razširjenosti habitatov, vendar bi bilo v napovedovalni model treba vključiti še druge spremenljivke okolja (raba tal, tip tal, rečna mreža itd).

Ključne besede: digitalni model reliefa (DMR), prostorske analize, testi značilnosti, napovedovalni model, mokrotni travniki

ABSTRACT

In recent years, geoinformation science has made significant progress, also in developing predictive habitat distribution models. Spatial analysis using only digital elevation model (DEM) derived a wide range of geomorphological, hydrological and other variables that help in developing the predictive model. DEM is a digital representation of surface and has been used in this diploma thesis as the basic layer for conducting the geomorphological analyses. Analyses were performed by using algorithms available in three basic versions of the programmes for spatial analysis (ArcGIS, Saga and LandSerf). This provided us with the collection of 37 variables (slope, curvature, surface specific points, overland flow distance to channel, etc.), which were then statistically analyzed. Detection of characteristics of locations of wet meadows is possible by observing the contrast between locations with wet meadows and the natural background. The database of 12 significant variables for the prediction of wet meadows was created by application of the Wilcoxon-Mann-Whitney significance test. The descriptive statistics give us a quick assessment of which variables reflect significant characteristics of the areas. The outcomes have shown that wet meadows are frequently found near hydrologic networks, on smaller slopes and in the areas with curvy terrain such as depressions, hollows and other concave areas. Finally, the diploma thesis presents the results of a test predictive model for wet meadows. We demonstrated that the geomorphological variables play an important role in predicting the distribution of habitats, but that it would be necessary to include additional environmental variables to create a better predictive model (land use, soil type, channel network, ect.).

Key words: digital elevation model (DEM), spatial analysis, significance test, predictive model, wet meadows

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilji diplomskega dela	2
1.2	Postopek in metode dela	2
1.2.1	Pridobivanje podatkov	2
1.2.2	Geomorfološke analize pri uporabi DMR-ja	2
1.2.3	Statistične analize	2
1.2.4	Modeliranje	2
1.3	Hipoteze	3
1.4	Struktura dela	3
2	TEORETIČNE OSNOVE	4
2.1	Geografski informacijski sistemi	4
2.2	Digitalni model reliefa (DMR)	5
2.3	Napovedovalni modeli razširjenosti habitatov v ekologiji	7
2.3.1	Oblikovanje koncepta modela in izbor okoljskih spremenljivk	8
2.3.2	Prostorsko vzorčenje	9
2.4	Statistične analize	10
2.4.1	Opisna statistika	10
2.4.2	Frekvenčni histogram	10
2.4.3	Q-Q diagram	11
2.4.4	Škatla z brki	12
2.4.5	Inferenčna statistika	12
2.4.6	Testi značilnosti	13
2.5	Modeliranje	15
2.5.1	Izbor spremenljivk	15
2.5.2	Prekrivanje z utežmi	15
2.5.3	Vrednotenje modela	16
2.6	Mokrišča	17

3	PRAKTIČNI DEL	22
3.1	Določitev raziskovalnega območja – Goričko	22
3.1.1	Geologija	23
3.1.2	Hidrologija	25
3.1.3	Širše in ožje raziskovalno območje	27
3.2	Terensko delo	28
3.3	Računalniška obdelava	30
3.3.1	Uporabljeni programi in programska orodja	30
3.3.2	Zbiranje podatkov	31
3.3.3	Geomorfološke analize	32
3.3.4	Vzorčenje na podatkovnih slojih	36
3.3.5	Statistične analize	40
3.3.6	Modeliranje	42
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	44
4.1	Rezultati opisne statistike	44
4.1.1	Rezultati vizualnih analiz za določanje normalnosti porazdelitve	44
4.1.2	Rezultati vizualnih analiz za določanje značilnih spremenljivk	45
4.2	Rezultati testov normalnosti porazdelitve	47
4.3	Rezultati testov značilnosti	49
4.4	Rezultati modeliranja	53
5	ZAKLJUČEK	58
6	VIRI	60
	PRILOGA A	65
	Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve	65
	PRILOGA B	75
	Rezultati testov značilnosti	

PRILOGA C 85

Klasifikacija značilnih spremenljivk

PRILOGA D 87

Prikaz skriptnega jezika za izvedbo statističnih analiz

PRILOGA E 91

Grafični prikazi določanja normalnosti porazdelitve spremenljivk

PRILOGA F 135

Grafični prikazi določanja značilnih spremenljivk

SEZNAM TABEL

Tabela 1: Seznam vseh geomrfoloških spremenljivk in njihovih okrajšav	34
Tabela 2: Seznam vseh hidroloških spremenljivk in njihovih okrajšav	35
Tabela 3: Orodje za statistično analizo območij posamezne okoljske spremenljivke.....	37

SEZNAM SLIK

Slika 1: Prikaz digitalnega modela reliefa 12,5 za Goričko	6
Slika 2: Prikaz histograma za spremenljivko nadmorskih višin.....	11
Slika 3: Prikaz Q-Q diagrama za spremenljivko nadmorskih višin.....	11
Slika 4: Prikaz škatle z brki za spremenljivko nadmorskih višin	12
Slika 5: Delovanje orodja za prekrivanje z utežmi v ArcGIS-u	16
Slika 6: Prikaz vektorskih podatkov za območja mokrotnih travnikov	17
Slika 7: Razdelitev mokrotnih travišč glede na palearktično klasifikacijo.....	19
Slika 8: Fotografija značilnega mokrotnega travnika	21
Slika 9: Krajinski park Goričko.....	22

Slika 10: Geološka karta za območje severovzhodne Slovenije.....	23
Slika 11: Karta vodotokov za območje severovzhodne Slovenije 1:280.000.....	25
Slika 12: Porazdelitev padavin v letu 2008 za območje Goričko	26
Slika 13: Pretok reke Ledave (vodomerna postaja Čentiba) v letu 2008.....	26
Slika 14: Širše raziskovalno območje ter ožje raziskovalno območje.....	27
Slika 15: Obstoječi mokrotni travniki na območju Krajinskega parka Goričko v letu 2009.....	28
Slika 16: Prikaz lokacij izvirov in lokacij mokrotnih travnikov iz leta 2009 na območju Krajinskega parka Goričko.....	29
Slika 17: Točke izbrane s pomočjo stratificiranega vzorčenja za mokrotne travnike 37.311, za mokrotne travnike 37.313 ter stratificirano vzorčenje za ožje raziskovalno območje	38
Slika 18: Osnovno-rastrsko vzorčenje za mokrotne travnike 37.311 ter mokrotne travnike 37.313.....	39
Slika 19: Spremenljivka DMR 12,5 nadmorskih višin, ki je normalno porazdeljena	40
Slika 20: Spremenljivka klasifikacije ukrivljenosti reliefa, ki ni normalno porazdeljena.....	40
Slika 21: Škatli z brki za spremenljivki relativni relief ter značilne točke površja	41
Slika 22: Sloj hidrološke mreže ustvarjen v programu Saga ter sloj hidrološke mreže	51
Slika 23: Sloj potencialnih območij rastišč mokrotnih travnikov na ožjem raziskovalnem območju.....	53
Slika 24: Rezultati napovedovalnega modela za ožje raziskovalno območje.....	54
Slika 25: Primerjava območij z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov ter rastišč mokrotnih travnikov leta 2003	55
Slika 26: Rezultati napovedovalnega modela za širše raziskovalno območje.....	56

SEZNAM OZNAK IN OKRAJŠAV

GIS	Geografski informacijski sistemi
DMR	Digitalni model reliefa
DEM	Digitalni model reliefa (ang. <i>Digital elevation model</i>)
DMV	Digitalni model višin
GURS	Geodetska uprava Republike Slovenije
ZRC SAZU	Znanstveno raziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
EDF	Empirična porazdelitvena funkcija (ang. <i>Empirical distribution function</i>)
PHYSIS	Palearktična klasifikacija
ZRSVN	Zavod Republike Slovenije za varstvo narave
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
MT	Mokrotni travniki
MBI	Indeks masne bilance
ORM	Oddaljenost od rečne mreže
SAGA	Sistem za samodejno izvedbo prostorskih analiz (ang. <i>System for Automated Geoscientific Analyses</i>)

1 UVOD

Z napredkom geoinformacijske znanosti se je uporaba geografskih informacijskih sistemov (GIS-ov) hitro razširila med različne discipline, ki se ukvarjajo z analizo prostora. Na področju ekologije se je razširila njihova uporaba za izdelavo napovedovalnih modelov. Raziskave odnosov med vrsto in okoljskimi dejavniki v kombinaciji s podnebjem so bile vedno osrednja tema v ekologiji, ki so se že v preteklosti veliko uporabljale za določanje rastišč na svetu. Prav napovedovalni modeli, zgrajeni v GIS-ih, omogočajo raziskovalcem hiter vpogled, kako okoljski dejavniki kontrolirajo širjenje vrst in združb (Guisan in Zimmermann, 2000).

Digitalni model reliefa (DMR) je med najpomembnejšimi sloji pri izgradnji napovedovanih modelov. DMR je zapis oblikovanosti zemeljskega površja. Gre za predstavitev nadmorskih višin z nepretrgano (zvezno) in pogosto gladko ploskvijo (Podobnikar, 2006). DMR ima velik napovedovalni potencial, saj lahko s prostorskimi analizami ustvarimo veliko okoljskih spremenljivk. Okoljske spremenljivke (geomorfološke, hidrološke itd.) ustvarimo s tako imenovanimi geomorfološkimi analizami pri uporabi DMR-ja. Te spremenljivke so nam v pomoč pri reševanju okoljskih in naravovarstvenih problemov.

Glavni cilj diplomskega dela je bil izdelati zbirko geomorfoloških in hidroloških spremenljivk za izgradnjo napovedovalnega modela habitatnega tipa mokrotni travnik. Ti sodijo med ogrožene habitatne tipe, saj so polnaravni vlažni travniki z visokim steblikovjem uvrščeni v Direktivo o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992). Zaščiteni so, ker jim grozi nevarnost izginotja v naravnem območju razširjenosti. V Krajinskem parku Goričko je danes nekaj še lepo ohranjenih mokrotnih travnikov, zato smo ga izbrali za raziskovalno območje. S terenskim raziskovanjem rastišč mokrotnih travnikov se je v Sloveniji ukvarjal Zelnik (2005), v diplomskem delu pa smo raziskovali rastišča z uporabo GIS-ov. Zbirko geomorfoloških in hidroloških spremenljivk smo izdelali ob uporabi različnih algoritmov vgrajenih v tri programe za prostorske analize (ArcGIS, Saga in LandSerf). Spremenljivke smo statistično obdelali ter na podlagi testa značilnosti določili značilne spremenljivke za napovedovanje mokrotnih travnikov. Njihova natančna interpretacija dodatno prispeva k poznavanju osnovnih značilnosti mokrotnih travnikov. Poleg tega pa predstavlja zbirka značilnih spremenljivk, izdelanih pri uporabi DMR-ja, osnovo za izgradnjo napovedovalnega modela za mokrotne travnike.

1.1 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je bil preučiti možnosti pridobivanja geomorfoloških in hidroloških spremenljivk pri uporabi DMR-ja, ki jih vključimo v napovedovalni model za razširjenost habitatnega tipa mokrotni travnik.

Cilj diplomskega dela je bil ustvariti zbirko značilnih geomorfoloških in hidroloških spremenljivk, ki jih pridobimo s pomočjo osnovnih geomorfoloških in hidroloških analiz pri izključni uporabi DMR-ja. Poseben poudarek je bil na tem, da zbirka spremenljivk vključuje samo značilne spremenljivke za pojavljanje mokrotnih travnikov. Vsako značilno spremenljivko smo opisali ter razložili njen pomen za rastišče mokrotnih travnikov. S pomočjo značilnih geomorfoloških in hidroloških spremenljivk smo ustvarili testni napovedovalni model za pojavljanje mokrotnih travnikov. S testnim modelom smo preverili, kako dobre rezultate za napovedovanje habitatnih tipov, kot je mokrotni travnik, lahko dobimo ob uporabi spremenljivk, pridobljenih izključno iz DMR-ja.

1.2 Postopek in metode dela

1.2.1 Pridobivanje podatkov

Za raziskovalno območje smo si izbrali območje Krajinskega parka Goričko. Za to območje smo pridobili podatkovni sloj DMR ter podatkovni sloj o habitatnih tipih. Podatke smo pridobili od Geodetske uprave Republike Slovenije ter Zavoda za varstvo narave Republike Slovenije za izobraževalne namene. Podatkovni sloj o habitatnih tipih je bil izdelan med leti 2001 in 2003, zato smo opravili dodatni terenski pregled za kontrolo stanja v letu 2009.

1.2.2 Geomorfološke analize pri uporabi DMR-ja

Z geomorfološkimi analizami smo ustvarili zbirko okoljskih spremenljivk. S pomočjo treh programov (ArcGIS, Saga in LandSerf) ob izključni uporabi DMR-ja smo z uporabo številnih algoritmov za geomorfološke in hidrološke analize izdelali 37 novih okoljskih spremenljivk.

1.2.3 Statistične analize

Za vse izdelane spremenljivke smo opravili prostorske statistične analize, ki smo jih razdelili na opisno statistiko ter inferenčno statistiko, kamor uvrščamo teste normalnosti porazdelitve ter teste značilnosti. Najpomembnejši del analiz predstavljajo testi značilnosti, saj smo na osnovi njihovih rezultatov določili značilne geomorfološke in hidrološke spremenljivke. Značilne spremenljivke za razširjenost mokrotnih travnikov smo tudi podrobno opisali.

1.2.4 Modeliranje

Testni napovedovalni model mokrotnih travnikov smo zgradili s tehniko prekrivanja z utežmi za klasificirane značilne spremenljivke. Pridobili smo nov podatkovni sloj, ki prikazuje lokacije z največjo verjetnostjo pojavljanja mokrotnih travnikov. Na osnovi vizualnih analiz smo vrednotili rezultate napovedovanega modela ter ovrednotili učinkovitost okoljskih spremenljivk v napovedovalnem modelu.

1.3 Hipoteze

Postavili smo naslednji hipotezi:

- Spremenljivke, pridobljene na osnovi geomorfoloških analiz ob uporabi DMR-ja, so učinkovite spremenljivke pri izgradnji napovedovalnih modelov razširjenosti habitatov (v našem primeru mokrotnih travnikov).
- Na osnovi geomorfoloških in hidroloških spremenljivk pri izključni uporabi DMR-ja lahko ustvarimo napovedovalni model za habitatni tip mokrotni travnik in točnost modela je več kot 50 odstotna. Odkrivamo pa tudi območja, kjer danes ni več sledu o tem habitatnem tipu, vendar je v preteklosti mogoče obstajal.

1.4 Struktura dela

Diplomsko delo je v osnovi razdeljeno v tri glavne dele. Na začetku so predstavljene teoretične osnove diplomskega dela, nato je predstavljen praktični del izvedbe geomorfoloških analiz, v zadnjem delu pa so predstavljeni rezultati.

V drugem delu – teoretične osnove – je pregled tako teoretičnih osnov, kot tudi predstavitev nekaterih raziskav. Podan je splošen opis z definicijami ter pregledom zgodovinskega razvoja GIS-ov, kot znanstvene discipline. Podrobneje je predstavljen DMR ter zgodovina nastajanja DMR-ja za Slovenijo. Predstavljene so teoretične osnove ter razvoj napovedovalnih modelov s poudarkom na napovedovanju v ekologiji. Natančno so opisane statistične analize, ki so bile uporabljene v diplomskem delu. Poseben poudarek je na delovanju inferenčnih testov, in sicer testa normalnosti porazdelitve (Anderson-Darlingov test) ter testa značilnosti (Wilcoxon-Mann-Whitneyev test). Na kratko so predstavljene osnove modeliranja, predvsem o delovanju metode utežnega prekrivanja ter osnove vrednotenja modela. Kot zadnja tema so podrobno predstavljena mokrišča, kamor uvrščamo habitatni tip mokrotni travnik.

V tretjem delu – praktičnem delu diplomske naloge – so opisane glavne značilnosti raziskovalnega območja. Predstavljene so značilnosti, ki so pomembne za razumevanje naloge, torej geomorfološke in hidrološke značilnosti območja. V tem delu so predstavljeni rezultati terenskega dela, saj prikazujejo dejansko stanje v naravi, ki je pomembno za pravilno izpeljavo geomorfoloških analiz. Osrednji del poglavja predstavlja računalniška obdelava. Podrobno so predstavljeni vsi računalniški programi ter uporabljena orodja za izdelavo zbirke geomorfoloških in hidroloških spremenljivk ter seznam vseh izdelanih slojev spremenljivk. Opisan je postopek vzorčenja na podatkovnih slojih spremenljivk, postopek izvedbe statističnih analiz ter postopek izdelave in način interpretacije modela.

V zadnjem, četrtem delu, so prikazani vsi rezultati: rezultati opisne statistike, rezultati testa normalnosti porazdelitve in testa značilnosti. Najpomembnejši del predstavlja opis značilnih spremenljivk za napovedovanje mokrotnih travnikov. Na koncu pa so predstavljeni še rezultati testnega napovedovalnega modela in njegovo vrednotenje.

2 TEORETIČNE OSNOVE

Poglavje o teoretičnih osnovah smo okvirno razdelili na dva tematska sklopa. Prvi sklop obravnava geografske informacijske sisteme, s pomočjo katerih smo izvedli geomorfološke analize ter zgradili testni napovedovalni model. V drugem sklopu je predstavljen ogrožen habitatni tip mokrotni travnik.

2.1 Geografski informacijski sistemi

Čeprav ne obstaja enotne definicije, kaj geografski informacijski sistemi (GIS) so, se večina strokovnjakov strinja z osnovnimi predpostavkami, s katerimi opišemo GIS-e. Prvič, za delovanje GIS-ov moramo imeti povezavo računalnika in programskih orodij. Drugič, GIS-i zahtevajo podatke, ki imajo vgrajeno prostorsko oziroma lokacijsko komponento. Tretjič, GIS-i zahtevajo strokovnjaka, ki zna upravljati s podatki. Najpomembnejša lastnost GIS-ov je, da so uporabni za izvedbo analiz in tudi za grafično prikazovanje (Steinberg in Steinberg, 2006). Ena najpogostejših in najpopolnejših definicij v literaturi je, da so GIS-i sistemi podatkov, strojne opreme in programske opreme za zajem, shranjevanje, vzdrževanje, obdelavo, analizo in predstavitev prostorskih podatkov iz dejanskega sveta (Neteler in Mitasova, 2008).

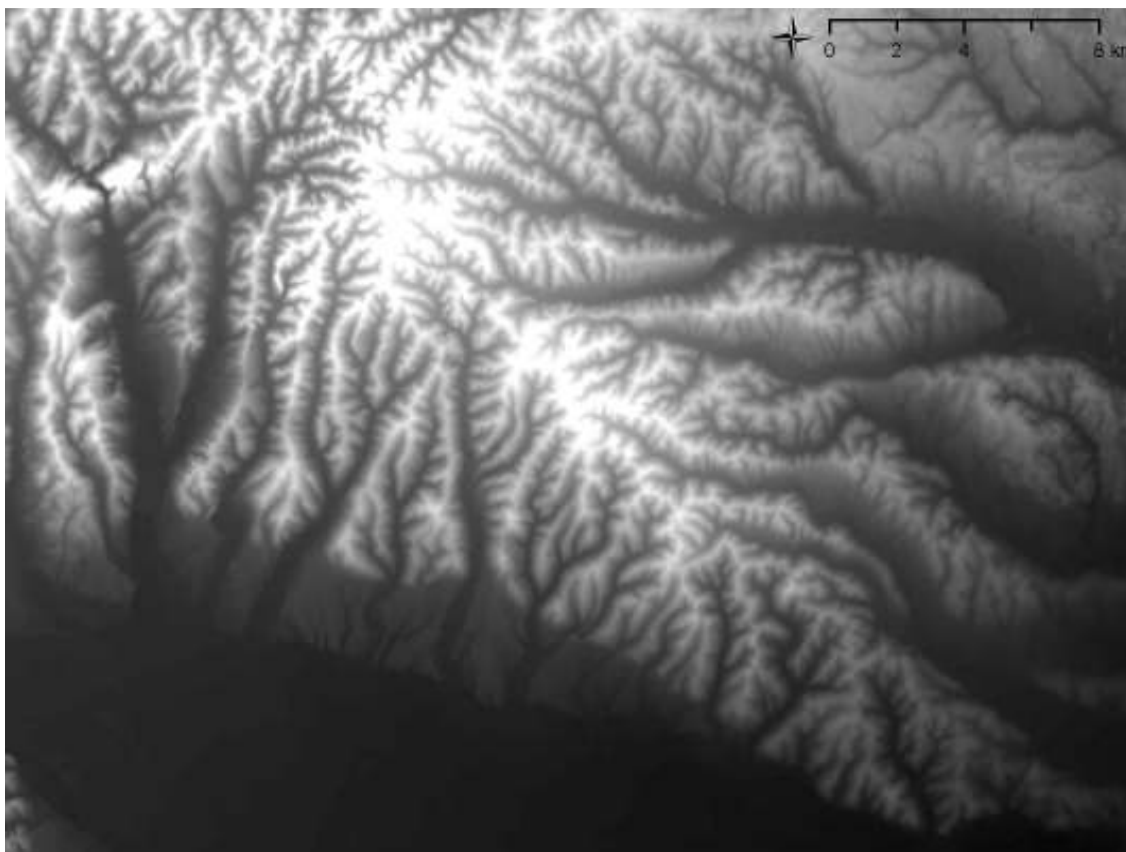
GIS-i so uporabna orodja za reševanje geografskih problemov, tako za znanstvenike kot tudi za širšo javnost. S širšo uporabo GIS-ov je prišlo na dan vse več težav, ki so zahtevale znanstveno obravnavo. Leta 1992 je bila prvič uporabljena okrajšava GIS tudi za geografsko informacijsko znanost (ang. *GIScience*). Geoinformacijska (GI) znanost temelji na treh predpostavkah: posameznik, računalnik in družba. S posameznikom se podrobneje ukvarja kognitivna znanost, ki poskuša razložiti razumevanje prostorskega koncepta in razumevanje geografskih podatkov s strani posameznika ter interakcij posameznika z računalnikom. Raziskovanja s področja računalništva temeljijo na ustvarjanju novih tehnologij za raziskovanje in vizualizacijo prostorskih podatkov. Znanost o družbi pa se ukvarja z vplivi GIS-ov na družbo ter raziskuje družben položaj GI-znanosti. GI-znanost ne služi samo povezovanju znanja na tem področju, ampak prispeva tudi k njenemu razvoju. Poleg tega se kratica GIS lahko uporabi tudi za geoinformacijske (GI) študije (ang. *GISudies*). GI-študije so definirane kot sistematčne študije uporabe geografskih informacij v družbi (Longley in sod., 2005).

Izbira programske opreme in orodja za analize je predvsem odvisna od namena uporabe. Obstaja velika razlika med zahtevami akademskih raziskovalcev, vzgojiteljev, načrtovalcev, organov nadzora ali reševalcev v primeru naravnih nesreč itd. Seznam programskih funkcij in aplikacij je dolg in v večini primerov dobavitelji ne opisujejo svoje ponudbe kot GIS, vendar poudarijo specifične značilnosti programskega orodja. Številni GIS-paketi so posebno zmogljivi za procesiranje in analiziranje binarnih, črno-belih ali barvnih slik. Ti programski paketi so bili na začetku zasnovani za procesiranje daljinsko zaznanih podatkov s satelitov ali ortofoto posnetkov, vendar so se s časom razvili v bolj napredna in sofisticirana orodja. Za večino uporabnikov GIS-programске opreme izvedba prostorskih analiz ter prostorskega modeliranja ni pogosta. Ti uporabniki so skoncentrirani na manjše število operacij, ki jih potrebujejo za izvajanje vsakdanjega dela. Medtem ko je uporaba širšega nabora prostorskih analiz in modeliranja v uporabi pri raziskovalcih in znanstvenikih, ki se ukvarjajo tudi z razvojem tehnik (Smith in sod., 2009).

Podatki v GIS-podatkovni zbirki predstavljajo digitalni prikaz pojavov na Zemlji za izbrano lokacijo. Georeferencirani podatki vključujejo prostorsko komponento, ki opisuje lokacijo ali prostorsko razširjenost. Prostorska komponenta je lahko predstavljena v dveh osnovnih modelih: rastrski podatkovni model in vektorski podatkovni model. Rastrski podatkovni model je pravilna mreža, kjer vsaka celica vsebuje določeno vrednost. Ta model se običajno uporablja za fizikalne in biološke pod sisteme v geosferi, kot so višina, temperatura, vodni tok, rastje itd. Rastrski podatkovni model je bil izdelan za analize, modeliranje in obdelavo slik. Njegova glavna prednost je preprostost tako pri samem upravljanju s podatki kot tudi algoritmi za analize in modele (Neteler in Mitasova, 2008). Ko imamo zelo gosto rastrsko mrežo, lahko pride do slabše oz. manjše ločljivosti in velikega števila podatkov (Podobnikar in Oštir, 2008). Vektorski podatkovni model se uporablja za prikaz ceste, meje med zemljišči, obrise stavb itd. Model vsebuje informacijo o koordinatah in pogosto tudi informacijo o topografiji. Prostorski podatki so v modelu predstavljeni s točkami, črtami ali poligoni. Tak način prikaza običajno vodi do zapletenejših algoritmov za analize in modeliranje, kot pri rastrskemu podatkovnemu modelu (Neteler in Mitasova, 2008).

2.2 Digitalni model reliefa (DMR)

Digitalni model reliefa je digitalni zapis oblikovanosti zemeljskega površja. Gre za predstavitev nadmorskih višin z nepretrgano (zvezno) in pogosto gladko ploskvijo. Uveljavil se je tudi izraz digitalni model višin (DMV), v katerem so višine predstavljene v rastrski mreži. Tak sloj je uporaben za izvajanje prostorskih analiz. DMR je bolj splošen in vključuje tudi druge objekte, ki opisujejo ploskev reliefa, kot so linije padnic, točke vrhov ali vrtač (Podobnikar, 2006). DMR je pri številnih uporabah GIS-ov za raziskovanje med najpomembnejši sloji. Iz njega je moč ustvariti vrsto informacij o prostoru. S pomočjo DMR-ja lahko prikazujemo pokrajino s tridimenzionalnimi slikami, prikažemo relief s plastnicami, izračunamo profile in prečne prereze, računamo prostornine z numerično integracijo, izdelamo karte vidljivosti, izračunamo naklon terena, ekspozicijo, konveksnost in konkavnost terena, prikažemo relief z analitičnim senčenjem, določamo značilne točke in črte terena, analiziramo teren itd. (Kvamme in sod., 1997).



Slika 1: Prikaz digitalnega modela reliefa 12,5 za Goričko (GURS, 2005)

Prve ideje o izdelavi DMR-ja za Slovenijo izvirajo iz 60-ih let prejšnjega stoletja na Geodetskem zavodu SRS. Za prvi poskus zajema višinskih podatkov v pravilno celično mrežo štejemo izdelavo relativnega reliefa občine Domžale v merilu 1:150.000. V celično mrežo dimenzij 500 × 500 m so vnašali relativne višinske razlike. Pri omenjenem poskusu je šlo le za ročni zapis višin v obliko primerno za digitalizacijo. Leta 1973 so začeli z izdelavo DMR-ja 100 ločljivosti 100 m za vso Slovenijo. Izdelava se je preveč zavlekla, zato so se lotili manj podrobnega DMR-ja z ločljivostjo 500 m, ki je bil dokončan ob koncu leta 1975. Žal zaradi slabe ločljivosti in netočnosti nikoli ni bil množično uporabljan. V letih 1977 in 1978 je lastništvo DMR-ja 100 in 500 prevzela takratna Republiška geodetska uprava. DMR 100 je bil dokončan leta 1984, do leta 1997 pa so ga izboljševali. Na začetku izdelave in deloma še leta 1984 je bil DMR 100 dosežek vreden omembe v evropskem in svetovnem merilu. Zanj je vladalo veliko zanimanje strokovnjakov in potencialnih uporabnikov. Leta 1995 je več izvajalcev skupaj z digitalnimi ortofoti po naročilu Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS) začelo izdelovati fotogrametrični DMR 25, sprva kot DMR 40. Sloj je lahko lokalno zelo natančen, vendar geomorfološko premalo homogen za širšo uporabo. V letih 1999-2000 je bil na Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti (ZRC SAZU) z radarsko interferometrijo izdelan InSAR DMV 25. Model je v povprečju manj natančen kot DMR 25, vendar je geomorfološko homogen za vso Slovenijo in ne vsebuje opaznejših grobih napak. Leta 2002 so na Inštitutu za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU izdelali prototipni DMR ločljivosti 20 m za 1/8 Slovenije. Za izdelavo so uporabili vse primerne obstoječe podatke, tudi take, ki bi jih po prvih izkušnjah zavrgli. Na podlagi zbranih ugotovitev so v letih med 2003 in

2005 izdelali za Slovenijo in njeno širšo okolico še natančnejši in bolj izpopolnjen DMR Slovenije z ločljivostjo 12,5 m (Slika 1) (Podobnikar, 2006).

2.3 Napovedovalni modeli razširjenosti habitatov v ekologiji

Napovedovalni modeli so poskus napovedovanja pojavov, ki se jih težko razloži s točkovnim opazovanjem (Podobnikar in Oštir, 2008). Z napredkom GIS-ov se je njihova uporaba hitro razširila med različne discipline, ki se ukvarjajo z analizo prostora, kot so katastrske analize, urbanistično načrtovanje, arheologija, varstvo okolja, varstvena biologija, ekologija itd.

Na področju arheologije sta se v našem prostoru prva začela sistematično ukvarjati z GIS-i Gaffney in Stančič (1991). Na osnovi podatkov DMR-ja, tal, litologije in mikroklima sta ustvarila model za določanje območij, ki so bila skozi zgodovino privlačna za naseljevanje na otoku Hvar (Hrvaška). S tem delom sta postavila temelje za nadaljnje raziskave na področju arheologije. Iz preprostih analiz je razvoj šel v smer napovedovalnih modelov, ki so splošno uporabni. Stančič in sod. (2001) so izdelali arheološki napovedovalni model za Pomurje, ki je služil pri načrtovanju trase hitre ceste na tem območju. Posebnost tega modela je v uporabi preproste metode prekrivanja slojev, saj je bila uporaba naprednejših tehnik nezadostna, zaradi ravnega reliefa območja Pomurja. Kljub uporabi preproste metode modeliranja, so bili rezultati dobri in uporabni za odločanje o poteku avtoceste.

Napredku statističnih tehnik in GIS-tehnologij niso sledili samo raziskovalci v arheologiji, ampak je razvoj potekal tudi na področju napovedovalnih modelov v ekologiji. Modeli so statični in izražajo verjetnostno stanje v naravi neke vrste ali združbe z ozirom na okolje, v katerem se pojavljajo. Ti modeli običajno raziskujejo različne hipoteze, kako okoljski dejavniki kontrolirajo razširjanje vrst in združb. Za določanje rastlinstva na svetu so že v preteklosti veliko uporabljali raziskave o odnosu med vrsto in habitatom, ki je determiniran s podnebjem in ostalimi okoljskimi dejavniki (Guisan in Zimmermann, 2000). Enega izmed prvih modelov, ki se ukvarja z napovedovanjem mokrišč na osnovi odnosa med vegetacijo in okoljskimi dejavniki, sta izdelala Lyon in Adkins (1995). Glavni namen raziskave je bil analizirati ter napovedati spremembe v razsežnosti mokrišča. Napovedovalni model je bil zgrajen na osnovi podatkov DMR-ja, podatkov o tipu tal ter rabe tal. Rezultati modela so bili dobri in avtorja sta dokazala, da so GIS-tehnologije uporabne za napovedovanje mokrišč ter predlagala nadaljnje raziskave na tem področju.

Napovedovalni modeli niso uporabni samo za napovedovanje rastlinstva, pač pa tudi habitatov živali. Santos in sod. (2006) so izdelali napovedovalni model za ogroženo vrsto kače *Vipera latastei* za območje Iberskega polotoka. Model je vseboval okoljske in družbene dejavnike, s katerimi so ugotoviti kako na razširjenost vpliva človek. Kot okoljske dejavnike so v model vključili spremenljivke o nadmorski višini, naklonu, povprečnih padavinah, temperaturah in klasificirane ukrivljenosti reliefa. Za prikaz človekovega vpliva pa so vključili gostoto poselitve ter rabo tal. Za napovedovanje razširjenosti vrste so izvedli analize faktorjev ekoloških niš ter rezultate vizualno prikazali s pomočjo GIS-ov. Podoben je tudi napovedovalni model za vrsto ptiča rjavi srakoper *Lanius collurio* na območju Lombardije (Italija). Glavni namen te raziskave ni bil samo ustvariti napovedovalni model, pač pa preveriti ali je natančnost napovedovanja dovolj dobra za uporabo rezultatov pri odločanju o določitvi meja zavarovanega območja. Ugotovili so, da so rezultati zelo uporabni, saj so na osnovi napovedovalnega modela določili nova območja razširjenosti vrste. Predvsem na območju, ki je težje dostopno in zato tudi manj raziskano. Vendar rezultati niso dovolj

natančni, da bi lahko ob njihovi izključni uporabi določili meje zavarovanega območja (Brambilla in sod., 2009).

V osnovi obstajata dva načina napovedovalnega modeliranja: induktivno in deduktivno modeliranje. Izgradnja modela pri induktivnem modeliranju poteka na osnovi znanja ter interpretacije terenskih opazovanj (opazovanja → vzorec → hipoteza → teorija). Pri deduktivnem modeliranju pa izhajamo iz teoretičnega predznanja, na osnovi katerega napravimo sklep kaj bomo vključili v model (teorija → hipoteza → opazovanja → potrditev). Induktivno modeliranje na začetku zahteva več raziskovalnega dela in je zato časovno bolj potratno (Podobnikar in Oštir, 2008).

Tematiko napovedovalnih modelov razširjenosti habitatov v ekologiji sta sistematično obdelala Guisan in Zimmermann (2000). Njun prispevek je postal osnova za vrsto znanstvenih raziskav s tega področja. Zaradi sistematičnosti in širokega pregleda smo tudi v našem delu v nadaljevanju povzeli njune ugotovitve. Po zgledu članka smo izvedli tudi praktični del.

2.3.1 Oblikovanje koncepta modela in izbor okoljskih spremenljivk

Oblikovanje koncepta modela se začne z raziskovanjem že poznanih dejstev. Prvo vprašanje, ki si ga postavimo, je pomembnost biotskih in abiotskih dejavnikov na razširjenost vrst. Običajno so ovire za razširjanje pogojene z okoljskimi in fiziološkimi omejitvami vrst.

Za napovedovanje razširjenosti živih bitij se ravnamo po načelih okoljskih parametrov. Okoljske parametre predstavimo z naborom različnih spremenljivk. Poznamo tri tipe okoljskih spremenljivk: izvirne, neposredne in posredne spremenljivke (Guisan in Zimmermann, 2000).

- Izvirne spremenljivke se nanašajo na snov in energijo, ki jo porabijo rastline ali živali. To so minerali, voda, svetloba za rastline in hrana ter voda za živali.
- Neposredne spremenljivke so okoljski parametri, ki imajo fiziološki pomen za živa bitja, ampak jih ne porabljajo. To so temperatura, vrednost pH itd.
- Posredne spremenljivke nimajo neposrednega fiziološkega pomena za obstoj organizmov, ampak so pomembne za njihov obstoj. To so ukrivljenost, naklon, nadmorska višina, ekspozicija, habitatni tipi, geologija itd.

Posredne spremenljivke običajno nadomestijo uporabo različnih izvornih in neposrednih spremenljivk. Pri izključni uporabi posrednih spremenljivk je model brez večjih napak samo na manjšem geografskem območju, za širše območje, lahko tudi na isti topografski legi, model zahteva drugačno kombinacijo direktnih in izvornih spremenljivk. To načelo se imenuje zakon relativne nespremenljivosti lege (nem. *Gesetz der relativen Standortkonstanz*). Zakon pravi, da vrste nadomestijo lokalno pogojene razlike v podnebjju z izbiro primerljivih mikrolokacij s spremembo topografske lege. Če v napovedovalni model kot napovedovalne parametre vključimo neposredne in izvirne spremenljivke, si zagotovimo bolj splošen model primeren na širšem območju. Še več, neposredne in izvirne spremenljivke nam pomagajo predvideti dinamične pojave sukcesije rastlinstva v prostorskem modelu, kjer se npr. upošteva podnebne spremembe.

Obstajajo štirje glavni viri za pridobivanje okoljskih spremenljivk (Guisan in Zimmermann, 2000):

- Terenska opazovanja ali opazovalne študije: to so terenske meritve npr. meteorološki podatki.
- Natisnjeni zemljevidi ali digitalizirani podatkovni sloji: to so prostorski podatki geologije, tipov tal, hidrologije.
- Podatki daljinskega zaznavanja: sem uvrščamo podatke o rabi tal, kamninski sestavi, snežni odeji, potencialni vlagi itd. Z aerofoto ali satelitskimi posnetki lahko pridobimo tudi zemljevide vegetacije.
- Sloji, pridobljeni z modeliranjem GIS-podatkov: GIS-podatke dobimo z interpolacijo terenskih opazovanj in meritev. V ta sklop uvrščamo geomorfološke analize ob uporabi DMR-ja.

Okoljski podatki se običajno pridobivajo z vzorčenjem na digitalnih podatkovnih slojih okoljskih spremenljivk, saj jih je v naravi težko meriti ali pa so postopki dolgotrajni in dragi. Ti podatki so zato manj natančni od podatkov pridobljenih na terenu. Večina bioklimatskih slojev je narejenih s prostorsko interpolacijo podatkov pridobljenih iz vremenskih merilnih postaj oz. vremenskih hišic. Zato lahko našteto vsaj tri negotovosti takih slojev: napake, ki se lahko pojavijo pri interpolaciji, nezadostno število vremenskih merilnih postaj v prostoru ter dejstvo, da vremenske merilne postaje ne merijo mikroklimatskih pogojev, ki so v biologiji zelo pomembni. Pedološke karte in geološke karte so za uporabo še manj zanesljive, saj so manjše ločljivosti.

Na drugi strani pa je DMR v ustrezni ločljivosti relativno natančen tudi na območju gorstev. DMR je osnova za izdelavo novih slojev na osnovi geomorfoloških analiz. Sloji izdelani z interpolacijo so manj natančni od izvirnega sloja, geomorfološke spremenljivke izpeljane iz DMR-ja (naklon, ekspozicija, ukrivljenost itd.) pa so običajno med najbolj natančnimi izdelanimi spremenljivkami. DMR za geomorfološke spremenljivke determinira prostorsko ločljivost, ki je po izvedbi geomorfoloških analiz enaka kot pri izvornem DMR-ju (Guisan in Zimmermann, 2000). Če je izvorni DMR v ločljivosti 12,5 m, potem je tudi nova geomorfološka spremenljivka v ločljivosti 12,5 m.

2.3.2 Prostorsko vzorčenje

Izbiri koncepta modela in izbiri ustreznih okoljskih spremenljivk za napovedovalni model sledi pridobivanje okoljskih podatkov za statistično obdelavo. Ko ustvarimo nabor okoljskih spremenljivk, sledi izbira učinkovite strategije vzorčenja podatkov. Podatki, ki jih vključimo v model, morajo biti neodvisni, enako porazdeljeni in morajo vključevati vse značilnosti območja. Če vzorčenje ni izvedeno optimalno, to vpliva na kvaliteto modela (Hirzel in Guisan, 2002).

Obstaja več načinov vzorčenja podatkov iz slojev okoljskih spremenljivk:

- Prvi je »*gradsect pristop*«, pri katerem v vzorec vključimo podatke na izbranem preseku. Ta način vzorčenja je prvi predlagal Helman (1983).
- Drugi način vzorčenja je naključno vzorčenje.
- Pri prostorskih analizah je pogost tudi pristop naključnega stratificiranega vzorčenja, ki je manj primeren za modele z velikim številom okoljskih spremenljivk, saj je potrebno stratificirati vsako spremenljivko posebej.
- Poleg tega se lahko odločimo tudi za sistematično oz. osnovno vzorčenje po celotnem območju. Pri sistematičnem vzorčenju v vzorec izberemo podatke, ki

se nahajajo na preseku rastrske mreže. Ta pristop imanujemo tudi osnovno-rastrsko vzorčenje (Hirzel in Guisan, 2002).

Kvalitativna ocena med pristopi vzorčenja izkazuje, da imata »*gradsect pristop*« in stratificirano naključno vzorčenje primerljive rezultate in sta oba boljša od osnovnega-rastrskega vzorčenja in naključnega vzorčenja. Pri modeliranju razširjenosti habitata želimo v vzorec podatkov vključiti vse posebnosti območja, kar nam pa »*gradsect pristop*« ne omogoča, saj se nahaja le na omejenem preseku celotnega raziskovalnega območja. Zato je najboljša izbira uporaba naključnega stratificiranega vzorčenja (Guisan in Zimmermann, 2000). Podobne rezultate nam podaja tudi raziskava, v kateri so raziskovali kako vpliva izbira različnih metod vzorčenja (osnovno-rastrsko vzorčenje, naključno vzorčenje, stratificirano vzorčenje) na natančnost napovedovalnega modela. Ugotovili so, da sta za napovedovanje razširjenosti habitatov najprimernejši metodi stratificiranega vzorčenja ter osnovna-rastrska, medtem ko je naključno vzorčenje manj primerno. Ključnega pomena pri vzorčenju je tudi pravilna izbira števila podatkov, ki jih vključimo v vzorec. Z večanjem števila podatkov v vzorec postaneta metodi osnovnega-rastrskega in stratificiranega vzorčenja bolj robustni, kot pri naključnem vzorčenju (Hirzel in Guisan, 2002).

2.4 Statistične analize

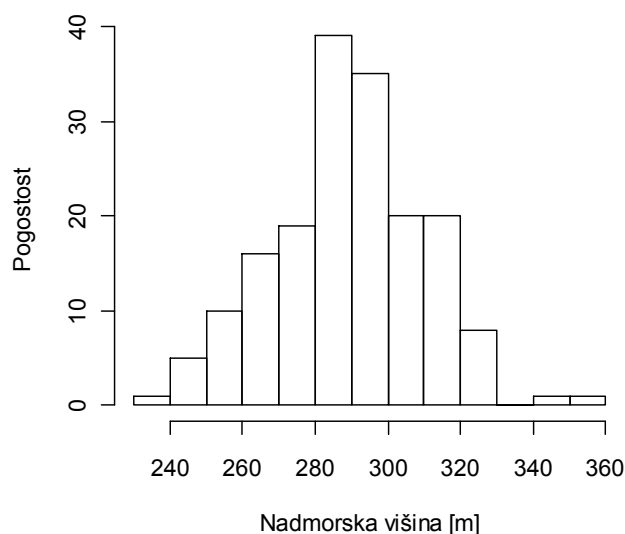
Poznamo več različnih statističnih pristopov: regresijske tehnike, tehnike klasifikacij, Bayesianov pristop, nevronske mreže itd. (Guisan in Zimmermann, 2000). V delu smo se odločili za uporabo preprostih statističnih analiz. Statistika je na splošno definirana kot znanost za zbiranje, organiziranje, analiziranje in interpretacijo podatkov. Poznamo dve veji statistike: opisna in inferenčna statistika. S pomočjo opisne statistike zbrane podatke prikažemo, s pomočjo inferenčne statistike pa iz vzorca podatkov napravimo sklep o celotni populaciji (Asadoorian in Kantarelis, 2005). Podatke smo v delu najprej vizualno ocenili z opisno statistiko, nato pa smo vizualne ocene preverili s statističnimi testi.

2.4.1 Opisna statistika

Pri vzorcu z večjim številom podatkov je težko obravnavati posamičen podatek, ampak je lažje vzorec obravnavati kot celoto. Podatke v vzorcu lahko kot celoto predstavimo grafično ali številčno z določenimi značilnimi vrednostmi vzorca (Turk, 2009). Med grafične predstavitve podatkov uvrščamo: histogram oziroma stolpčni diagram, Q-Q diagram in škatlo z brki.

2.4.2 Frekvenčni histogram

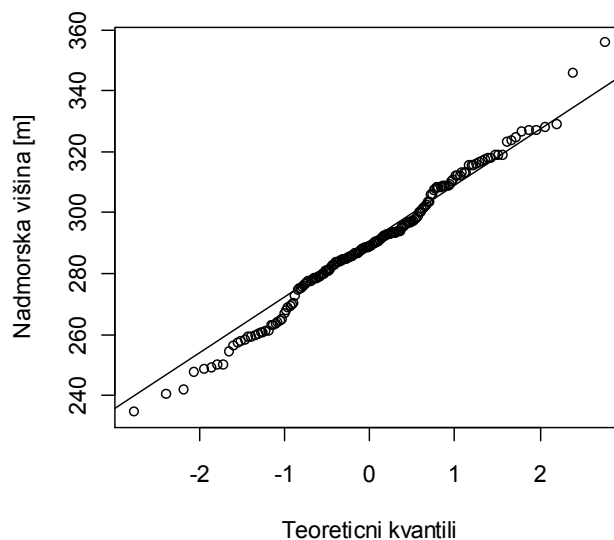
Ena lažjih metod opisne statistike je frekvenčni histogram (Slika 2), ki se uporablja za prikaz porazdelitve določene spremenljivke, v našem primeru za prikaz vseh geomorfoloških in hidroloških spremenljivk. Na x-osi je prikazana skala spremenljivke na y-osi pa je prikazana frekvenca oz. pogostost pojavljanja spremenljivke. Ko so razredi intervalov na x-osi enaki, nam višina kvadratov v histogramu predstavlja frekvence (Montgomery in Runger, 1999).



Slika 2: Prikaz histograma za spremenljivko nadmorskih višin (DMR)

2.4.3 Q-Q diagram

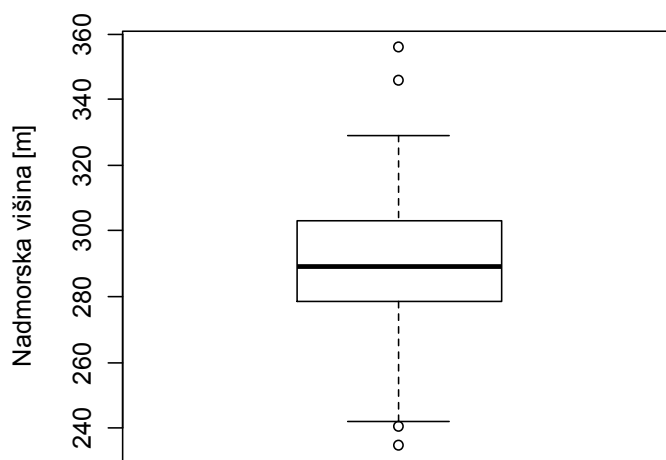
Q-Q diagram (Slika 3) je metoda za grafično analizo verjetnostnih porazdelitev populacij. V osnovi se uporabljajo za grafično oceno prileganja poljubne populacije normalni porazdelitvi (Pevec, 2009). Q-Q diagram se interpretira podobno kot graf normalne verjetnosti, kjer so podatki vzorca prikazani nasproti teoretični normalni porazdelitvi na način, da tvorijo ravno linijo. Odstopanja od ravne linije pomenijo odstopanja od normalne porazdelitve.



Slika 3: Prikaz Q-Q diagrama za spremenljivko nadmorskih višin (DMR)

2.4.4 Škatla z brki

Histogram nam prikaže le verjetnostno porazdelitev spremenljivk. Ko želimo grafično prikazati center, razpršenost, odmike od simetrije podatkov, potem za prikaz izberemo škatlo z brki (Slika 4). Škatla z brki prikazuje tri kvartile, minimum, maksimum in srednjo vrednosti spremenljivke. Prvi kvartil predstavlja 25 odstotkov vzorca, drugi kvartil predstavlja 50 odstotkov vzorca, kar je enako mediani, in tretji kvartil predstavlja 75 odstotkov vzorca (Montgomery in Runger, 1999). Črte (brki) se raztezajo izven kvadrata na spodnjo in zgornjo stran. Prikazujejo preostanek vzorca, razen ko imamo zunaj ležeče podatke, ki so prikazani kot točke. Minimum vzorca je spodnji rob brkov, maksimum vzorca je zgornji rob brkov. Zareze v kvadratu predstavljajo grafične intervale zaupanja. Škatlo z brki smo uporabili za grafičen prikaz testa značilnosti (t-test).



Slika 4: Prikaz škatle z brki za spremenljivko nadmorskih višin (DMR)

2.4.5 Inferenčna statistika

Opisni statistiki običajno pri obdelavi podatkov sledi inferenčna statistika. Uporabimo jo, ko iz poznane manjšega vzorca podatkov napravimo sklep za celotno populacijo (Asadoorian in Kantarelis, 2005). V delu smo najprej izvedli teste normalnosti porazdelitve podatkov, nato pa so sledili še testi značilnosti.

2.4.5.1 Testi normalnosti porazdelitve

Spremenljivke smo testirali s pomočjo testov normalnosti porazdelitve. Pri testih normalnosti porazdelitve testiramo prileganje podatkov predpostavljeni verjetnostni porazdelitvi. Za ugotavljanje normalne porazdelitve lahko izberemo več skupin testov, med najpomembnejšimi so (Thode, 2002):

- Testi osnovani na empirični porazdelitveni funkciji (EDF)
- χ^2 -test

Izbrali smo prvo skupino testov, ki so osnovani na empirični porazdelitveni funkciji. EDF-testi temeljijo na primerjavi empirične in hipotetične porazdelitve funkcije. Obstajata dve vrsti EDF-testov, pri prvih se računa največje oddaljenosti empirične funkcije od normalno porazdeljene funkcije (Kolmogorov-Smirnov test in Kuiper's V) pri drugih računamo kvadrate oddaljenosti (Anderson-Darlingov in Cramer-von Misesov

test). Ti testi zahtevajo enostavne hipoteze. Anderson-Darlingov test je najboljši med njimi, saj zazna največ odklikov od hipotetične normalne porazdelitve. Dobre rezultate dobimo tudi s Cramer-von Misesovim testom, vendar za manjše vzorce, do 25 podatkov. Za večje vzorce, nad 200 podatkov, pa je najbolj primeren Anderson-Darlingov test (Stephens, 1974). Zato smo se odločili, da bomo v delu uporabljali Anderson-Darlingov test.

Anderson-Darlingov test se v R-statističnem programu izračuna na osnovi spodnjih enačb (Ricci, 2005). Ta test se uporablja smo za testiranje normalnosti porazdelitve.

$$A^2 = -n - S \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(2i-1)}{n} [\ln F(x_i) + \ln (1 - F(x_{n+i+1}))] \quad (2)$$

n – velikost vzorca

$F(x)$ – kumulativna funkcija normalne porazdelitve

V nalogi smo izračunali tudi p-vrednost, ki nam pove kolikšna je verjetnost, da ničelna hipoteza drži. P-vrednost (Z) se v programu R izračuna po naslednji formuli, povzeto po Tabeli 4.9 (Stephens in D'Agostino, 1986: 127).

$$Z = A \left(1 + \frac{0,75}{n} + \frac{2,25}{n^2} \right) \quad (3)$$

Ničelno hipotezo smo preverili pri dveh stopnjah značilnosti: $\alpha = 95 \%$ in $\alpha = 99 \%$. Kritične vrednosti za obe stopnji značilnosti smo povzeli po Tabeli B15 (Thode, 2002: 401).

2.4.6 Testi značilnosti

Drugi del statističnih analiz predstavljajo testi značilnosti. Ugotoviti smo želeli, če lahko rezultate osnovnih statističnih analiz interpretiramo kot osnovne značilnosti mokrotnih travnikov. Za podatke, ki imajo normalno porazdelitev smo izvedli preizkušanje domneve o razliki med pričakovanimi vrednostma dveh populacij.

Naši podatki sta dva vzorca:

- prvi vzorec so podatki za geomorfološke in hidrološke sloje za vsak posamezen mokrotni travnik (X),
- drugi vzorec so geomorfološki in hidrološki sloji brez podatkov mokrotnih travnikov (Y).

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$$

n – število mokrotnih travnikov

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$$

n = število podatkov na sloju – število podatkov mokrotnih travnikov

Če se slučajni spremenljivki X in Y porazdelijeta normalno z neznanima standardnima deviacijama ter neznanima pričakovanimi vrednostma m_x in m_y , lahko izvedemo preizkus domnev o razliki pričakovanih vrednosti (Turk, 2009).

Postavimo ničelno in alternativno hipotezo:

$$H_0: m_x - m_y = 0 \quad \text{oziroma} \quad m_x = m_y$$

$$H_1: m_x - m_y \neq 0 \quad \text{oziroma} \quad m_x \neq m_y$$

V primeru, ko neznani standardni deviaciji nista enaki, uporabimo t-statistiko (Turk, 2009). T-test smo izvedli s pomočjo R-statističnega programa, ki izračuna Welchov t-test. Welchov t-test je prilagojen t-test, kadar imamo dva vzorca in ne poznamo standardnih varianc.

Za izračun t-statistike se uporablja naslednja enačbo:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}} \quad (4)$$

$\bar{X}_i$ – srednja vrednost vzorca

s_i^2 – varianca vzorca

N_i – velikost vzorca

Za izračun števila prostostnih stopenj se uporablja spodnja enačba:

$$v = \frac{(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2})^2}{\frac{s_1^4}{N_1^2 \cdot v_1} + \frac{s_2^4}{N_2^2 \cdot v_2}} = \frac{(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2})^2}{\frac{s_1^4}{N_1^2 \cdot (N_1 - 1)} + \frac{s_2^4}{N_2^2 \cdot (N_2 - 1)}} \quad (5)$$

V R-statističnem programu pri Welchovem t-testu veljajo naslednje hipoteze:

$$H_0: x_1 - x_2 = 0 \quad \text{oziroma} \quad x_1 = x_2$$

$$H_1: x_1 - x_2 \neq 0 \quad \text{oziroma} \quad x_1 \neq x_2$$

Ko ni izpolnjen pogoj normalnosti spremenljivk, uporabimo Wilcoxon-Mann-Whitneyev test, ki nadomešča klasični parni t-test. Wilcoxon-Mann-Whitneyev test je neparametričen statistični test. Uporablja se za testiranje ničelne hipoteze o enakosti aritmetičnih sredin dveh populacij (nasprotna hipoteza je, da sta različni). Wilcoxon-Mann-Whitneyev test predpostavlja, da sta populaciji zvezni ter da so vzorci naključni in neodvisni (Pevec, 2009).

Za primerjavo dveh vzorcev so vsi podatki najprej združeni skupaj in razvrščeni od najmanjšega do največjega podatka. Vsakemu podatku se pripiše vrednost glede na njegovo pozicijo v rang. Vsota vrednosti pripisanih rangov za vsak vzorec se uporabi za izračun testne statistike:

$$W_1 = S_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2} \quad (6)$$

$$W_2 = S_2 - \frac{n_2(n_2+1)}{2} \quad (7)$$

S je vsota rangov za posamezen vzorec, n pa število podatkov v vzorcu.

Ko sta W_1 in W_2 izračunana, se manjšo statistiko primerja s kritično vrednostjo ter potrdi ali zavrže ničelno hipotezo.

2.5 Modeliranje

Modeliranje je proces, s katerim zgradimo napovedovalni model ter ga vrednotimo. Na začetku izgradnje modela omejimo število spremenljivk v modelu. Značilne spremenljivke vključimo v testni model, ki smo ga v našem primeru zgradili na osnovi prekrivanja z utežmi. Rezultat modela je rastrski sloj, ki prikazuje območja največje verjetnosti za pojavljanje habitatnega tipa. Dobljene rezultate je treba še primerno ovrednotiti. Za vrednotenje modela smo uporabili vizualne analize.

2.5.1 Izbor spremenljivk

Pomembna faza pri izgradnji modela je izbor spremenljivk, ki jih vključimo v model. Da povečamo natančnost in moč napovedovanja modela, moramo število spremenljivk omejiti na razumno število. Ena težjih odločitev je, katere spremenljivke vključimo v model in katere ne. Harrell in sod. (1996) so ugotovili, da optimalno število spremenljivk ne sme biti večje od $m/10$, pri čemer m predstavlja celotno število opazovanj. Opazovanja so lahko terensko pridobljeni podatki ali pa podatki, ki jih pridobimo z različnimi tehnikami vzorčenja na podatkovnih slojih. V delu se opazovanja nanašajo na število podatkov v vzorcu.

2.5.2 Prekrivanje z utežmi

Preproste modele lahko ustvarimo v GIS-programskih orodjih z uporabo tehnike prekrivanja slojev različnih spremenljivk (Guisan in Zimmermann, 2000). Pri tem uporabimo pravilo odločanja, ki je ena izmed oblik večkriterijskih odločanj. Pravilo odločanja je postopek, s katerim razvrstimo alternative od najbolj do najmanj zaželene. Uporaba pravila odločanja nam pomaga pri izbiri najboljše alternative, razvrstiti alternative v razrede po prioritetah ter razvrstiti alternative od najboljše do najslabše. Pravila odločanja nam podajo osnovo za izbiranje, razvrščanje ter celovito ocenjevanje alternativ. Dve najbolj uporabljeni pravili odločanja sta linearna kombinacija z utežmi ter idealna točka (Nyerges in Jankowski, 2009). V delu smo se odločili, da bomo zgradili model s pomočjo linearne kombinacije z utežmi. Pravilo odločanja z linearno kombinacijo z utežmi je najbolj uporabljeno pravilo odločanja, zaradi njegove enostavne uporabe. Končna ocena ei za vsako alternativo i se izračuna z množenjem uteži (wj) s standardizirano končno oceno i ob kriteriju j (rij). Predpostavka za uporabo linearne kombinacije z utežmi je, da so kriteriji odločanja neodvisni.

$$ei = \sum_{j=1}^n wj \times rij \quad (8)$$

i – možnosti odločanja

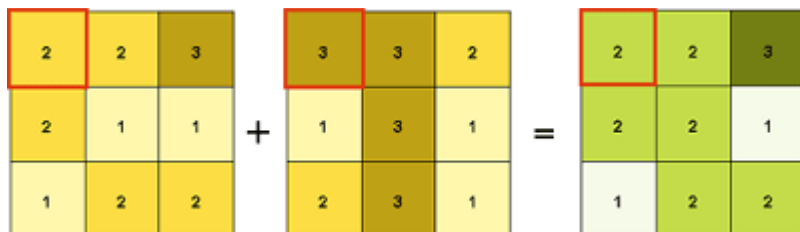
j – kriterij

Ko želimo imeti več končnih ocen, potem dobimo matriko:

$$\begin{bmatrix} e1 \\ : \\ em \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r11 & & rin \\ : & & : \\ rmj & & rmn \end{bmatrix} \times [w1 \quad \quad wn] \quad (9)$$

Linearna kombinacija z utežmi je vgrajena v različnih GIS-programih. V ArcGIS-programu jo lahko izvedemo s pomočjo orodja za prekrivanje z utežmi. To metodo imenujemo metoda utežnega prekrivanja (Nyerges in Jankowski, 2009).

Pri prekrivanju sloj prve spremenljivke prekrijemo s slojem druge spremenljivke in pri tem nastane nov sloj. Ko operiramo z rastrskimi sloji, morata prekrivajoča se sloja prikazovati enako značilnost, v nasprotnem primeru ju moramo klasificirati (Smith in sod., 2009). Vsakemu klasificiranemu sloju pripišemo utež oziroma utežni koeficient, tako da je vsota vseh uteži 100. Program nato množi vrednosti celic z utežmi (Slika 5) ter rezultat prikaže kot nov rastrski sloj (ArcGIS Desktop ..., 2009).

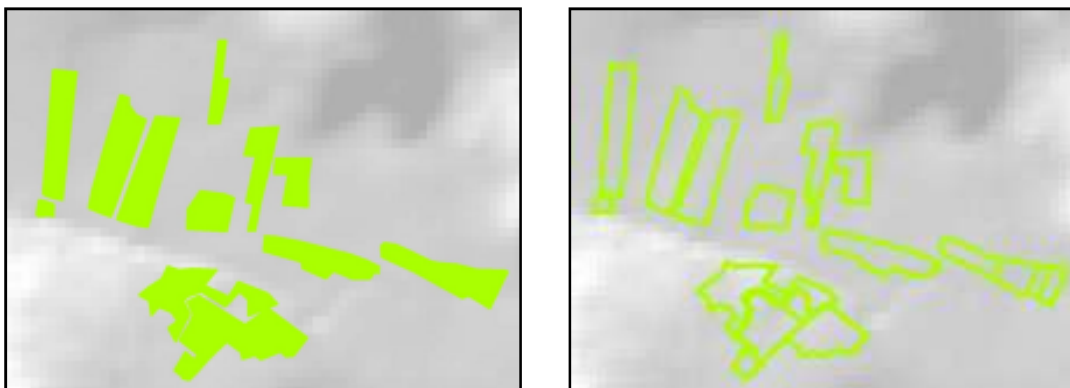


Slika 5: Delovanje orodja za prekrivanje z utežmi v ArcGIS-u

2.5.3 Vrednotenje modela

Obstaja več načinov za vrednotenje natančnosti napovedovalnega modela. Eden izmed načinov je, da uporabimo en vzorec podatkov za kalibracijo in vrednotenje modela. Drug način je, da za kalibracijo modela uporabimo en vzorec podatkov ter za vrednotenje modela uporabimo drug, neodvisen vzorec podatkov (Guisan in Zimmermann, 2000). Tretji način, ki smo ga uporabili v delu, je vrednotenje modela s pomočjo vizualnih analiz. Vizualne metode so zelo pomembne za vrednotenje prostorskih podatkov in lahko nadgradijo nekatere pomanjkljivosti statističnih metod. V praksi niso tako pogosto uporabljene vsaj iz teh razlogov: statistične metode veljajo za bolj objektivne in se jih zato več uporablja, drugi razlog je v tehnični opreми, saj običajno ni dovolj zmogljiva za dobre vizualne analize, poleg tega pa je tudi zgodovina uporabljanja bolj naklonjena statističnim metodam. Tretji razlog manjše uporabe vizualnih analiz je dejstvo, da je bila ta tehnika del kartografije. Pri vizualnih analizah so velikega pomena znanje in izkušnje strokovnjaka, ki jih izvaja (Podobnikar, 2009a).

Poznamo več tehnik prikazovanja podatkov v GIS-u, s pomočjo katerih lahko izvajamo vizualne interpretacije podatkov. V diplomskem delu smo DMR prikazali s pomočjo tehnike analitičnega senčenja. Senčni relief oziroma odboj svetlobe se izračuna na podlagi ekspozicije ploskve, njenega naklona in glede na izbor položaja sonca in naklonskega kota sončnih žarkov (Kvamme in sod., 1997). Senčni relief nam pri vizualni interpretaciji služi kot spodnji sloj, nad katerega prikažemo rezultate modela, ki so v vektorski obliki. Vektorski podatki so lahko točke, linije ali poligoni, za prikaz mokrotnih travnikov smo uporabili poligone. Te lahko prikažemo z različnimi barvami, odvisno kakšen objekt je predstavljen na sloju. Prav tako je poligon lahko v celoti obarvan ali pa je obarvana le meja poligona (Slika 6). V delu smo pri vizualnih analizah uporabili oba načina prikaza.



Slika 6: Prikaz vektorskih podatkov za območja mokrotnih travnikov. Levo je obarvan celoten poligon, desno pa samo meja poligona.

Uporabna funkcija za urejanje vektorskih podatkov je tudi označevanje. S tem orodjem lahko v ArcGIS-u označimo samo zelene poligone, ki se obarvajo drugače kot ostali poligoni. Poligone lahko izberemo na osnovi atributov ali na osnovi lokacije. Program označi zelene poligone na osnovi lokacije s primerjavo dveh vektorskih slojev, tako da postavimo pogoj (npr. kjer se sloja križata, kjer imata enak atribut, kjer sta oddaljena natančno 10 metrov itd.).

2.6 Mokrišča

Obstaja več definicij kaj je mokrišče. Wetlands International (2010) definira mokrišča kot območja, kjer voda prekriva tla ali pa je voda prisotna v zgornji plasti tal ali na površju tal. Voda je lahko prisotna tudi v koreninskem predelu rastlin. Prisotna je lahko vse leto ali pa le v določenih obdobjih. Mokrišča, ki so mednarodnega pomena, so varovana z Ramsarsko konvencijo (Ramsarska konvencija, 2009). Konvencija v prvem členu mokrišča opredeljuje kot območja močvirij, nizkih barij, šotišč ali vode, naravnega ali umetnega nastanka, stalna ali občasna, s stoječo ali tekočo vodo, ki je sladka, brakična ali slana, vključno z območij morske vode, katere globina pri oseki ne preseže šestih metrov (Beltram, 2005). Definiciji sta si skupni v tem, da mokrišča napaja voda, tla so precej drugačna od okoliških tal in flora ter favna sta prilagojena mokremu okolju.

Mokrišča so lahko po nastanku naravna (jezera, barja, izviri itd.) ali antropogena (soline, ribniki, kanali itd.), površinska ali podzemna. Vključujejo tako celinske ekosisteme kot tudi obalne in morske ekosisteme. Mokrišča imajo številne osnovne ekološke funkcije, pomembna so pri uravnavanju vodnega režima ter so območja z značilnim rastlinstvom in živalstvom. Zato so mokrišča definirana kot naravna dobrina, ki ima izjemen ekološki, ekonomski, kulturni, znanstveni in rekreacijski pomen (Beltram, 2005). Ramsarska konvencija (Ramsarska konvencija, 2009), ki je bila podpisana 2. februarja 1971 v iranskem mestu Ramsar, predstavlja medvladni sporazum in zagotavlja sodelovanje pri ohranjanju mokrišč, njihovih funkcij in biotske raznovrstnosti. Kot odziv na Ramsarsko konvencijo je bila najprej sprejeta Direktiva Sveta 79/409/EGS z dne 2. aprila 1979 o ohranjanju prosto živečih ptic, nato Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst. Obe direktivi omogočata ohranjanje biotske raznovrstnosti mokrišč v okviru omrežja Natura 2000.

2.6.1 Mokrotni travniki

Med mokrišča uvrščamo tudi mokrotne travnike. Mokrotni travniki so sezonsko poplavljen obdelana kmetijska zemljišča. Grozi jim nevarnost izginotja na svojem naravnem območju razširjenosti, ker imajo majhno naravno območje razširjenosti, pa še to se zmanjšuje in postaja vse bolj omejeno. Travišča ogrožajo predvsem sprememba rabe tal, bodisi zaradi urbanizacije bodisi gradnje infrastrukture, sprememba vodnega režima (regulacije, melioracije, komasacije), intenzivna kmetijska raba z novimi tehnologijami. V zadnjih desetletjih pa se površina ekstenzivnih travišč močno zmanjšuje, zaradi opuščanja tradicionalne rabe (košnja, paša), predvsem na račun grmišč in gozda. Delež redkih in ogroženih vrst je tu v primerjavi z večino drugih traviščih združb visok (Hlad in Skoberne, 2001). Mokrotni travniki spadajo med najbolj ogrožene ekosisteme v Sloveniji (Seliškar, 1996). Polnaravni vlažni travniki z visokim steblikovjem sodijo med naravne habitatne tipe, ki so tudi v interesu Evropske unije in so bili uvrščeni v direktivo o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992), da bi jih zaščitili pred izginotjem.

V Sloveniji je problematiko mokrotnih travnikov sistematično in podrobneje fitocenoško ter ekološko obdelal Zelnik (2005). Po njegovem je skupno vsem rastiščem mokrotnih travnikov, da uspevajo na slabo prepustnih tleh (naplavinah oziroma sedimentih), ki so ravna ali blago nagnjena ($<10^\circ$). Na takih ravninah najdemo manjše pritoke, ki tečejo po podlagi in na njej ustvarjajo vrhnje nanose ter jo dodatno členijo. Na plasteh so se razvili različni tipi tal, vsi pa bolj ali manj hidromorfni, različno močno izraženi amfiglej, hipoglej in obrečna tla. Ključni dejavniki pri tlotvornih procesih in floristični sestavi so pogostost, čas in trajanje poplavljenosti ter nasičenosti tal z vodo. Vlažnost tal na takih območjih je povečana, ne le zaradi visokega nivoja podtalnice, temveč zlasti zaradi deževnice, ki zastaja v zgornjih talnih horizontih, zaradi nepropustnih meljasto-glinastih plasti. Mikrorelief posledično določa vodni režim v zgornjih slojih tal, kar bistveno vpliva na floristično sestavo vegetacije. V času obilnejših padavin tam nastanejo posebne razmere – z vodo nasičena ali v ulekninah celo poplavljen tla. Te razmere prenesejo le določene na to prilagojene vrste, ki sestavljajo združbo značilno za mokrotne travnike. Na osnovi analiz, opazovanj in podatkov v literaturi je Zelnik (2005) prišel do zaključka, da imajo pri oblikovanju vegetacije mokrotnih travnikov bistveno vlogo vodni režim, kemijske lastnosti tal ter raba tal – košnja.

Vodni režim je odvisen od:

- *količine padavin in stopnje evapotranspiracije*: zastajanje padavinske vode pomembno vpliva na floristično sestavo in je načeloma najpogostejša v območjih z največ padavinami in najmanjšo evapotranspiracijo,
- *geomorfologije oziroma mikroreliefa*: mikrorelief ima, zlasti na nepropustnih tleh, odločilen vpliv na vrstno sestavo oziroma vegetacijo. Pogosto že nekaj decimetrska višinska razlika pomeni drugačen ekosistem in povsem drugo združbo na istem travniku, s tem da so drugi dejavniki bolj ali manj enaki. V ulekninah se zbira padavinska ali poplavalna voda, ki na površini nepropustnih tal ostane več tednov. Ta voda posledično vpliva na kemijske lastnosti tal, saj se zaradi pomanjkanja kisika v tleh začnejo reduktivni procesi, ki vodijo v izgube dušika, zakisovanje tal, povečevanje topnosti fosforja in fitotoksičnost nekaterih mikroelementov,
- *vrste tal*: tla so lahko lažje teksture z dobro izraženo strukturo in prepustna za vodo, lahko so težka s slabo izraženo strukturo in slabo prepustna za vodo. Bistveno pri vplivu vode v tleh na rastline je pojavljanje neprepustnih plasti, saj

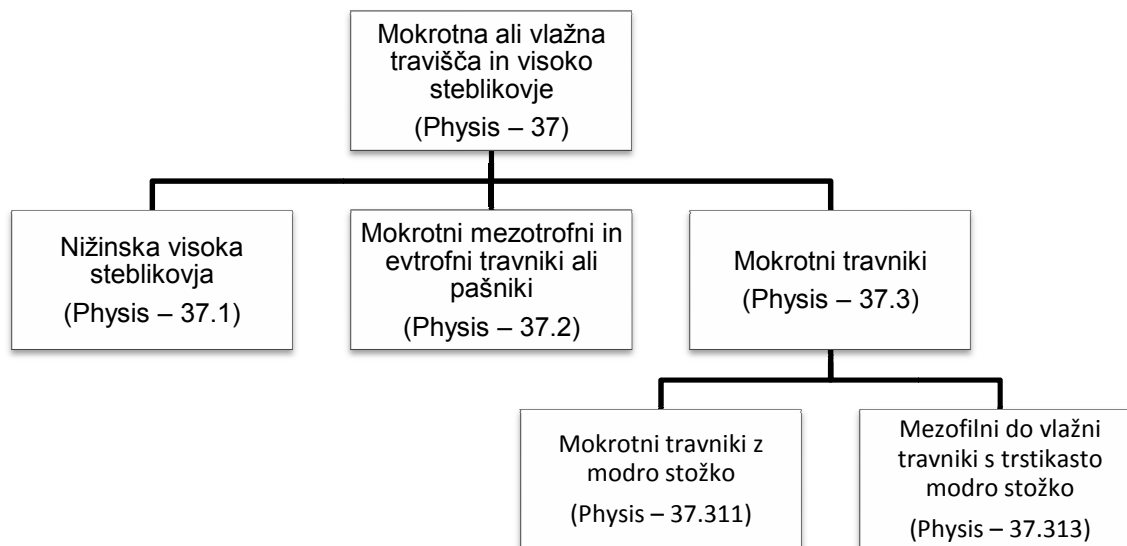
zaradi njih voda v tleh nima direktnega vpliva na rastline, ampak so te predvsem odvisne od vode v zgornjih plasteh tal, npr. padavinske vode.

Kemijske lastnosti tal so odvisne od:

- *kemijske osnove, na kateri so nastala tla*: osnova je lahko karbonatna, kjer tla vsebujejo velik delež karbonatov in bazičnih kationov ter imajo običajno nevtrarno in bazično reakcijo – evtrična tla. Osnova je lahko nekarbonatna, kjer tla vsebujejo malo karbonatov in bazičnih kationov, več pa H^+ ter imajo kislno ali zelo kislno reakcijo – distrična tla. Nekarbonatna tla imajo običajno tudi slabše izraženo strukturo, predvsem zaradi pomanjkanja kalcijevih kationov Ca^{2+} ,
- *dodajanja hranil v obliki organskih in mineralnih gnojil*: dodatki gnojil močno spremenijo talne lastnosti in v nekaj sezonah tudi floristično sestavo oziroma vegetacijo.

Pri košnji sta najpomembnejša dejavnika pogostost košnje in čas prve košnje v vegetacijski sezoni. Z upadanjem pogostosti košnje se večja delež konkurenčno močnejših visokoraslih vrst, ki zasenčijo tipične travniške vrste in tako nastane dolgotrajen sukcesijski stadij. Poznejši čas prve košnje je najbolj pomemben za vrste, ki imajo pozno cvetenje, in vrste, ki imajo intenzivno notranje kroženje snovi in shranjujejo asimilate (Zelnik, 2005). Za mokrotna travišča je značilno, da jih ne gnojijo, kosijo pa večinoma enkrat na leto, v poznem poletju (Hlad in Skoberne, 2001).

Skupina strokovnjakov za posamezne tipe rastlinja iz različnih ustanov je naredila izbor habitatnih tipov, prisotnih v Sloveniji po palearktični klasifikaciji (Physis) in ga, kjer je bilo strokovno upravičeno, prilagodila specifičnim razmeram v Sloveniji (Jogan in sod., 2004). Mokrotna travišča so na osnovi klasifikacije (Slika 7), ki je usklajena z evropsko tipologijo, razdeljena v več specifičnih habitatnih tipov. Za območje Goriškega je iz naravovarstvenega vidika najpomembnejši habitatni tip oligotrofni mokrotni travnik (Physis – 37.3), zato je v nadaljevanju podrobneje opisan.



Slika 7: Razdelitev mokrotnih travišč glede na palearktično klasifikacijo (Physis)

Mokrotna ali vlažna travišča in visoko steblikovje so sekundarno nastala močvirna, mokrotna ali vlažna travišča Evrope, ki vključujejo tudi različne oblike visokega steblikovja. Prvič nižinska visoka steblikovja (Physis – 37.1), ki zajemajo goste sestoje visokih ali srednje visokih higrofilnih steblik, ki se v pasovih pojavljajo na s hranili bogatih naplavinah vodotokov v nižinah. Lahko so kot stadij zaraščanja na opuščenih vlažnih travnikih in pašnikih. Drugič mokrotne mezotrofne in eutrofne travnike ali pašnike (Physis – 37.2), ki so travišča na zmerno ali zelo hranljivih naplavinah ali različno gnojni travniki na mokrih ali vlažnih tleh. Travniki so pogosto ali vsaj pozimi poplavljeni. Na območjih mokrotnega travnika se izvaja ekstenzivna košnja ali paša. Tretjič mokrotne travnike (Physis – 37.3), ki nastanejo na mokrih, vlažnih ali občasno vlažnih tleh v dolinah, kotlinah, ravninah ali kraških poljih. Tla so mezotrofna ali oglejena oligotrofna. Košeni so do dvakrat na leto, predvsem za steljo. Značilne vrste so *Betonica officinalis*, *Carex nigra*, *Cirsium oleraceum*, *Cirsium palustre*, *Deschampsia caespitosa*, *Equisetum palustre*, *Juncus spp.*, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Molinia coerulea*, *Sanguisorba officinalis*, *Succisa pratensis*, *Valeriana officinalis*, *Valeriana dioica*.

Oligotrofni mokrotni travniki (Slika 8) ter oligotrofni mokrotni travniki z modro stožko in sorodne združbe (Physis – 37.31) spadajo med evropsko pomembne habitatne tipe. Z besedo oligotrofni travniki označujemo negnojene mokrotne travnike na tleh s spreminjajočo se višino talne vode v zahodni, severni in srednji Evropi. Habitatni tip se na Goričkem pojavlja kot modra stožkovja v ožjem smislu združena v zvezo z *Molinion caeruleae*. Poleg tega pa najdemo na območju tudi mokrotne travnike s trstikasto stožko.

2.6.1.1 Mokrotni travniki z modro stožko (Physis – 37.311)

Mokrotni travniki z modro stožko so vlažna travišča na slabše hranljivih tleh s spreminjajočo se višino talne vode (v pomladnem času so tla lahko poplavljeni, poleti pa sušna). Običajno so tla negnojena. Po sestavi so tla bogata s humusom v zgornjem horizontu, sicer so pretežno oglejena (Jogan in sod., 2004).

Oligotrofni travniki z modro stožko za obstoj nujno potrebujejo kombinacijo treh dejavnikov: vlage, kislih in malo hranljivih tal. Poleg tega nanje negativno vpliva tudi vsakršno spreminjanje vodnega režima rastišča, predvsem izvajanje hidromelioracij, kopanje, širjenje in čiščenje melioracijskih jarkov, ki lahko zmanjšata vodno kapaciteto tal in vodostaj ob poplavih. Nezaželeno je tudi spreminjanje pH-vrednosti tal (predvsem v smeri izboljšanja produkcije z apnenjem) in dodatno gnojenje, saj se s tem poruši trofični nivo habitatnega tipa. Na Goričkem se ta habitatni tip pojavlja na poplavnih območjih, območjih zastajanja vode ali povirjih, kjer potekajo kisle reakcije tal. Tla so značilno oligotrofna, bogata s humusom le v zgornjem horizontu, sicer so pretežno glejena. Predvsem vlažnostni režim in oligotrofne razmere so tisti rizični dejavniki, ki so v kmetijski nižinski krajini najprej spremenjeni zaradi izboljševanja razmer, kot so izsuševanje na eni strani in gnojenje na drugi strani. Zato veljajo »*molinetumi*« za enega najbolj ogroženih habitatnih tipov nižinske (dolinske) krajine srednje Evrope. Na ta habitatni tip so vezani številni ptiči, dvoživke (žabe), v precejšnji meri pa tudi metulji (Kaligarič in sod., 2003).



Slika 8: Fotografija značilnega mokrotnega travnika (Avtor: Branko Bakan)

2.6.1.2 Mezofilni do vlažni travniki s trstikasto stožko (Physis – 37.313)

Mezofilni do vlažni travniki s trstikasto stožko so travniki s prevladujočo vrsto *Molinia arundinacea*, ki se pojavljajo v južnem delu srednje Evrope, predvsem v ilirskem fitogeografskem območju, predpanonskem prostoru in drugod (Jogan in sod., 2004). Na Goričkem se ta habitatni tip običajno pojavi kot naslednja sukcesijska stopnja za mokrotnim travnikom z modro stožko. Z nekajletno odsotnostjo košnje je trstikasta stožka kot dominantna vrsta zamenjala modro stožko. Takšne sestoje nekateri opisujejo tudi kot *Gentiano pneumonanthe-Molinietum arundinaceae* (Kaligarič in sod., 2003).

Sestoje s trstikasto stožko lahko fitocenološko uvrstimo v zelo različne kategorije, na Goričkem pa jih zaradi specifične kisle podlage, ki se odraža na molinietalnem inventarju spremljajočih vrst, brez dvoma uvrščamo v habitatni tip Physis – 37.31 (Kaligarič in sod., 2003). Oligotrofni travniki s trstikasto stožko so za uspešno rast pogojeni s tremi dejavniki, podobno kot travniki z modro stožko, in sicer vlago, kisloto reakcije tal ter oligotrofnimi talnimi razmerami. Travniki s trstikasto stožko so manj občutljivi in bolj trdoživi kot tisti z modro stožko. Vendar je za njihov obstoj še vedno potrebno skrbno gospodarjenje, ki vključuje do trikratno košnjo letno, omogočanje zastajanja vode na površini brez poseganja v vodni režim rastišča ter ohranjanje trenutne pH-vrednosti tal, brez izboljšanja produkcije z apnenjem. Nezaželeno je tudi gnojenje, saj se s tem poruši trofični nivo oligotrofnega habitata (Kaligarič in sod., 2003).

3 PRAKTIČNI DEL

Praktični del diplomskega dela je razdeljen na terensko delo ter računalniško obdelavo. Terensko delo predstavlja manjši del, saj smo ga izvedli zgolj za kontrolo podatkovnega sloja o habitatnih tipih iz leta 2003 (ZRSVN). Osrednji del pa predstavlja računalniška obdelava, ki vključuje vse faze izgradnje napovedovalnega modela. V izgradnjo modela smo vključili zbiranje podatkov, geomorfološke analize, vzorčenje prostorskih podatkov, izvedbo statističnih analiz, modeliranje in vrednotene rezultatov. Povdarek je na geomorfoloških analizah ter določitvi značilnih spremenljivk za napovedovalni model mokrotnih travnikov.

3.1 Določitev raziskovalnega območja – Goričko

»Na skrajnem severovzhodnem koncu Slovenije se panonska ravnica dvigne v blago valovito Goričko, od mnogih prezrto, od mnogih spregledano in od mnogih pozabljeno pokrajino.« (Činč in sod., 2002)



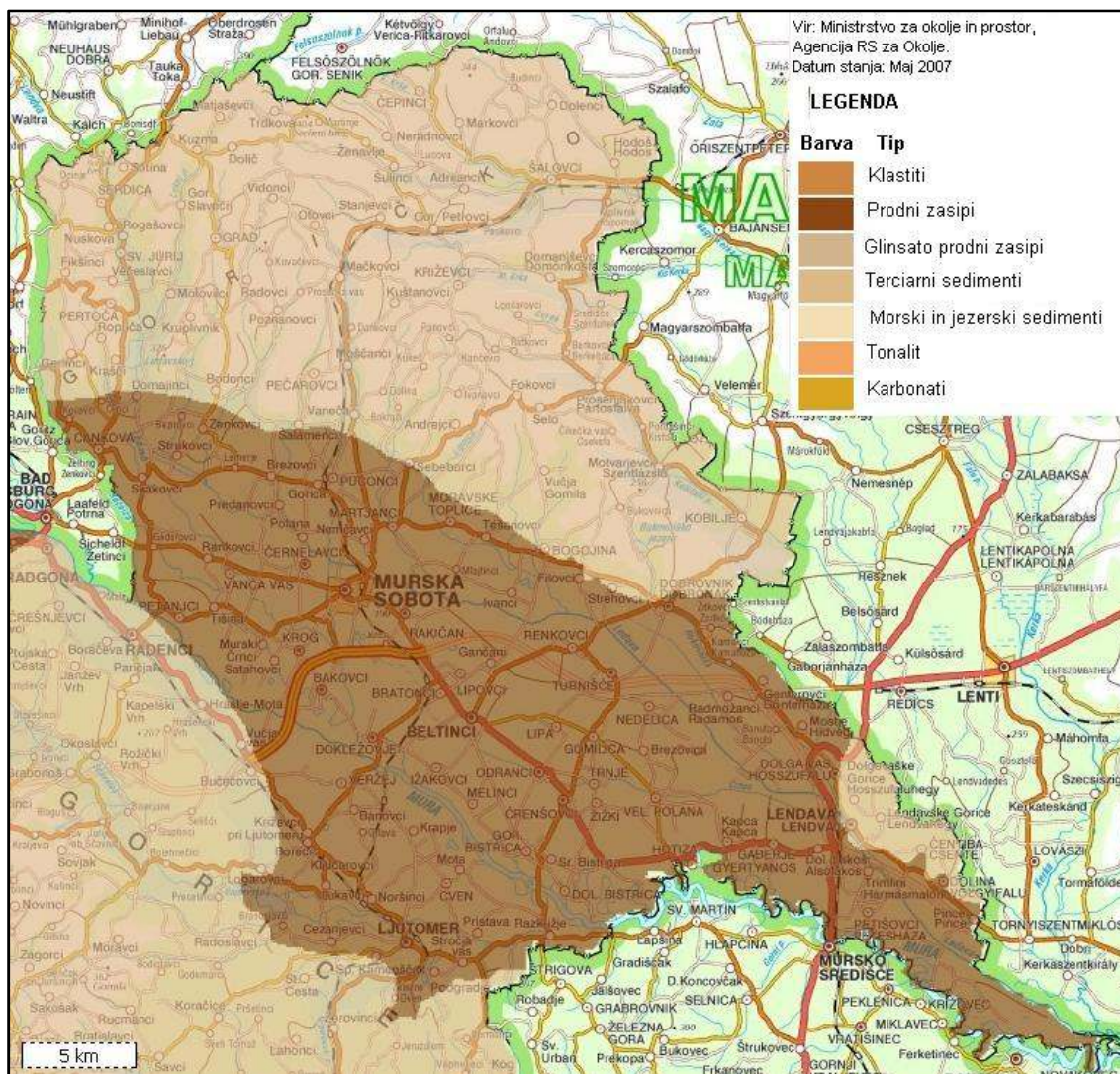
Slika 9: Krajinski park Goričko, območje označeno z vijolično barvo

Slovensko Goričko je del prostranega gričevja, po katerem je tudi dobilo ime. Domačini namreč gričem pravijo gorice. Najvišji vrh v pokrajini je na 418 metrov nadmorske višine, iz katerega se odpira pogled na avstrijsko južno Gradiščansko, kjer je Naravni park Raab, slovensko Porabje in stražno krajino na Madžarskem, kjer je Narodni park Őrség. To je prostor trideželnega parka, edinega v Sloveniji, ki je bil ustanovljen ob sprejetju Uredbe o Krajinskem parku Goričko (Ur. list RS, št. 101/2003 z dne 21. 10. 2003). Krajinski park Goričko (Slika 9) je drugi največji naravni park v Sloveniji, saj zajema površino 46.200 hektarjev, kar že zadostuje za regijski park (Mencinger, 2004). Park na naši strani obsega celotno Goričko, na avstrijski je vanj vključena podregija

Jennersdorf s sedmimi občinami na južnem Gradiščanskem ob reki Rabi, na madžarski strani pa Zalska in Železna županija. Tako trideželni park nosi ime po treh pokrajinah: Goričko-Raab-Őrseg. Sedež skupnega parka je v Gradu na Goričkem.

V nadaljevanju sledijo splošne značilnosti izbranega raziskovalnega območja. Podrobno smo predstavili geomorfologijo oziroma geologijo območja ter hidrologijo območja.

3.1.1 Geologija



Slika 10: Geološka karta za območje severovzhodne Slovenije (Geopedia, 2010)

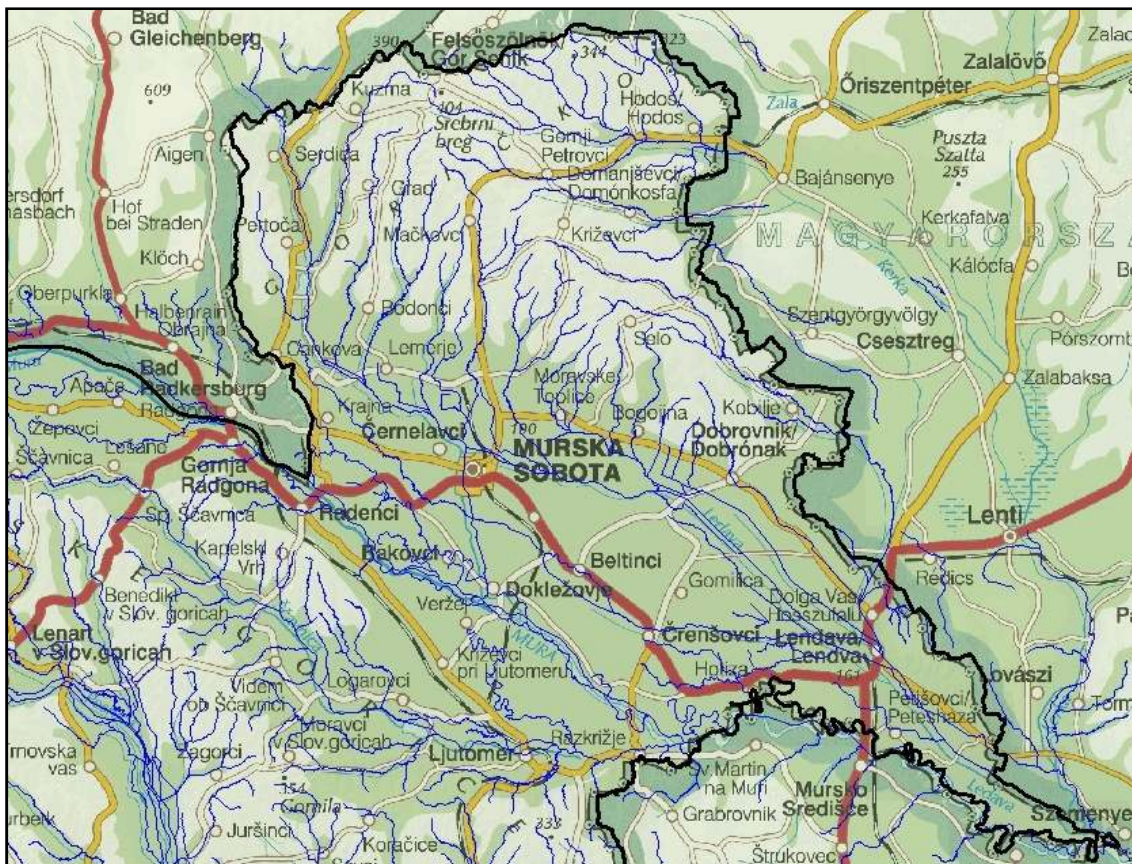
Z geološko zgradbo območja Krajinskega parka Goričko so se podrobneje ukvarjali Činč in sod. (2002). Ugotovili so, da geološka zgradba Goriškega kamninsko ni preveč pestra, vendar ima zanimivo geološko zgodovino. Celotno ozemlje pretežno gradijo terciarne kamnine (Slika 10), stare med 66 in 1,6 milijoni let. Mnogo starejše kamnine filitoidnih skrilavcev, katerih starost ni še natančno določena, uvrščamo v obdobje paleozoika in so razširjene le na območju Sotine in Rdečega brega. Na še starejšo magmatsko podlago so se pred 400 milijoni let odlagale v takratno morje. Danes izdajajo iz mehkejših terciarnih sedimentov in jih spoznamo že po morfologiji, saj oblikujejo bolj strma pobočja severozahodnega dela Goričke. Nastanku filitoidnih

skrilavcev je sledilo daljše kopno erozijsko obdobje z dviganjem posameznih delov ozemlja. Šele na koncu oligocena, pred 23 milijoni let, se je ozemlje pogreznilo in od vzhoda ga je zalilo Panonsko morje. Kopen je ostal le severozahodni del s starimi paleozoiskimi kamninami. Morje je prekrivalo ozemlje nadaljnjih 18 milijonov let, torej še ves miocen. V tem obdobju sta iz odmrlih luknjičark v mirnih zalivih otokov in v bližini kopnega poleg sedimentnih kamnin na dnu takratnega morja nastajale organske snovi, iz katerih so pozneje nastali ogljikovodiki kot nafta in zemeljski plin. V geološki preteklosti sta potovala proti površini in tako so ju med drugo svetovno vojno pri Petišovcih odkrili v višje ležečih mlajših plasteh. To odkritje je v veliki meri vplivalo na življenje tamkajšnjih ljudi, saj so jih zaradi varnostnih razlogov celo izselili. Vse pa kaže, da bo danes od črpanja prekmurskega črnega zlata ostal le spomin, saj črpanje nafte glede na raziskave opravljene v obdobju med leti 1950 in 1980 niso potrdile ekonomske upravičenosti. Z raziskavami so ponovno začeli septembra 2009 (V Prekmurju ..., 2009).

V pliocenu so prve morske usedline (prodi, peski in gline, iz katerih so nastali peščenjak, peščeni glinavec, glinavec) postale vedno bolj sladkovodne. Panonsko morje je izgubilo povezavo z ostalimi morji in se je zaradi dvigovanja ozemlja pomikalo vedno bolj proti vzhodu, saj so ga od zahoda proti vzhodu zasipavale reke. V zgornjem pliocenu, torej pred 1,6 milijoni let, je v okolici Klöcha v Avstriji izbruhnilo močno vulkansko delovanje. Posledice te vulkanske eksplozije so opazne tudi v Gradu. Kot mlajši erozijski ostanek se v deloma sprijetih plasteh kremenovega rečnega proda, laporja in gline pojavljajo plasti bazaltne tufa in tufita. Jugozahodno od Kaniže je nahajališče črnosivega bazalta. Te kamnine so bile v preteklosti zanimive iz gospodarskega stališča, saj so jih uporabljali kot gradbeni material. Danes so zanimive predvsem zaradi olivinovih nodul. Nahajališče v Gradu je edino nahajališče nodul v Sloveniji in je zato prvovrstna geološka zanimivost. Po odložitvi pliocenskih sedimentov je potekala erozija materiala. Reke so intenzivno vrezovale doline v višje predele. Na območju Murske ravnine so izgubile svojo transportno moč in zaradi tega sta se tukaj intenzivno odlagala prod in pesek. Vse od holocena do danes zaznamuje območje tako imenovana akumulacija sedimentnega materiala.

Na površini mladoterciarnih kamnin težko razberemo tektonske pojave. Zanesljivi dokazi se nahajajo pod površjem: vsa metamorforizirana podlaga terciarnih kamnin je tektonsko precej porušena, kar dokazujejo vzorci iz globokih vrtin. Tektonska porušenost je botrovala nastanku številnih mineralnih in tudi termalnih vrelcev. Te vode ob prelomih prihajajo na površino.

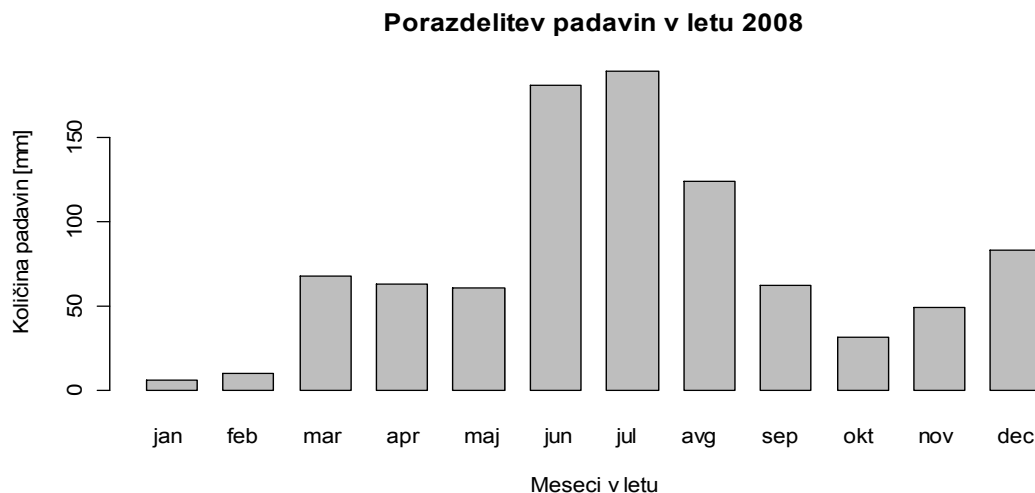
3.1.2 Hidrologija



Slika 11: Karta vodotokov za območje severovzhodne Slovenije 1:280.000 (Atlas okolja, 2010)

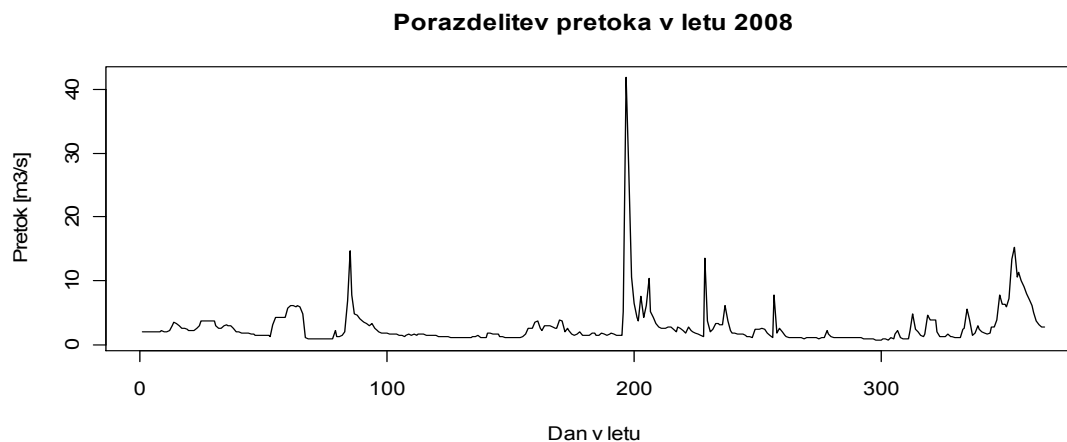
Vodna mreža Goriškega je zelo členjena in na videz bogata (Slika 11), vendar na območje letno pade malo padavin (Slika 12) (Dešnik, 2008). Podobno kot Dešnik (2008) tudi Frantar (2009) navaja skromne količine padavin na območju celotnega Pomurskega območja. V povprečju (1961–1990) ima Pomurje 897 mm padavin, na levem bregu Mure je padavin povsod pod 900 mm. Izhlapevanje je še en zelo pomemben proces, pri katerem voda iz tal prehaja v plinasto stanje bodisi iz vodnih površin ali pa iz rastlinstva. Letno v Pomurju povprečno izhlapi 693 mm vode, kar je glede na skromno količino padavin veliko. Na samo izhlapevanje najbolj vpliva pokritost tal, največje izhlapevanje je v gozdovih. V prihodnje lahko pričakujemo še večje izhlapevanje in večjo sušnost, zaradi večanja temperature zraka.

Površinske tekoče vode med nalivi hitro odteka po mehkem, peščenem dnu in odnašajo rodovitno prst z njiv v ravninske predele. Celotno območje Krajinskega parka Goričko je bogato razvejano z mrežo potokov, ki na zahodu odteka v Ledavo, s potokom Lukaj pa se nato izlivajo v Muro. Vode vzhodnega Goriškega pa se izlivajo v Veliko in Malo Krko, Ratkovski in Kobiljanski potok, zapustijo Slovenijo ter se izlivajo v Ledavo in nato v Muro. Malo nad južno mejo Krajinskega parka Goričko, med vasema Krašči in Pertoča, je Ledava zajezena v preko 100 ha velikem Ledavskem jezeru, ki je umetno akumulacijsko jezero. Njegova glavna funkcija je zadrževanje vode in tako varuje niže ležeče vasi in Mursko Soboto pred poplavami. Iz istega razloga so bile na območju Krajinskega parka Goričko meliorirane struge večjih vod, medtem ko ima večina manjših potokov še vedno naravno strugo (Dešnik, 2008).



Slika 12: Porazdelitev padavin v letu 2008 za območje Goričko (padavinska postaja Mačkovci) (Agencija RS za okolje, 2010)

Podrobneje se je z vodnim krogom in hidrologijo površinskih voda na območju Pomurja ukvarjal Frantar (2009). Pretočni režim je pokazatelj povprečnega spreminjanja pretoka reke v obdobju nekaj let. Potok Ledava v obdobju 1971–2000 kaže značilnosti panonsko dežno-snežnega pretočnega režima. Primarni višek vode je v marcu, kot posledica dežnih padavin in taljenja snega po gričevju in nižinah, sekundarni je nekoliko manjši v novembru in decembru. Najmanj vode ima vodotok poleti, ko zaradi velikega izhlapevanja večino padavin porabijo rastline za rast (Slika 13). Pretočni režim rek se v zadnjem desetletju ni veliko spremenil, medtem ko se je zgodila velika sprememba v deležu odtoka čez leto. Pri Ledavi se je povečal delež jesenskega odtoka in zmanjšal delež pomladanskega odtoka, ki se je skoraj izenačil z jesenskim viškom. To pomeni, da imajo lokalni vodotoki največ vode v pozni jeseni (decembra) in ne več zgodaj spomladi (marca). Poleg tega pa je v zadnjih letih opazil tudi upadajoč trend srednjih letnih pretokov, kar pomeni, da je v vodotoku Ledava vse manj vode. Manj vode pomeni, da količina vode v strugi upada ter da so vse konice nižje. Pri Ledavi se je povprečna letna količina vode zmanjšala za okrog tretjino.

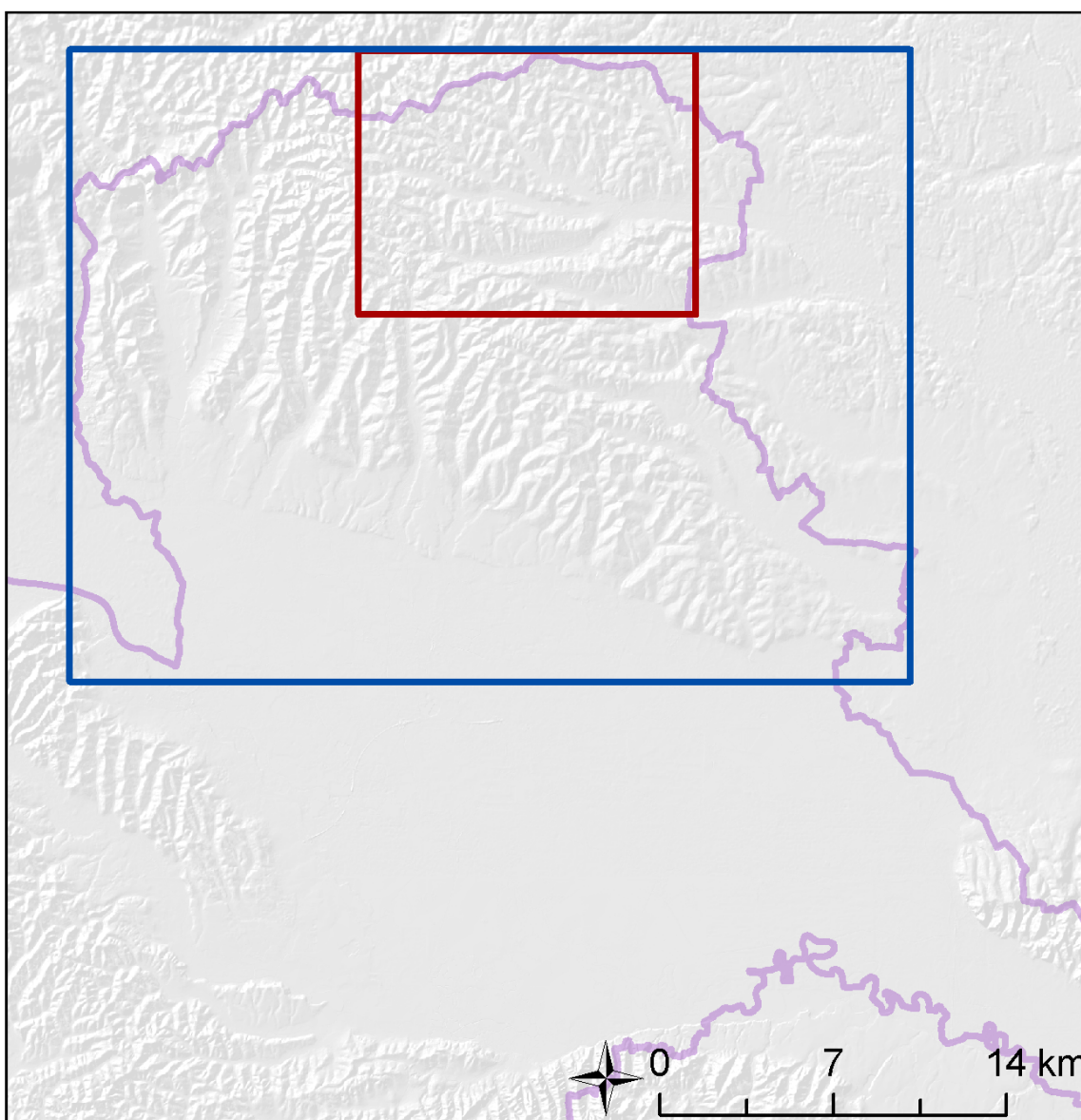


Slika 13: Pretok reke Ledave (vodomerna postaja Čentiba) v letu 2008 (Agencija RS za okolje, 2010)

3.1.3 Širše in ožje raziskovalno območje

Določili smo širše in ožje raziskovalno območje (Slika 14). Ožje raziskovalno območje smo izbrali vizualno in nam je služilo za kalibracijo modela. Na območju krajinskega parka Goričko smo izbrali območje, kjer je bila gostota mokrotnih travnikov največja. Območje je oblikovano v obliki pravokotnika dimenzije 13,6 km x 24,3 km s koordinatami vogala levo spodaj (575.518, 167.937).

Širše raziskovalno območje vključuje celotno območje Krajinskega parka Goričko in nam je služilo za vrednotenje modela. Širše raziskovalno območje je pravokotnik dimenzije 33,9 km x 59,5 km s koordinatami vogala levo spodaj (587.181, 182.789).

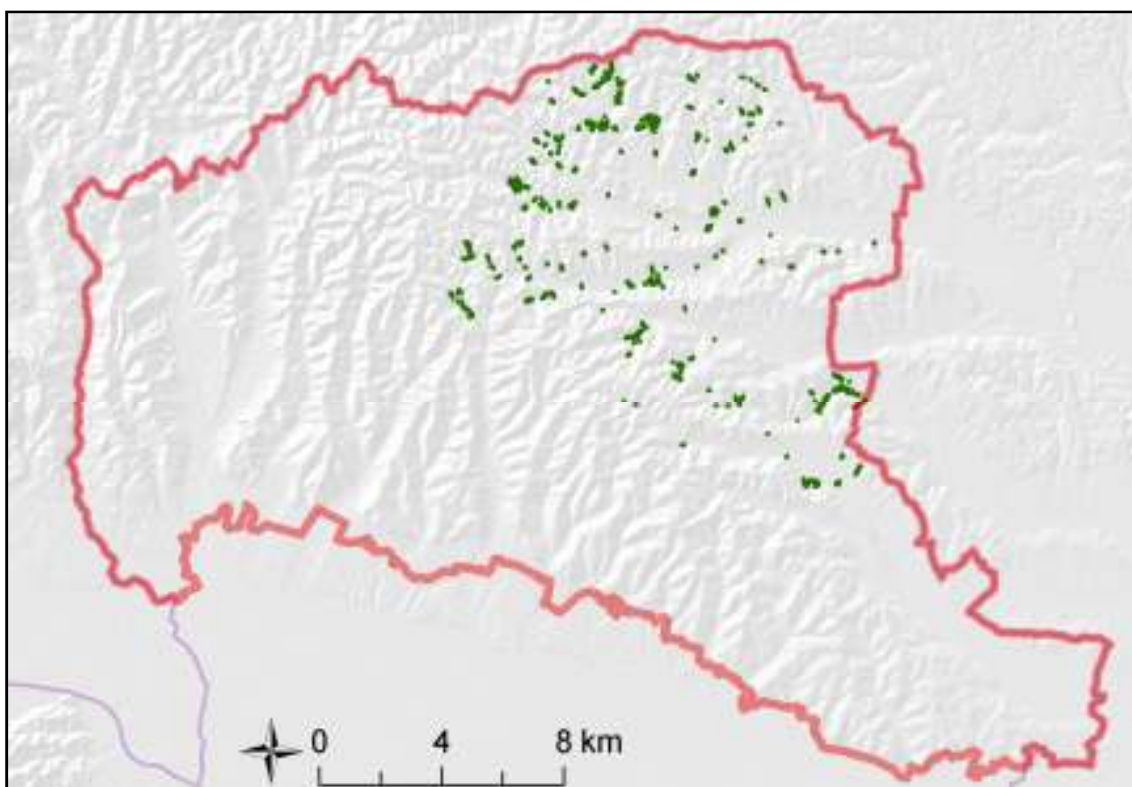


Slika 14: Širše raziskovalno območje (modro) ter ožje raziskovalno območje (rdeče)

3.2 Terensko delo

Kartiranje habitatnih tipov na območju Krajinskega parka Goričko je potekalo v letih od 2001 do 2003 (ZRSVN, 2003). Podatkovni sloj o habitatnih tipih smo pridobili od Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN). Podatki so stari tudi do devet let in ker so mokrotni travniki dinamičen ekosistem, smo se odločili za terensko kontrolo današnjega stanja.

Terenska kontrola pretežnega dela mokrotnih travnikov na območju Krajinskega parka Goričko je potekala od 28. do 31. julija 2009. S kontrolo podatkov, pridobljenih od ZRSVN (2003), smo prišli do zaključka, da je v osmih letih prišlo do 75 odstotnega zmanjšanja površin pokritih z ogroženim habitatnim tipom mokrotnih travnikov. Rezultat smo dobili z metodo osnovnega prekrivanja vektorskih podatkov v programu ArcGIS s pomočjo orodja za označevanje. Prekrili smo sloj o habitatnih tipih iz leta 2003 (ZRSVN) in digitalizirane podatke pridobljene na terenu. Lokacije mokrotnih travnikov, ki so se križale s terenskimi rezultati, so se ohranile. Kjer ni prišlo do križanja, lokacij mokrotnih travnikov ni več. Glavni vzroki za zmanjšanje površin so zaraščanje, večanje vnosa gnojil na travnike ter spremenjena raba tal. Rezultate s terena smo digitalizirali in jih prikazali v delu, saj uradno ne prikazujejo več dejanskega stanja (Slika 15). Te podatke smo uporabili za vrednotenje napovedovalnega modela.

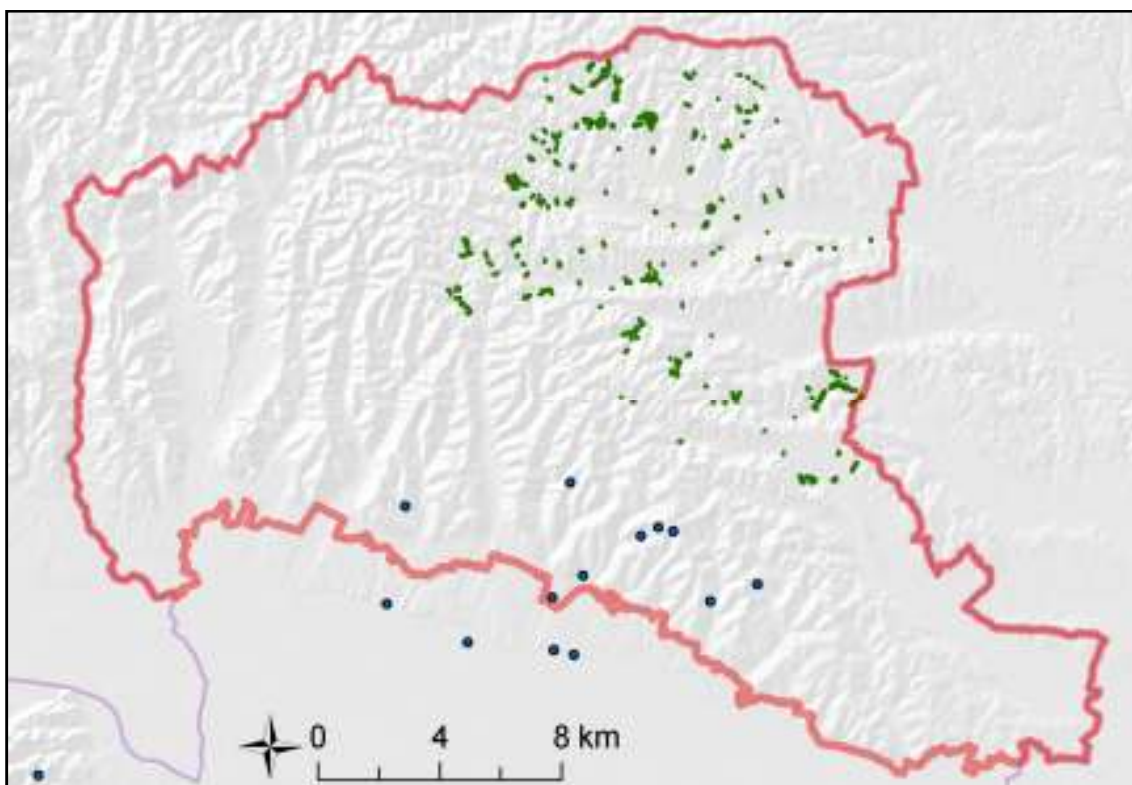


Slika 15: Obstoječi mokrotni travniki (zeleni poligoni) na območju Krajinskega parka Goričko v letu 2009

Na terenu smo se osredotočili tudi na opazovanje lokacij, kjer se pojavljajo mokrotni travniki. Ugotovili smo, da se mokrotni travniki nahajajo v bližini vodnega vira, potoka ali reke. Travniki v tem primeru na ravnini oziroma zelo majhnem nagibu, kjer voda lahko prestopi bregove. Te lokacije so ugodne za mokrotne travnike, saj so bili ti travniki najobsežnejši in najlepše ohranjeni. V večini primerov so ti mokrotni travniki segali do točke, kjer se je teren začel strmo vzpenjati. Zato je za te travnike težko

določiti povprečno oddaljenost rastišča od rečne struge, saj se od travnika do travnika spreminja. Poleg tega smo opazili, da se ob določenih vodnih virih mokrotni travnik začne tik ob rečnem robu, drugje pa rečni rob zaraščajo bolj vlagoljubne rastline in se mokrotni travnik pojavi v večji oddaljenosti od rečnega roba. Predvidevamo, da ima taka reka večjo frekvenco poplavljanja kot reka, kjer se mokrotni travnik pojavi tik ob rečnem robu.

Mokrotni travniki se pojavljajo tudi v manjših kotanjah na pobočjih, kjer je izvir. Opazili smo, da je območje Krajinskega parka zelo bogato z manjšimi izviri. Ker se tu pojavljajo mokrotni travniki lahko sklepamo, da ti izviri niso stalni, ampak se pojavijo le občasno. Tudi računalniško smo preverili koliko mokrotnih travnikov se nahaja ob izviri, s prekrivanjem podatkovnega sloja o izviri v Sloveniji (Podatkovni sloj ..., 2009). Noben tak izvir ni vključen v evidenco (Slika 16), zato je naša domneva, da se ti izviri pojavijo le občasno, pravilna. Na terenu smo bili nekaj dni po datumu maksimalnih padavin v mesecu juliju (Agencija RS za okolje, 2010) in smo te izvire lahko opazili. Lokacije mokrotnih travnikov ob izviri so običajno težje dostopne s kmetijsko mehanizacijo, zato so ti travniki bolj izpostavljeni zaraščanju.



Slika 16: Prikaz lokacij izvirov (modro) in lokacij mokrotnih travnikov iz leta 2009 (zeleno) na območju Krajinskega parka Goričko

3.3 Računalniška obdelava

Praktično delo je potekalo pretežno ob uporabi različnih računalniških programov. Na začetku smo pridobili podatkovna sloja za računalniško obdelavo (DMR in sloj o habitatih). Zbiranje podatkovnih slojev je prva in tudi najbolj dolgotrajna faza, ki ni odvisna samo od raziskovalca, ampak tudi od uradnih institucij, ki ju hranijo. Ko smo pridobili oba podatkovna sloja, je sledila njuna obdelava, ki predstavlja najpomembnejši del diplomskega dela. V tej fazi smo na osnovi prostorskih analiz ob izključni uporabi sloja DMR ustvarili geomorfološke in hidrološke spremenljivke. Za izdelavo spremenljivk smo uporabili tri različne GIS-programe. Na vseh spremenljivkah smo izvedli prostorsko vzorčenje okoljskih podatkov za statistično obdelavo. V delu smo izvedli opisno in inferenčno statistiko ter rezultate primerjali. Na koncu smo opravili še modeliranje, to je proces, s katerim ustvarimo napovedovalni model. Model smo zgradili s pomočjo uporabe tehnike prekrivanja slojev z utežmi. Kot rezultat smo dobili rastrski sloj, ki prikazuje območja največje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov.

3.3.1 Uporabljeni programi in programska orodja

V diplomskem delu smo uporabili tri različne GIS-programe: ArcGIS Desktop ArcInfo 9.3, Saga 2.0.3 in LandSerf 2.3. Prvi program je za uporabnike komercialno dostopen, druga dva pa sta prosta odprtokodna sistema, ki sta uporabnikom na voljo brezplačno.

ArcGIS je integrirana zbirka GIS-programске opreme, ki zagotavlja standardno platformo za prostorske analize, upravljanje s podatki in kartiranje. ArcInfo je najpopolnejša različica programa ArcGIS, saj vključuje funkcije iz različic ArcEditor in ArcView in ima dodane napredne prostorske analize, orodja za razširjeno upravljanje s podatki ter orodja za kartografijo. Za izvedbo dela smo predvsem uporabljali orodja za napredne prostorske analize. Program vsebuje veliko orodij za prostorske analize in je s tega vidika zelo uporaben za okoljske študije. S pomočjo različice ArcInfo smo v delu ustvarili del geomorfoloških in hidroloških spremenljivk, pridobili podatke za statistično obdelavo s pomočjo analiz območij, zgradili napovedovalni model ter ustvarili vse slikovno gradivo uporabljeno v delu.

Orodja: V programu ArcGIS smo največ uporabljali orodje za prostorske analize (ang. *Spatial Analyst*). V tem orodju je zbirka podrodij, s katerimi smo ustvarili geomorfološke spremenljivke (ang. *Surface*) in hidrološke spremenljivke (ang. *Hydrology*), klasificirali podatkovne sloje (ang. *Reclass*), utežno prekrili sloje (ang. *Weighted Overlay*), izbrali optimalne lokacije (ang. *Conditional* in ang. *Generalization*), pretvorili iz rastrskega v vektorski podatkovni model (ang. *Conversion*). Podrodje za osnovno analizo območij (ang. *ArcGIS zonal statistic Tool*) smo uporabili za izdelavo statističnih analiz. S pomočjo večdimenzionalnega orodja za analize prostora smo zgradili napovedovalni model (ang. *Site Analysis Tools*). V programu ArcGIS smo izdelali tudi vse slikovno gradivo, ki je uporabljeno v delu. V program smo si dodatno vgradili tudi Hawthovo orodje, ki smo ga uporabili za statistično analizo območij (ang. *ArcGIS zonal statistic ++ Hawth's Tool*). To orodje smo uporabili tudi za vzorčenje iz podatkovnih slojev okoljskih spremenljivk (ang. *ArcGIS Hawth's Sampling Tool*).

Saga je odprtokodni programski paket za samodejno izvedbo prostorskih analiz. Ta program je bil ustvarjen za enostavno in učinkovito uporabo algoritmov prostorskih analiz. Uporabnik lahko program uporablja na več načinov, preko grafičnega uporabniškega vmesnika, z uporabo modulov ali preko konzole. Osrednji in najpomembnejši del programa predstavljajo moduli, v različici programa Saga 2.0.3 imamo možnost uporabe 300 različnih modulov. Z njihovo pomočjo lahko izvedemo od

enostavnih do naprednih operacij. V delu smo za izvajanje analiz uporabljali module, preko katerih smo uvozili podatke v aplikacijo, ustvarili večji del geomorfoloških in hidroloških spremenljivk ter izvozili podatke iz aplikacije.

Orodja: V programu Saga smo vse operacije izvedli ob uporabi modulov. Za uvoz podatkovnega sloja DMR ter za izvoze podatkovnih slojev geomorfoloških in hidroloških spremenljivk smo uporabili modul uvoz/izvoz rastrov (ang. *Import/Export – Grids*). Za izvedbo geomorfoloških analiz smo uporabili modul terenske analize (ang. *Terrain Analysis*), najprej kot zbirko splošnih analiz (ang. *Terrain Analysis – Compound Analysis*), potem pa tudi posamezno za morfometrijo (ang. *Terrain Analysis – Morphometry*), hidrologijo (ang. *Terrain Analysis – Hydrology*) in struge (ang. *Terrain Analysis – Channels*).

LandSerf je odprtokodni geografski informacijski sistem za vizualizacijo in analizo površin. Orodja vključena v program so uporabna za vizualizacijo površja, geomorfološke analize na podlagi DMR-ja, upravljanje s podatki (uvoz in izvoz iz aplikacije), kreiranje zemljevidov, arheološko kartiranje, modeliranje površja itd. Avtor programa je Wood (1996), ki se je v svoji doktorski disertaciji podrobneje lotil problematike vizualizacije v GIS-u. V LandSerfu smo ustvarili več geomorfoloških spremenljivk ter jih izvozili iz aplikacije.

Orodja: Program LandSerf smo uporabljali z grafičnim vmesnikom. V orodju za analizo terena (ang. *Analyse*) smo ustvarili vse uporabljene spremenljivke v delu.

Vse statistične analize smo izvedli v R-statističnem programu. R je tudi programsko okolje za izvedbo statističnih izračunov ter grafičnih prikazov. Vključuje široko paleto statističnih (linearno in nelinearno modeliranje, klasični statistični testi, klasifikacije itd.) in grafičnih tehnik. R je dostopen kot odprtokodni sistem in si ga uporabnik lahko enostavno prenese na svoj računalnik z medmrežja (R, 2009). Sistem izvedbe statističnih analiz s pomočjo R poteka v oknu, ki ga imenujemo konzola. V konzolo uporabnik vpisuje ukaze programskega jezika, rezultati (izračuni ter grafike) pa se prikazujejo v novem oknu. R je namenjen naprednim analizam, kjer si uporabnik lahko sam prilagaja izračune.

Orodja: R-statistični program smo uporabljali preko ukaznega okna, v katerega smo vpisali ukaze skriptnega jezika. Vsi uporabljeni ukazi skriptnega jezika so prikazani v Prilogi D.

3.3.2 Zbiranje podatkov

Podatkovne sloje smo uradno pridobiti od pristojnih ustanov v Republiki Sloveniji. Vsi podatkovni sloji niso hranjeni na enem mestu, zato se je treba za pridobitev slojev vnaprej pozanimati, kje so dosegljivi. Poleg tega vsi podatki niso javno dostopni, vseeno pa so za študijske namene brezplačni. Pridobivanje podatkov ni raziskovalno delo, vendar nam je vzelo kar nekaj časa. Pridobili smo podatkovni sloj o habitatnih tipih in podatkovni sloj DMR-ja.

3.3.2.1 Podatki o habitatnih tipih

V delu smo uporabili vektorske podatke o habitatnih tipih na območju Goriškega, ki so pridobljeni s kartiranjem (ZRSVN, 2003). Tipologija habitatnih tipov Slovenije je usklajena z evropsko tipologijo. Skupina strokovnjakov za posamezne tipe vegetacije z različnih ustanov je naredila izbor habitatnih tipov, prisotnih v Sloveniji, po palearktični klasifikaciji (Physis) in ga, kjer je bilo strokovno upravičeno, prilagodila specifičnim

razmeram v Sloveniji. Podatki o habitatnih tipih so pomembni na področju varstva narave, saj danes ne varujemo samo prosto živečih rastlinskih in živalskih vrst, pač pa njihove habitate v celoti. Rezultati kartiranja habitatnih tipov, ki jih izvajajo od leta 2001 naprej, so osnova za pripravo strokovnih osnov za določitev območij pomembnih za varstvo narave ter njihovo upravljanje (ekološko pomembna območja, območja omrežja Natura 2000, že zavarovana in predlagana zavarovana območja itd.) in za sprejemanje odločitev pri prostorskem načrtovanju (presoje vplivov na okolje, razvojni načrti, usklajevanje naravovarstvene in kmetijske rabe itd.). Zaradi vsega naštetega je karta habitatnih tipov ena izmed osnovnih strokovnih podlag v sodobnem naravovarstvu (Kaligarič in sod., 2003).

Ploskovne podatke o habitatnih tipih na območju Goriškega pridobljenimi s kartiranjem z opisom smo pridobili od Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN).

3.3.2.2 Digitalni model reliefa (DMR)

V raziskavi smo uporabili DMR 12,5, ki velja za enega izmed geomorfološko najboljših DMR-jev Slovenije (GURS, 2005). Ena rastrska celica v modelu predstavlja kvadrat 12,5 m dolžine v naravi. Izdelan je bil med leti 2003 in 2005 iz obstoječih podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS) (Podobnikar, 2006). Podatkovni sloj smo pridobili od GURS-a.

3.3.3 Geomorfološke analize

Geomorfološke analize podatkovnega sloja DMR smo izvedli s pomočjo treh GIS-programov ter izdelali zbirko 37-ih različnih geomorfoloških spremenljivk (GURS, 2005). Odločili smo se za sistematično pridobivanje geomorfoloških in hidroloških spremenljivk. Za izhodiščni sloj smo izbrali DMR ter iz njega ob uporabi algoritmov vključenih v tri GIS-programe za prostorske analize (ArcGIS, Saga in LandSerf) izdelali nove sloje, ki služijo kot osnova za izgradnjo modela. Za izbor geomorfoloških in hidroloških spremenljivk nismo določili nobenega pogoja, ampak smo vključili vse spremenljivke, ki so dostopne v osnovnih verzijah programov. Tabeli 1 in 2 prikazujeta seznam vseh izdelanih spremenljivk, ki so vključene v statistično obdelavo. Spremenljivke so napisane tudi v angleščini, saj so programi dostopni samo v angleških verzijah in le tako lahko preprečimo zmedo o tem, kateri algoritem je vključen v raziskavo.

V raziskavo smo vključili naslednje spremenljivke izdelane s pomočjo ArcGIS-programa, ki prikazujejo: *naklon reliefa* (izražen v stopinjah [°]), *ekspozicijo* (izražena v stopinjah [°], kjer 0–22,5° predstavlja sever in 157,5–202,5° predstavlja jug), osnovno spremenljivko *ukrivljenosti reliefa*, *prečno* in *podolžno ukrivljenost reliefa* ter *moč toka*, ki prikazuje energijo potrebno za prenos sedimenta. Med hidrološkimi spremenljivkami imamo: *smer toka*, ki je izračunana na osnovi informacij o nadmorski višini in teoretično napove, v kateri smeri poteka vodni tok. Za izračun spremenljivke *smeri toka glajeno* smo uporabili isti algoritem, vednar smo spremenljivko na koncu še gladili. Za izračun *porečja* smo uporabili algoritem, ki na osnovi informacije o smeri toka napove, katere rečne struge tvorijo skupno porečje. *Indeks vlažnosti* je izračunan na osnovi informacij o naklonu in ekspoziciji ter nam teoretično napove, kje se bo voda zadrževala. Algoritem za izračun spremenljivke *akumulacije toka* nam teoretično napove, kolikšna količina vode bi tekla preko rastrske celice, če ne upoštevamo nobenih izgub vode (ArcGIS Desktop ..., 2009).

S pomočjo programa Saga smo ustvarili 20 spremenljivk. Med geomorfološke spremenljivke smo uvrstili *konvergenčni indeks*, kjer pozitivne vrednosti predstavljajo konveksna območja, negativne vrednosti pa konkavna območja. *Klasificirana ukrivljenost reliefa* je razdeljena v 9 različnih razredov (Dikau, 1988). Vsak razred predstavlja drugačen tip ukrivljenosti reliefa (raven teren, položen teren, rahlo ukrivljen teren itd.). Spremenljivka *dnevnega anizotropnega ogrevanja* izračuna katere lege dobijo več sončne energije glede na njihov položaj. Splošno dejstvo je, da osojne severne lege dnevno dobijo manj sončne energije, kot prisojne južne lege (Böhner in Antonić, 2009). Spremenljivka, ki smo jo poimenovali *gradient*, je modificirana oblika osnovnega topografskega indeksa. Algoritem izračuna, kako dolg mora biti tok vode vzdolžno, da izgubi določeno količino potencialne energije. Vrednosti so nižje na konkavnem in višje na konveksnem terenu, v primerjavi z osnovnim topografskim indeksom (Hjerdt in sod., 2004). *Indeks masne bilance* je optimiziran indeks za zaznavanje procesov translokacije na območjih z nižjim naklonom (Böhner in Selige, 2006). *Multiresolucijski indeks ploskosti dna dolin* (MRVBF) normalizira naklon med vrednosti 0 in 1. Vrednosti pod 0,5 predstavljajo geomorfološke oblike, ki niso dno doline (slemena, vrhovi itd.). Višje vrednosti pa sorazmerno predstavljajo ploskost dolinskega dna. *Multiresolucijski indeks ploskosti slemen* (MRRTF) deluje na enak način kot MRVBF, le da imajo vrednosti nasproten pomen (Gallant in Hutchinson, 2008). Alogritem spremenljivke *značilne točke terena* na osnovi DMR-ja samodejno razvrsti teren v 6 kategorij (jame, vrhove, struge, slemena, prehode in ravnice) (MacMillan in Shary, 2009). Med hirdološkimi spremenljivkami smo s pomočjo programa Saga ustvarili teoretično napoved, katere rečne struge tvorijo skupno *porečje*, izračunali, kakšen je *povprečni naklon porečja*, ustvarili *mrežo vodotokov* v rastrski in vektorski obliki, in *napovedali smer toka*. Spremenljivka *povezanost tokov* prikazuje, katere rastrske celice na DMR-ju imajo vrednosti, ki lahko tvorijo ugodne razmere za vodni tok. Spremenljivka *dolžine rečnega toka*, predstavlja seštevek celotne dolžine rečnega toka od začetne rastrske celice do izliva (MacMillan in Shary, 2009). *Horizontalna in vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo ter razdalja površinskega odtoka do rečne struge* so tri spremenljivke, ki jih izračunamo s pomočjo MFD-algoritma na osnovi informacij na sloju DMR ter mreže vodotokov (Saga, 2009). Spremenljivka *globina dolin* nam izračuna, kakšna je globina dolin.

Tri spremenljivke smo ustvarili s pomočjo algoritmov vgrajenih v LandSerf programu. Izdelali smo dve spremenljivki ukrivljenosti reliefa, in sicer *longitudinalno ukrivljenost reliefa*, ki prikazuje ukrivljenost reliefa v smeri naklon-ekspozicija ter *prečni presek površja*, ki prikazuje ukrivljenost reliefa v smeri naklon-pravokotna ekspozicija (Wood, 1996). Spremenljivka *značilne točke površja* pa prikazuje razvrstitev terena v šest kategorij, ki so iste kot pri programu Saga (jame, struge, prehodi, slemena, vrhovi, ravnice) (Wood, 2009). Dodatno imamo še tri spremenljivke: DMR, ki prikazuje *nadmorsko višino*, *relativni relief*, kjer negativne vrednosti predstavljajo nižinska območja, pozitivne pa višja izpostavljena območja (Podobnikar, 2009b) in *kvazi naklon*, ki natančneje prikazuje naklon pobočji, saj je bil ustvarjen za zaznavanje pobočji na območju (Székely in Podobnikar, 2009).

Poleg tega smo določili natančne lokacije mokrotnih travnikov na območju Krajinskega parka Goričko (ZRSVN, 2003). Na karti o habitatnih tipih (ZRSVN, 2003) smo določili območja, poligone, kjer se nahajajo mokrotni travniki z modro stožko (Physis – 37.311) ter mezofilni do vlažni travniki s trstikasto stožko (Physis – 37.313). Ta dva tipa mokrotnih travnikov sta na območju Krajinskega parka Goričko najbolj razširjena, zato smo ju v delu obravnavali ločeno.

Tabela 1: Seznam vseh geomorfoloških spremenljivk in njihovih okrajev

Programsko poimenovanje			Slovensko poimenovanje	Program
Geomorfološke spremenljivke	1	Aspect	Ekspozicija	ArcGIS
	2	Convergence Index	Konvergenčni indeks	Saga
	3	Cross-section Curvature	Prečni presek površja	LandSerf
	4	Curvate Classification	Klasificirana ukrivljenost reliefa	Saga
	5	Curvate	Ukrivljenost reliefa	ArcGIS
	6	Diurnal Anisotropic Heating	Dnevno anizotropno ogrevanje	Saga
	7	DMR	Nadmorske višine	"
	8	Relativni relief	Relativni relief	"
	9	Feature Extraction	Značilne točke površja	LandSerf
	10	Downslope Distance Gradient	Gradient	Saga
	11	Longitudinal Curvature	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	LandSerf
	12	Mass Balance Index	Indeks masne bilance	Saga
	13	Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness	MRVBF	Saga
	14	Multiresolution Index of the Ridge Top Flatness	MRRTF	Saga
	15	Plane Curve	Prečna ukrivljenost reliefa	ArcGIS
	16	Profile Curve	Podolžna ukrivljenost reliefa	ArcGIS
	17	Slope	Naklon reliefa	ArcGIS
	18	Surface Specific Points	Značilne točke terena	Saga
	19	Kvazi naklon	Kvazi naklon	"
	20	Stream power	Moč toka	ArcGIS

Tabela 2: Seznam vseh hidroloških spremenljivk in njihovih okrajšav

Programsko poimenovanje			Slovensko poimenovanje	Program
Hidrološke spremenljivke	1	Basin	Porečje	ArcGIS
	2	Catchment Area	Porečje Saga	Saga
	3	Catchment Slope	Naklon porečja	Saga
	4	Channel Network (grid)	Mreža vodotokov	Saga
	5	Channel Network (shapes)	Mreža vodotokov Saga	Saga
	6	Flow Connectivity	Povezanost tokov	Saga
	7	Flow Direction	Smer toka	ArcGIS
	8	Flow Direction Saga	Smer toka Saga	Saga
	9	Flow Direction Smooth	Smer toka glajeno	ArcGIS
	10	Flow Path Length	Dolžina rečnega toka	Saga
	11	Horizontal Overland Flow Distance to Channel	Horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Saga
	12	Topographic Wetness Index	Topografski indeks vlažnosti	Saga
	13	Vertical Overland Flow Distance to Channel	Vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Saga
	14	Wetness Index	Indeks vlažnosti	ArcGIS
	15	Overland Flow Distance to Channel	Razdalja površinskega odtoka do rečne struge	Saga
	16	Flow Accumulation	Akumulacija toka	ArcGIS
	17	Valley Depth	Globina dolin	Saga

3.3.4 Vzorčenje na podatkovnih slojih

Geomorfološke in hidrološke spremenljivke so rastrski podatkovni sloji, kjer ima vsaka celica pripisano vrednost. Pri nadaljnjem delu operiramo s pripisanimi vrednostmi, ki nosijo pomembne informacije. Te vrednosti smo uporabili pri statističnih analizah, ki so izvedene v R-statističnem programu. Zato je treba vrednosti iz GIS-programov pridobiti in izvoziti v ustrezni obliki.

Izbrali smo dva načina pridobivanja okoljskih podatkov. V prvem smo izvozili celoten sloj brez vrednosti, ki jih zavzemajo mokrotni travniki ter statistično obdelane podatke o mokrotnih travnikih. Za območja mokrotnih travnikov smo izvedli osnovne statistične analize, kamor sodijo izračuni najmanjše (minimalni) in največje (maksimalni) vrednosti, srednje vrednosti ter standardnega odklona. S statističnimi analizami smo dobili objektivne informacije o splošnih geomorfoloških in hidroloških značilnostih območij, kjer se nahajajo mokrotni travniki. Drug način pridobivanja okoljskih podatkov pa je vzorčenje na podatkovnih slojih okoljskih spremenljivk.

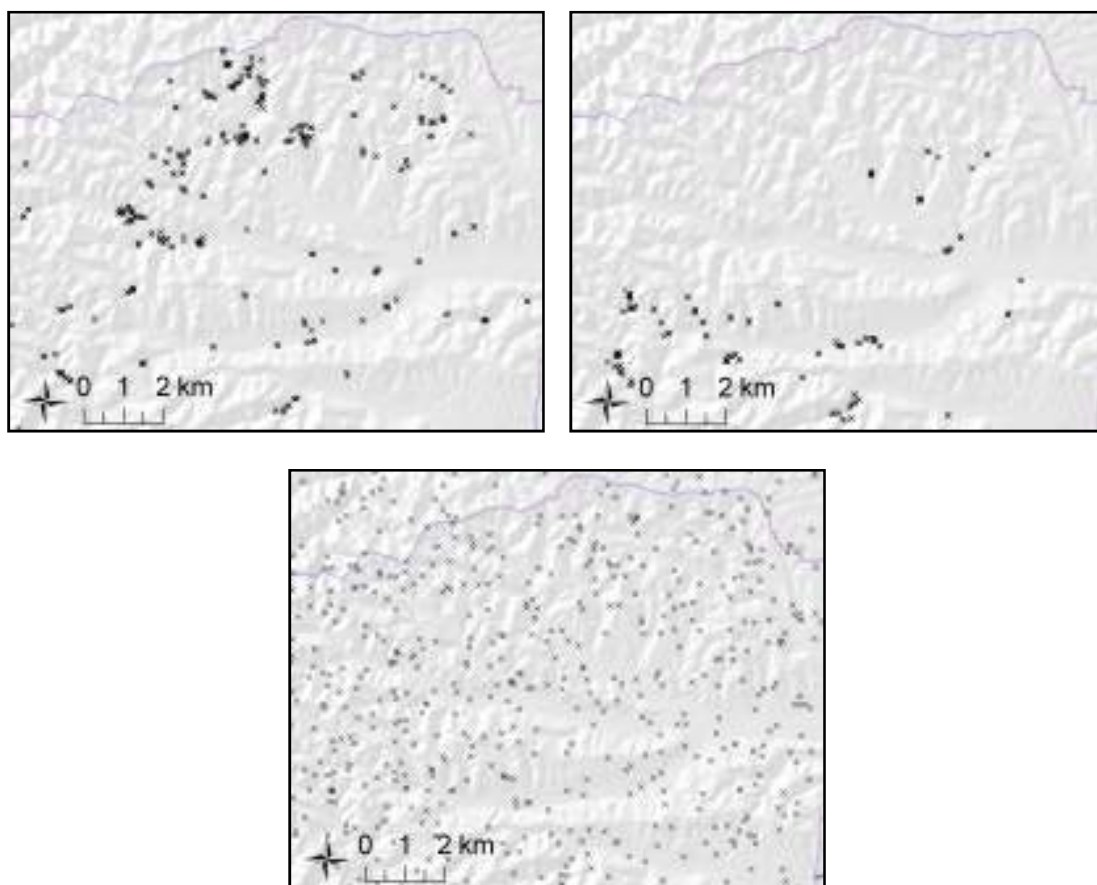
Osnovne statistične analize smo izvedli s pomočjo programa ArcGIS, ki omogoča analizo območij. Uporabili smo dve orodji: Hawthovo orodje za analizo območij in osnovno orodje za analizo območij. Tabela 3 prikazuje, katero orodje smo uporabili za posamezno okoljsko spremenljivko. Hawthovo orodje izračuna minimum, maksimum, mediano, aritmetično sredino, standardni odklon in vsoto vzorca podatkov za vsak posamezen mokrotni travnik. Tako smo dobili v vzorec za 37.311 tip mokrotnih travnikov 175 podatkov, v vzorec za 37.313 tip mokrotnih travnikov pa 78 podatkov. Pri nekaterih slojih Hawthovo orodje ni delovalo, za te spremenljivke smo uporabili osnovno orodje za analizo območij. Slabost pri osnovnem orodju je, da ne poda vedno podatkov za vsak mokrotni travnik, ampak samo za tiste, kjer so informacije iz podatkovnega sloja spremenljivke. Za mokrotne travnike, kjer manjka informacija o vrednosti, ne dobimo rezultata. Zato smo v Tabeli 3 natančno navedli, koliko podatkov imamo za nadaljnje statistične analize. Orodje za analizo območij izračuna minimum, maksimum, rang, aritmetično sredino, standardni odklon, vsoto, varianco, večino, manjšino in mediano. Za nadaljnje statistične analize smo uporabili podatke o srednji vrednosti.

Pri uvozu podatkov za celotne sloje spremenljivk v R-statistični program je pri nekaterih slojih prihajalo do problemov. Zaradi nepoznane napake smo uspeli uvoziti le del podatkov iz rastrske mreže (1.088 x 848), in sicer samo začetne vrstice podatkov v mreži. Zaradi neenakosti uvoženih podatkov, smo se odločili za drug način pridobivanja podatkov, to je pridobivanje podatkov s pomočjo vzorčenja. Zavedamo se, da ob nepravilnem vzorčenju lahko prihaja do izgube določenih značilnosti, kar se pri uvozu celotnih slojev spremenljivk ne more zgoditi. Vendar menimo, da je to boljša izbira kot neenakost v velikosti vzorcev. Drug razlog za izvedbo vzorčenja je dvom v kredibilnost statističnih testov, s katerimi smo za območja mokrotnih travnikov in celotnih območij ugotavljali normalnost porazdelitve ter značilnosti. Menimo, da je primerjava 100 podatkov (vrednosti pridobljene na območju mokrotnih travnikov) s podatki (vse vrednosti na sloju spremenljivke) neprimerna. S pomočjo vzorčenja podatkov na slojih spremenljivk pridobimo vzorce z enakim številom podatkov. Vseeno pa smo se odločili, da bomo analize izvedli za oba načina pridobivanja vzorcev ter rezultate primerjali.

Tabela 3: Orodje za statistično analizo območij posamezne okoljske spremenljivke

	Spremenljivke	Orodje za MT 37.311	Orodje za MT 37.313
Geomorfološke spremenljivke	Ekspozicija	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Konvergenčni indeks	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Prečni presek površja	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Ukrivljenost reliefa	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Dnevno anizotropno ogrevanje	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Nadmorska višina	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Relativni relief	Osnovno orodje (162)	Osnovno orodje (69)
	Značilne točke površja	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Gradient	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	Osnovno orodje (171)	Hawthovo orodje
	Indeks masne bilance	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	MRVBF	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	MRRTF	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Prečna ukrivljenost reliefa	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Podolžna ukrivljenost reliefa	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Naklon reliefa	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Značilne točke terena	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Kvazi naklon	Osnovno orodje (162)	Osnovno orodje (69)
	Moč toka	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
Hidrološke spremenljivke	Porečje	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Porečje Saga	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Naklon porečja	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Mreža vodotokov	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Mreža vodotokov Saga	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Povezanost tokov	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Smer toka	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Smer toka Saga	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Smer toka glajeno	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Dolžina rečnega toka	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Topografski indeks vlažnosti	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Indeks vlažnosti	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Razdalja površinskega odtoka do rečne struge	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Akumulacija toka	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje
	Globina dolin	Hawthovo orodje	Hawthovo orodje

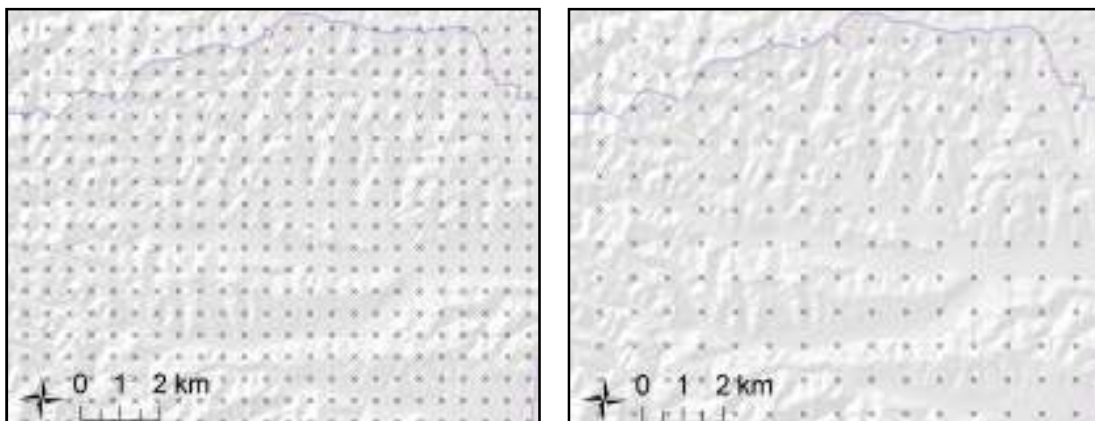
Vzorčili smo enako število podatkov za območja mokrotnih travnikov ter za celotno raziskovalno območje brez mokrotnih travnikov. Hirzel in Guisan (2002) sta predlagala kot optimalno metodo vzorčenja stratificirano vzorčenje, ki mu sledi osnovna-rastrska metoda vzorčenja. Zato smo v programu ArcGIS s pomočjo Hawthovega orodja za vzorčenje izvedli stratificirano vzorčenje. Najprej smo vzorčili na območju mokrotnih travnikov pod pogojem, da v vzorec izberemo iz vsakega mokrotnega travnika tri točke. Mokrotni travniki so predstavljeni kot poligoni, tako da imamo za prvi tip mokrotnih travnikov 175 poligonov in za drugi tip 78 poligonov in dobimo 525 točk v prvi vzorec ter 234 točk v drugi vzorec. Nato smo vzorčili na celotnem raziskovalnem območju, ki je predstavljen kot en poligon. Pogoj stratificiranja za prvi tip mokrotnih travnikov je bil, da se v celotnem poligonu izbere 525 točk, za drugi poligon pa 234 točk. Kot rezultat stratificiranja celotnega območja smo dobili naključno vzorčenje (Slika 17), ki je manj primerna oblika vzorčenja po Hirzel in Guisanu (2002).



Slika 17: Točke izbrane s pomočjo stratificiranega vzorčenja za mokrotne travnike 37.311 (zgoraj levo), za mokrotne travnike 37.313 (zgoraj desno) ter stratificirano vzorčenje za ožje raziskovalno območje

Poskusili smo z osnovnim-rastrskim vzorčenjem, kjer je osnovni pogoj oddaljenost med točkami. Oba vzorca (za mokrotne travnike ter celotno območje) morata biti enako velika, zato smo izbrali za prvi tip travnikov okrog 500 točk ter drugi tip travnikov okrog 200 točk. Osnovno-rastrsko vzorčenje na celotnem območju smo izvedli hitro. Za oddaljenost med točkami smo za prvi tip mokrotnih travnikov določili 550 enot in dobili 500 točk ter za drugi tip 850 enot in dobili 221 točk (Slika 18). Velik problem se je pojavil pri določanju oddaljenosti za območja z mokrotnimi travniki. Postavitev 500 mrežno razporejenih točk velik izziv, saj zavzemajo poligoni mokrotnih travnikov

majhne površine. Pri tej metodi vzorčenja se je pojavil tudi dvom, če 221 točk izbranih na celotnem območju resnično predstavlja reprezentativen vzorec.



Slika 18: Osnovno-rastrsko vzorčenje za mokrotne travnike 37.311 (levo) ter mokrotne travnike 37.313 (desno)

Na koncu smo se odločili, da za tehniko vzorčenja izberemo kar naključno vzorčenje, kjer je osnovni pogoj določitev števila naključno izbranih točk na sloju. Hirzel in Guisan (2002) sta velik pomen pri vzorčenju podala tudi pravilni določitvi velikosti vzorca. Menimo, da za celotno območje 200 točk predstavlja premajhen vzorec, istočasno pa vzorec ne sme biti prevelik zaradi majhnosti površine, ki jo zavzemajo mokrotni travniki. V model običajno vključimo $m/10$ podatkov, pri čemer m predstavlja celotno število opazovanj. V našem primeru so opazovanja predstavljala točke v vzorcu. Če bi statistične analize pokazale, da so vse okoljske spremenljivke značilne za pojavljanje mokrotnih travnikov, potem moramo v vzorec vključiti $n \times 10$ podatkov, kjer je n število vseh izbranih okoljskih spremenljivk.

$$n = 37$$

$$n \times 10 = 370 \quad (10)$$

Velikost vzorca je 370 točk. To pomeni, da smo izbrali 370 točk na območju mokrotnih travnikov prvega tipa in 370 točk na območju drugega tipa ter 370 točk na celotnem območju brez mokrotnih travnikov prvega tipa. Enako število točk smo izbrali tudi na celotnem območju brez mokrotnih travnikov drugega tipa.

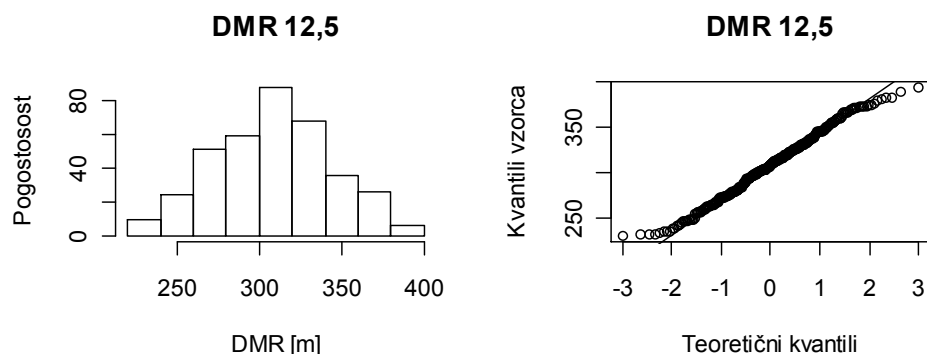
3.3.5 Statistične analize

Statistične analize smo izvedli sistematično v treh dopolnjujočih se delih. V prvem delu imamo opisno statistiko, kjer smo s pomočjo grafičnih prikazov raziskali podatke, s katerimi operiramo. V sklopu inferenčne statistike smo izvedli teste normalnosti porazdelitve. Rezultate teh testov smo uporabili v tretjem delu pri testih značilnosti.

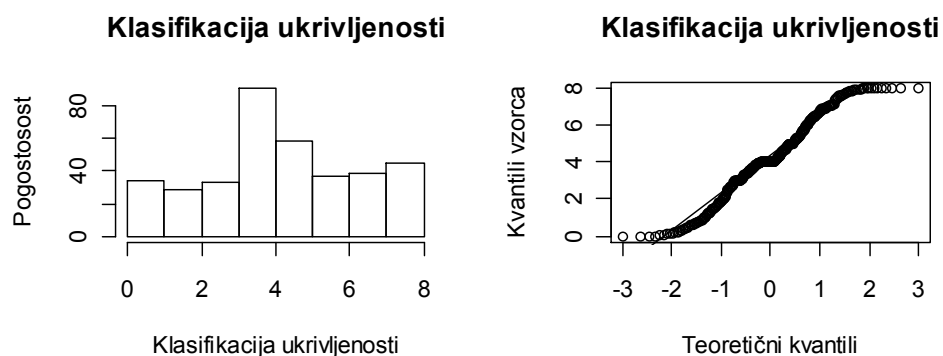
3.3.5.1 Opisna statistika

Statistično obdelavo geomorfoloških in hidroloških spremenljivk smo izvedli s pomočjo grafičnih prikazov. V statističnem programu R smo za vsako spremenljivko ustvarili histogram in Q-Q diagram. S pomočjo grafičnih prikazov smo vizualno določili, katera spremenljivka je normalno porazdeljena.

Za spremenljivko, pri kateri histogram izraža Gaussovo porazdelitev in je v Q-Q diagramu prikazana kot linija brez odstopanj, smo določili, da je normalno porazdeljena. Slika 19 prikazuje normalno porazdeljeno spremenljivko za nadmorske višine, določeno na osnovi vizualne interpretacije. Slika 20 pa prikazuje spremenljivko klasifikacije ukrivljenosti reliefa, ki ni normalno porazdeljena. V Prilogi E so predstavljeni vsi grafični prikazi za določanje normalnosti porazdelitve.



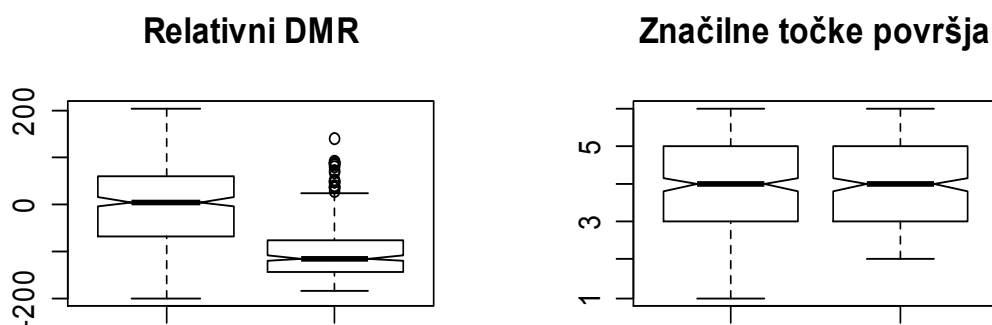
Slika 19: Spremenljivka DMR 12,5 nadmorskih višin, ki je normalno porazdeljena



Slika 20: Spremenljivka klasifikacije ukrivljenosti reliefa, ki ni normalno porazdeljena

Izvedli smo dve vrsti testov značilnosti, t-test in Wilcoxon-Mann-Whitneyev test. Želeli smo ugotoviti, če spremenljivke za območja mokrotnih travnikov izkazujejo drugačne značilnosti kot celotno raziskovalno območje. V ničelni hipotezi smo testirali, ali je srednja vrednost območij mokrotnih travnikov enaka srednji vrednosti celotnega območja. To pomeni, da smo v test vključili spremenljivki obeh območij. T-test lahko izvedemo ob predpostavki, da so vhodni parametri normalno porazdeljeni. Za vse ostale spremenljivke smo izvedli Wilcoxon-Mann-Whitneyev test, ki služi kot zamenjava za t-test.

S pomočjo opisne statistike lahko ocenimo tudi rezultate testov značilnosti. Smith in sod. (2009) so za vizualno ocenjevanje rezultatov testov značilnosti (t-testa) predlagali škatlo z brki. Na isti graf prikažemo oba vzorca podatkov, ki ju želimo primerjati. V primeru, ko je ničelna hipoteza t-testa potrjena in imata vzorca enako srednjo vrednost, se to na grafu opazi kot prekrivanje intervalov zaupanja obeh vzorcev. Želeli smo izvedeti, katera spremenljivka za območja mokrotnih travnikov izkazuje največji odklon od celotnega območja. Zato smo iskali spremenljivke, ki imajo najbolj zamaknjena intervala zaupanja. Na Sliki 21 vidimo dva vzorčna grafa, na vsakem grafu sta dve škatli z brki. Prva škatla predstavlja vzorec podatkov za območje pojavljanja mokrotnih travnikov, druga škatla predstavlja vzorec podatkov celotnega raziskovalnega območja. Opazimo lahko, da sta na prvem grafu intervala zaupanja škatel zamaknjena, kar pomeni, da ima območje mokrotnih travnikov drugačne značilnosti kot celotno območje. Na drugem grafu se intervala zaupanja obeh škatel prekrivata, kar pomeni, da imata obe območji podobne značilnosti. Škatle z brki za vse vzorce so predstavljene v Prilogi F.



Slika 21: Škatli z brki za spremenljivki relativni relief ter značilne točke površja

3.3.5.2 Inferenčna statistika

V sklop inferenčne statistike uvrščamo teste normalnosti porazdelitev ter teste značilnosti. Obe vrsti testov smo izvedli v R-statističnem programu.

S pomočjo testov normalnosti porazdelitve ugotovimo, katere spremenljivke so normalno porazdeljene. Te ugotovitve smo potrebovali v sklopu pri testih značilnosti. V Prilogi D je predstavljen skriptni jezik za izvedbo Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve. Test smo izvedli ločeno za podatke pridobljene brez vzorčenja ter podatke pridobljene z vzorčenjem. Poleg tega pa tudi za vzorce območij pojavljanja mokrotnih travnikov ter za vzorce celotnega raziskovalnega območja brez mokrotnih travnikov.

Za vse spremenljivke smo izvedli dve vrsti testov značilnosti, in sicer t-test ter Wilcoxon-Mann-Whitneyev test. S pomočjo testov značilnosti smo ugotovili, katere spremenljivke za območje mokrotnih travnikov izkazujejo drugačne značilnosti, kot jih ima za isto spremenljivko celotno območje. Testi značilnosti se običajno uporabljajo za ugotavljanje enakosti srednjih vrednosti dveh vzorcev. V našem primeru nas je zanimalo, katera spremenljivka izkazuje največjo neenakost, to pomeni, da imajo območja mokrotnih travnikov povsem drugačne skupne lastnosti, kot jih ima celotno raziskovalno območje. Tukaj je treba poudariti, da celotno raziskovalno območje ni vsebovalo podatkov, ki so jih vsebovala območja pokrita z mokrotnimi travniki, tako da ni prihajalo do prekrivanja podatkov. Teste značilnosti smo izvedli za vse spremenljivke obeh tipov mokrotnih travnikov in za oba načina pridobivanja podatkov. Testi značilnosti so bili izvedeni v R-statističnem programu, skriptni jezik testa je prikazan v Prilogi D.

3.3.6 Modeliranje

Modeliranje je proces, s katerim zgradimo napovedovalni model ter ga vrednotimo. Na začetku smo omejili število spremenljivk v modelu. Za določitev spremenljivk vključenih v model, smo uporabili rezultate statističnih analiz. V model smo vključili samo spremenljivke, ki izkazujejo značilnosti za pojavljanje mokrotnih travnikov (MT). Vse spremenljivke smo klasificirali v tri razrede ter jim pripisali naslednje vrednosti:

- 1 zelo majhna verjetnost pojava MT
- 2 srednja verjetnost pojava MT
- 3 največja verjetnost pojava MT

Klasifikacijo smo izvedli na osnovi statističnih podatkov:

- 1 najmanjša vrednost spremenljivke – najmanjša vrednost na območju MT
- 2 najmanjša vrednost na območju MT – (srednja vrednost – standardni odklon MT)
- 3 (srednja vrednost – standardni odklon MT) – (srednja vrednost + standardni odklon MT)
- 2 srednja vrednost + standardni odklon MT) – največja vrednost na območju MT
- 1 največja vrednost na območju MT – največja vrednost spremenljivke

Odločili smo se za izgradnjo modela na osnovi prekrivanja z utežmi, zato smo vsaki spremenljivki določili utežni koeficient. Izračunali smo ga na osnovi rezultatov Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa. Predpostavili smo, da vsota statistike W vseh spremenljivk, ki smo jih vključili v model, predstavlja 100 odstotkov. Tako smo lahko izračunali deleže za vsako spremenljivko, ki nam predstavljajo utežne koeficiente (Primer 1).

Primer 1: Prikaz izračuna utežnega koeficienta za spremenljivko relativnega DMR-ja

Vsota vseh statistik W za spremenljivke, vključene v model (W_{sum}) = 1.239.699,50
Statistika W za spremenljivko relativni relief (W) = 114.802,00

$$Ku = \frac{W}{W_{sum}} \times 100 \% = \frac{114802,00}{129699,50} \times 100 \% = 10 \% \quad (11)$$

Utežni koeficient (K_u) za spremenljivko relativni relief = 10 %

Klasifikaciji in določanju utežnih koeficientov je sledilo utežno prekrivanje, ki smo ga izvedli s pomočjo ArcGIS-orodja za utežno prekrivanje. Kot rezultat smo dobili rastrski sloj, ki nam prikazuje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov.

Za vrednotenje modela smo izbrali širše pravokotno raziskovalno območje, ki vključuje celotno območje Krajinskega parka Goričko. Vzorec podatkov oziroma mokrotnih travnikov, s katerimi smo izvedli vizualno vrednotenje, so terensko pridobljeni podatki brez mokrotnih travnikov v ožjem raziskovalnem območju. Tako smo dobili realen in neodvisen vzorec podatkov za vrednotenje. V vzorec smo dobili 44 mokrotnih travnikov. Za vrednotenje točnosti modela smo določili naslednje pogoje:

- model je zelo dober, ko vseh 44 mokrotnih travnikov iz vzorca za vrednotenje pade v optimalno območje
- model je dober, ko večina (več kot 50 %) mokrotnih travnikov iz vzorca za vrednotenje pade v optimalno območje
- model je treba dodelati, ko manjši del (pod 20 %) mokrotnih travnikov pade v optimalno območje

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Glavni namen modela za napovedovanje območij pojavljanja mokrotnih travnikov je raziskovalni. Z modelom želimo ugotoviti, ali lahko s pomočjo geomorfoloških in hidroloških spremenljivk izpeljanih izključno iz DMR-ja dobimo dober napovedovalni model. Sama izgradnja modela je potekala v več fazah, zato so tudi rezultati razdeljeni v več sklopov. Na začetku so predstavljeni rezultati opisne statistike, s pomočjo katerih smo dobili hiter pregled, s katerimi podatki operiramo. Sledi predstavitev rezultatov inferenčne statistike, kjer so podani vsi rezultati testov normalnosti porazdelitve ter testov značilnosti. Na osnovi testov značilnosti smo izbrali značilne spremenljivke, ki smo jih vključili v model. Te spremenljivke smo tudi podrobneje opisali. Na koncu pa sledi še prikaz rezultatov napovedovalnega modela ter vrednotenje rezultatov.

4.1 Rezultati opisne statistike

V delu operiramo z zelo obsežnimi vzorci okoljskih podatkov, zato smo najprej izvedli vizualno analizo vseh podatkov. S pomočjo grafičnih prikazov smo se hitreje prilagodili upravljanju s tako obsežnimi vzorci. Opisno statistiko smo uporabili tako za določanje normalnosti porazdelitve kot tudi za ugotavljanje značilnosti območij mokrotnih travnikov.

4.1.1 Rezultati vizualnih analiz za določanje normalnosti porazdelitve

Analize smo izvedli v dveh delih, glede na način pridobivanja podatkov. Za podatke pridobljene brez vzorčenja smo ugotovili, da so normalno porazdeljene naslednje spremenljivke (Tabele 1–4, Priloga A):

- Geomorfološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 – ekspozicija, konvergenčni indeks, klasificirana ukrivljenost reliefa, nadmorska višina, značilne točke površja in kvazi naklon. Poleg teh kaže podobne značilnosti tudi spremenljivka dnevno anizotropno ogrevanje.
- Geomorfološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.311 – dnevno anizotropno ogrevanje, relativni relief, gradient in naklon reliefa. Podobne značilnosti kaže tudi spremenljivka konvergenčni indeks.
- Hidrološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 – smer toka Saga in topografski indeks vlažnosti. V to skupino delno lahko uvrstimo tudi spremenljivko naklon porečja.
- Hidrološka spremenljivka za območje brez mokrotnih travnikov 37.311 – naklon porečja.
- Geomorfološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.313 – klasificirana ukrivljenost reliefa, dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, značilne točke površja, kvazi naklon, indeks masne bilance in podolžna ukrivljenost reliefa.
- Geomorfološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.313 – dnevno anizotropno ogrevanje, relativni relief in naklon reliefa.
- Hidrološki spremenljivki za mokrotne travnike 37.313 – topografski indeks vlažnosti. V to skupino delno lahko uvrstimo tudi spremenljivko naklon porečja.
- Hidrološka spremenljivka za območje brez mokrotnih travnikov 37.313 – naklon porečja.

Za podatke, ki smo jih pridobili z vzorčenjem, so normalno porazdeljene naslednje spremenljivke (Tabele 5–8, Priloga A):

- Geomorfološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 – konvergenčni indeks, dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, kvazi naklon, indeks masne bilance in podolžna ukrivljenost reliefa.
- Geomorfološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.311 – konvergenčni indeks, dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon, prečna ukrivljenost reliefa in podolžna ukrivljenost reliefa.
- Hidrološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 niso normalno porazdeljene.
- Hidrološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.311 niso normalno porazdeljene.
- Geomorfološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.313 – klasificirana ukrivljenost reliefa, dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon in indeks masne bilance.
- Geomorfološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.313 – dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, relativni relief, gradient in kvazi naklon. Podobne značilnosti smo opazili tudi pri spremenljivkah konvergenčni indeks in indeks masne bilance.
- Hidrološke spremenljivke za mokrotne travnike 37.313: v to skupino delno lahko uvrstimo tudi spremenljivko naklon porečja.
- Hidrološke spremenljivke za območje brez mokrotnih travnikov 37.313: v to skupino lahko uvrstimo naklon porečja.

Na osnovi vizualnih analiz lahko izvedemo t-test za podatke pridobljene brez vzorčenja pri mokrotnih travnikih 37.311 za spremenljivke konvergenčni indeks, dnevno anizotropno segrevanje in prispevni naklon. Za mokrotne travnike 37.313 pa za spremenljivki dnevno anizotropno segrevanje in naklon porečja. Za podatke pridobljene z vzorčenjem lahko izvedemo t-test pri mokrotnih travnikih 37.311 za spremenljivke konvergenčni indeks, dnevno anizotropno segrevanje, nadmorska višina, kvazi naklon in podolžno ukrivljenost reliefa. Pri mokrotnih travnikih 37.313 pa za spremenljivke konvergenčni indeks, dnevno anizotropno segrevanje, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon, indeks masne bilance in naklon porečja.

4.1.2 Rezultati vizualnih analiz za določanje značilnih spremenljivk

Tudi v tem primeru smo izvedli opisno statistiko v dveh delih za oba načina pridobivanja podatkov. Ugotovili smo, da izkazujejo posebne značilnosti naslednje spremenljivke (Tabele 1–8, Priloga B):

- Podatki pridobljeni brez vzorčenja za območja mokrotnih travnikov 37.311 – mreža vodotokov, klasificirana ukrivljenost reliefa, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon, naklon reliefa, globina dolin, smer toka Saga, dolžina rečnega toka, horizontalna oddaljenost od rečne mreže, razdalja površinskega odtoka do rečne struge, vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo ter topografski indeks vlažnosti.
- Podatki pridobljeni brez vzorčenja za območja mokrotnih travnikov 37.313 – ekspozicija, mreža vodotokov, klasificirana ukrivljenost reliefa, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon, indeks masne bilance, naklon reliefa,

porečje, naklon porečja, smer toka, dolžina rečnega toka, horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo, razdalja površinskega odtoka do rečne struge, topografski indeks vlažnosti ter vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo.

- Podatki pridobljeni z vzorčenjem za območja mokrotnih travnikov 37.311 – konvergenčni indeks, ukrivljenost reliefa, klasificirana ukrivljenost reliefa, nadmorska višina, relativni relief, kvazi naklon, indeks masne bilance, naklon reliefa, smer toka Saga, horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo, razdalja površinskega odtoka do rečne struge, topografski indeks vlažnosti ter vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo.
- Podatki pridobljeni z vzorčenjem za območja mokrotnih travnikov 37.313 – ekspozicija, mreža vodotokov, konvergenčni indeks, ukrivljenost reliefa, klasificirana ukrivljenost reliefa, nadmorska višina, relativni relief, indeks masne bilance, naklon reliefa, smer toka Saga, horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo, razdalja površinskega odtoka do rečne struge, vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo, topografski indeks vlažnosti in akumulacija toka.

S primerjavo rezultatov za podatke pridobljene z vzorčenjem in brez njega smo ugotovili, da so rezultati za mokrotne travnike 37.311 bolj primerljivi od rezultatov pri mokrotnih travnikih 37.313. Značilnih spremenljivk za mokrotne travnike je 16, od tega jih je 11 enakih za oba načina pridobivanja podatkov. Pričakujemo lahko, da bodo tudi rezultati testov značilnosti primerljivi za oba tipa mokrotnih travnikov in bodo vsebovali podobne spremenljivke. Za mokrotne travnike 37.313 je vseh značilnih spremenljivk 21, kar je razveseljiv rezultat. To pomeni, da lahko v model vključimo več značilnih spremenljivk in tako povečamo točnost modela. Vendar se izkaže, da je samo 13 spremenljivk skupnih za oba načina pridobivanja podatkov. To nakazuje, da obstajajo večje razlike med obema načinoma pridobivanja rezultatov.

Primerjava spremenljivk, ki se pojavijo v obeh načinih pridobivanja podatkov za mokrotne travnike 37.311 in mokrotne travnike 37.313, pokaže, da so spremenljivke v več kot 40 odstotkov enake. Značilne spremenljivke, ki se pojavijo samo za območja mokrotnih travnikov 37.311 so kvazi naklon in smer toka Saga, samo za območja mokrotnih travnikov 37.313 pa ekspozicija, mreža vodotokov in indeks masne bilance. Pričakujemo lahko, da bo model za oba tipa mokrotnih travnikov podoben, kar pomeni, da ni večjih geomorfoloških in hidroloških razlik v rastiščih obeh habitatnih tipov.

4.2 Rezultati testov normalnosti porazdelitve

Rezultati so shematično prikazani v Tabelah 1–8 (Priloga A). Predstavljeni so po vrstnem redu od najmanjše do na največje statistike A^2 . V tabelah je napisana tudi p-vrednost, ki nam pove kolikšna je verjetnost, da ničelna hipoteza drži. Ničelno hipotezo smo preverili pri dveh stopnjah značilnosti ($\alpha = 95\%$ in $\alpha = 99\%$).

Na osnovi rezultatov Anderson-Darlingovega testa ugotovimo, da so normalno porazdeljene naslednje spremenljivke:

- Podatki pridobljeni brez vzorčenja za območja mokrotnih travnikov 37.311 – kvazi naklon, nadmorska višina, ekspozicija in smer toka Saga.
- Spremenljivk, ki bi bile normalno porazdeljene za območje brez mokrotnih travnikov 37.311 ni.
- Podatki pridobljeni brez vzorčenja za območja mokrotnih travnikov 37.313 – kvazi naklon, značilne točke površja ter klasificirana ukrivljenost reliefa, dnevno anizotropno ogrevanje in nadmorska višina pri $\alpha = 99\%$.
- Prav tako tudi za celotno raziskovalno območje brez mokrotnih travnikov 37.313 ni nobena spremenljivka normalno porazdeljena.
- Za podatke pridobljene z vzorčenjem za območje mokrotnih travnikov 37.311 ni nobena spremenljivka normalno porazdeljena.
- Podatki za celotno raziskovalno območje brez mokrotnih travnikov 37.311 – dnevno anizotropno ogrevanje, nadmorska višina, relativni relief, naklon porečja ter naklon reliefa pri $\alpha = 99\%$.
- Za podatke pridobljene z vzorčenjem za območja mokrotnih travnikov 37.313 prav tako ni normalno porazdeljena nobena spremenljivka.
- Podatki za celotno območje brez mokrotnih travnikov 37.313 – dnevno anizotropno segrevanje, nadmorska višina, naklon porečja ter mreža vodotokov Saga pri $\alpha = 99\%$.

Rezultate t-testa značilnostilahko upoštevamo le, če je za isto spremenljivko normalno porazdeljen vzorec za območja pojavljanja mokrotnih travnikov ter vzorec za območja brez mokrotnih travnikov. Vendar nobena spremenljivka, z ozirom na rezultate testa normalnosti porazdelitve, nima obeh vzorcev normalno porazdeljenih. Zato v nadaljevanju ne moremo upoštevati rezultatov t-testa, ampak za vse spremenljivke upoštevamo rezultate Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti.

Prvo ugotovitev testiranja normalnosti porazdelitve dobimo s primerjavo rezultatov opisne statistike z rezultati Anderson-Darlingovega testa. Pri vizualnih analizah smo označili več spremenljivk za normalno porazdeljene, kot pri rezultatih Anderson-Darlingovega testa. Poleg tega lahko na osnovi rezultatov opisne statistike za nekaj spremenljivk upoštevamo celo rezultate t-testa.

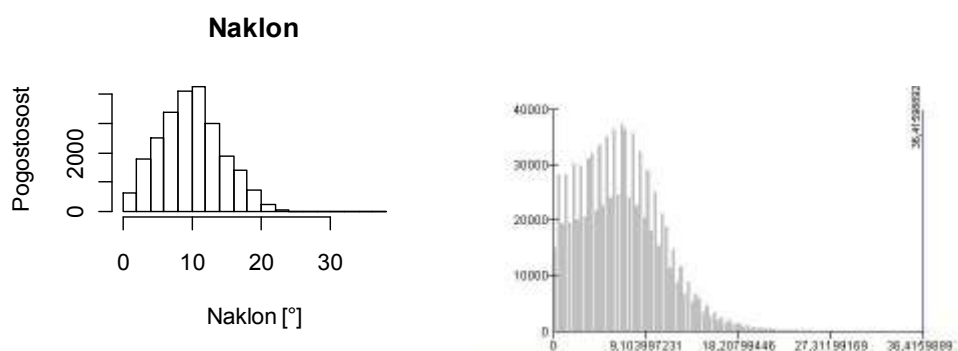
Druga ugotovitev testiranja normalnosti porazdelitve je velika razlika v rezultatih za podatke pridobljene brez vzorčenja in podatke pridobljene z vzorčenjem. Rezultati so nasprotni, pri podatkih brez vzorčenja ni nobene normalno porazdeljene spremenljivke za območja brez mokrotnih travnikov, pri vzorčenih podatkih pa ni nobene normalno porazdeljene spremenljivke za območja mokrotnih travnikov. Možnih vzrokov za dobljene rezultate je več. Razliko za celotno območje lahko razložimo s problemom vnosa podatkov v R-statistični program. Menimo, da je prišlo z neustreznim vnosom podatkov do velike napake, kar se odraža v rezultatih. Kot dokaz, da so naša razmišljanja pravilna, smo izvedli hitro vizualno primerjavo dveh naključnih

spremenljivk. Spremenljivki prikažemo s histogramom izdelanim s pomočjo R-statističnega programa in s pomočjo ArcGIS-orodja za izdelavo histograma. Originalni sloji spremenljivk so shranjeni v ArcGIS-raster formatu, za izvoz podatkov smo uporabili ASCII-format, ki ga lahko prebere R-statistični program. Ob pravilnem vnosu ASCII-podatkov v R-statistični program sta histograma enaka, v nasprotnem primeru je prišlo do nepravilnega vnosa podatkov v R-statistični program.

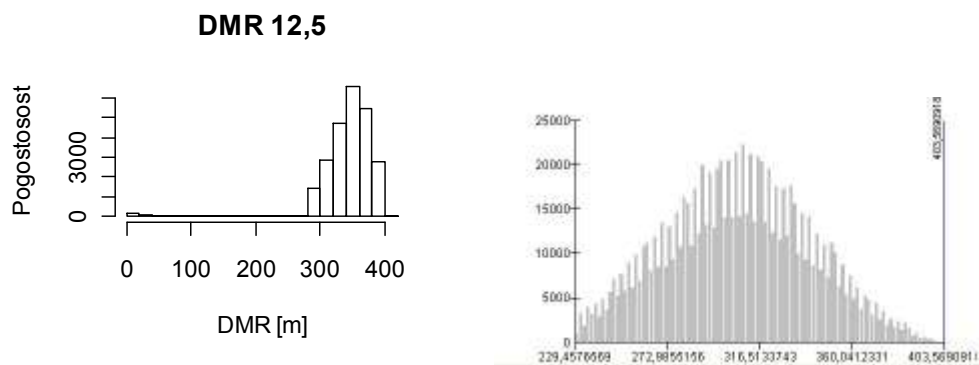
Iz Primera 2 lahko potrdimo, da je prišlo do nepravilnega vnosa podatkov v R-statistični program, ker histograma nista enaka. To je hiter vizualni dokaz, zakaj je prišlo do velikih razlik med rezultati za podatke pridobljene brez vzorčenja in podatke pridobljene z vzorčenjem.

Primer 2: Primerjava histogramov za dve naključno izbrani spremenljivki

Spremenljivka 1: Naklon reliefa



Spremenljivka 2: DMR 12,5



Vzroke za razliko na območjih mokrotnih travnikov lahko iščemo v statistični obdelavi podatkov, pridobljenih z analizami območij, ali v vzorčenju, saj pri vnosu podatkov v statistični program R nismo imeli nobenih težav.

4.3 Rezultati testov značilnosti

V statističnem programu R smo kot rezultat dobili, da so vse ničelne hipoteze zavrnjene, to pomeni, da nobena spremenljivka nima enake srednje vrednosti za območja mokrotnih travnikov v primerjavi z območji brez mokrotnih travnikov. S pomočjo t- in W-statistik pa lahko ugotovimo, do kakšne mere so si spremenljivke različne. Manjše kot so statistike, manjša je različnost. Rezultati t-testa so v tabelah razvrščeni glede na t-statistiko od največje do najmanjše vrednosti, rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa pa glede na W-statistiko, prav tako od največje do najmanjše vrednosti. Tako razvrstitev smo izbrali zato, da ugotovimo, katere spremenljivke izkazujejo skupno značilnost za mokrotne travnike, ki se najbolj razlikuje od značilnosti celotnega območja. Spremenljivke, ki so na vrhu tabele predstavljajo geomorfološke in hidrološke značilnosti za mokrotne travnike.

Z ozirom na rezultate Anderson-Darlingovega testa normalne porazdelitve, upoštevamo rezultate Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti. Spremenljivke, ki izkazujejo značilnost za območja mokrotnih travnikov vključimo v model. Kot lahko opazimo so spremenljivke pridobljene z vzorčenjem pri Wilcoxon-Mann-Whitneyevem testu razvrščene enako kot pri t-testu. To pomeni, da je t-test robusten za vzorce z manjšim številom podatkov ter enakim številom podatkov dveh vzorcev, ki ju primerjamo.

Spremenljivke, ki jih na osnovi Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti vključimo v model so prikazane v Tabelah 5–8 (Priloga B). Kjer je prišlo do velike spremembe v vrednosti W-statistike, smo postavili mejo, zato spremenljivke, ki imajo vrednost W-statistike pod 75.000 enot, nismo vključili v model. Ugotovili smo, da so značilne spremenljivke za vzorce pridobljene brez vzorčenja povsem druge kot pri vzorcih, ki smo jih pridobili z vzorčenjem. Zato smo rezultate primerjali z rezultati opisne statistike in ugotovili, da se značilne spremenljivke vizualnih analiz ujemajo z značilnimi spremenljivkami podatkov pridobljenih z vzorčenjem. V delu smo zato izdelali model samo na osnovi rezultatov testa značilnosti za vzorčene podatke.

Primerjali smo tudi spremenljivke, ki jih vključimo v model za mokrotne travnike 37.311 in v model za mokrotne travnike 37.313. Primerjava je pokazal, da so spremenljivke enake oziroma model za mokrotne travnike 37.313 vsebuje dve spremenljivki več. Ti rezultati potrjujejo domnevo, ki smo jo postavili pri opisni statistiki. Predvidevali smo, da bosta modela vsebovala podobne spremenljivke in da je rastišče mokrotnih travnikov obeh habitatnih tipov glede na geomorfološke in hidrološke značilnosti zelo podobno. Zato je nesmisel izdelovati dva modela, ampak smo izdelali en model za oba tipa mokrotnih travnikov.

4.3.1 Značilne spremenljivke za mokrotne travnike

Na osnovi rezultatov Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti za podatke pridobljene z vzorčenjem vključimo v model značilne spremenljivke za mokrotne travnike:

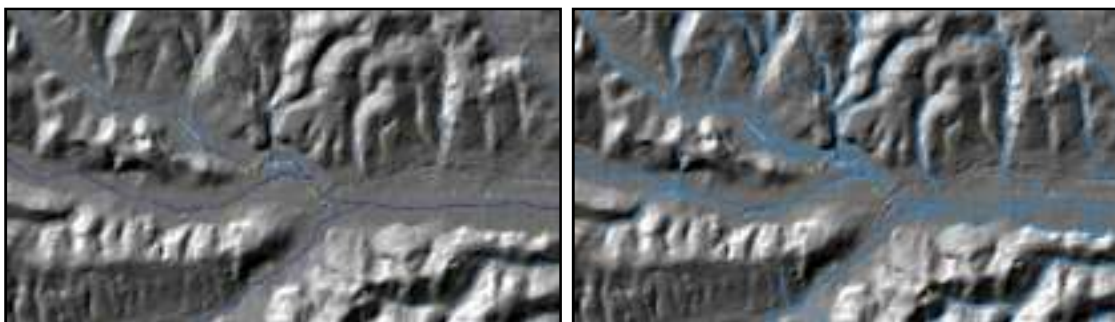
- *Relativni relief*: Ta spremenljivka nam prikazuje relativni relief. Negativne vrednosti predstavljajo nižinska območja in depresije, vrednosti okrog nič predstavljajo obsežen raven teren in pozitivne vrednosti predstavljajo višja izpostavljena območja. Spremenljivka je izračunana na osnovi algoritma, ki ga

imenujemo tehnika simulacije vidnosti (Podobnikar, 2009b). Glavnina mokrotnih travnikov se nahaja na intervalu med -145 in $-77,3$, kar pomeni, da se mokrotni travniki ne nahajajo na obsežnih ravnih območjih, ampak na rahlo ukrivljenem, depresijskem območju.

- *Indeks masne bilance (MBI)*: Napovedovalno moč DMR-ja lahko povečamo z uporabo indeksov reliefa, ki so ustvarjeni za predstavitev točno določenega procesa. Za predstavitev translokacijskih procesov sta Böhner in Selige (2006) predlagala uporabo indeksa soliflukcije, indeks transporta sedimenta ter indeks masne bilance. Formula za izračun algoritma indeksa masne bilance izhaja iz LS-faktorja (naklon-dolžina faktor), ki je osnova za izračun indeksa transporta sedimenta. Indeks transporta je optimiziran za zaznavanje procesov translokacije na območjih z nižjim naklonom. Z obdelavo tega indeksa z oknom velikosti 3×3 rastrske celice dobimo indeks masne bilance. Vsaka rastrska celica z vrednostjo indeksa transporta (STI_s) je izenačena z vsoto sosednjih celic indeksa (STI_{in}). $MBI = 1 + \ln(1 + STI_{in} - STI_s)$ pod pogojem, da $(STI_{in} - STI_s) > 0$. Vrednosti manjše od 1 predstavljajo strma območja ter konveksno izbočene predele ukrivljenih območij. Vrednosti večje od 3 pa predstavljajo kotanje ter območja akumulacije. Glavnina mokrotnih travnikov se nahaja na območju z vrednostjo MBI pod 0,039.
- *Naklon reliefa*: Naklon reliefa se izračuna kot maksimalna sprememba v nadmorski višini med rastrsko celico in osmimi sosednjimi celicami. Torej se za izračun uporablja okno 4×4 . Majhne vrednosti naklona reliefa predstavljajo položna območja, višje vrednosti pa strma območja. Naklon reliefa je podan v stopinjah [°] (ArcGIS Desktop ..., 2009). Mokrotni travniki se najbolj množično pojavljajo pri naklonu reliefa med $1,7^\circ$ in 7° , torej na položnih območjih.
- *Konvergenčni indeks*: Interpretacija konvergenčnega indeksa je enostavna. Negativne vrednosti predstavljajo območja, kjer je površje konkavno. Pozitivne vrednosti pa so značilne za konveksno površje (Nemeth, 2007). Glavnina mokrotnih travnikov se nahaja na intervalu med -15 in $1,2$. To pomeni, da se mokrotni travniki nahajajo na rahlo konkavnem območju.
- *Nadmorska višina*: Digitalni model reliefa je osnovni model, iz katerega smo ustvarili vse do sedaj obravnavane spremenljivke. Je sloj, ki prikazuje rastrsko mrežo s celicami, katere vrednosti predstavljajo nadmorsko višino. Nadmorska višina na celotnem raziskovalnem območju je med 229 in 401 m, mokrotni travniki pa se najbolj množično pojavljajo na območju z nadmorsko višino med 279 in 305,5 m.
- *Ukrivljenost reliefa*: Ukrivljenost reliefa se izračuna na osnovi 3×3 okna. Vsako celico se izračuna na podlagi polinoma četrte stopnje. Rastrski sloj, ki ga dobimo je tako drugi odvod DMR-ja, kar si lahko predstavljamo kot naklon naklona. Naklon nam predstavlja stopnjo padanja območja, ekspozicija pove smer padanja, ukrivljenost reliefa pa prikazuje oboje. S pomočjo ukrivljenosti reliefa prikazujemo konveksnost in konkavnost terena. Ukrivljenost reliefa je podana kot $1/100$ (za z-smer). Za gričevnato območje lahko pričakujemo vrednosti med $-0,5$ in $0,5$. Vrednost 0 pomeni, da je območje ravno. Za močno konkavno območje so vrednosti okrog -4 , za močno konveksno območje pa 4 (ArcGIS Desktop ..., 2009). Mokrotni travniki se nahajajo na območju med $-0,29$

in 0,026. Torej se običajno nahajajo na razgibanem terenu, kjer se lahko ustvarijo kotanje za zastajanje vode.

- **Klasificirana ukrivljenost reliefa:** Algoritem klasificirane ukrivljenosti reliefa je izračunan po Dikaju (1988). Ukrivljenost reliefa je razdelil na 9 različnih tipov, ki so izračunani na osnovi podolžne in prečne ukrivljenosti reliefa. Največ mokrotnih travnikov pade v tretji in četrti tip ukrivljenosti reliefa. Tip 3 predstavlja raven teren, tip 4 pa predstavlja položen teren.
- **Prečna ukrivljenost reliefa:** Osnovni sloj je ukrivljenost reliefa, lahko pa izdelamo tudi dva podtipa ukrivljenosti reliefa: podolžno in prečno ukrivljenost reliefa. Podolžna ukrivljenost reliefa je v smeri največjega naklona, prečna ukrivljenost reliefa je pravokotna na največji naklon. Enako kot pri ukrivljenosti reliefa negativne vrednosti pomenijo, da je območje konkavno, pozitivne vrednosti pa označujejo konveksno območje (ArcGIS Desktop ..., 2009). Največ mokrotnih travnikov se nahaja v intervalu od -0,095 do 0,041 za prečno ukrivljenost reliefa.
- **Razdalja površinskega odtoka do rečne struge (OPO):** Model izračuna razdaljo površinskega odtoka do rečne struge na osnovi rastrskega sloja DMR ter informacije o mreži vodotokov. V našem primeru smo uporabili mrežo vodotokov, ki smo jo izdelali ob uporabi DMR-ja. Mreža je teoretični približek dejanske mreže vodotokov. Natančnost sloja mreže vodotokov smo vizualno preverili in ugotovili, da sta sloja na dnu dolin primerljiva, pomanjkljivosti se pojavijo na gričevnatem delu (Slika 22). Pričakujemo lahko negotovosti na gričevnatem območju, tudi na sloju oddaljenosti od rečne mreže. Za izračun OPO smo uporabili MFD-algoritem. Ta algoritem nam poda tudi informacijo o vertikalni in horizontalni OPO (Saga, 2009), ki sta ravno tako značilni spremenljivki za napovedovanje mokrotnih travnikov. Največ mokrotnih travnikov se nahaja v oddaljenosti od 29,2 do 106,9 m od rečne struge v horizontalni ter od 0,78 do 4,81 m v vertikalni smeri.



Slika 22: Sloj hidrološke mreže ustvarjen v programu Saga na levi ter sloj hidrološke mreže (GURS) na desni

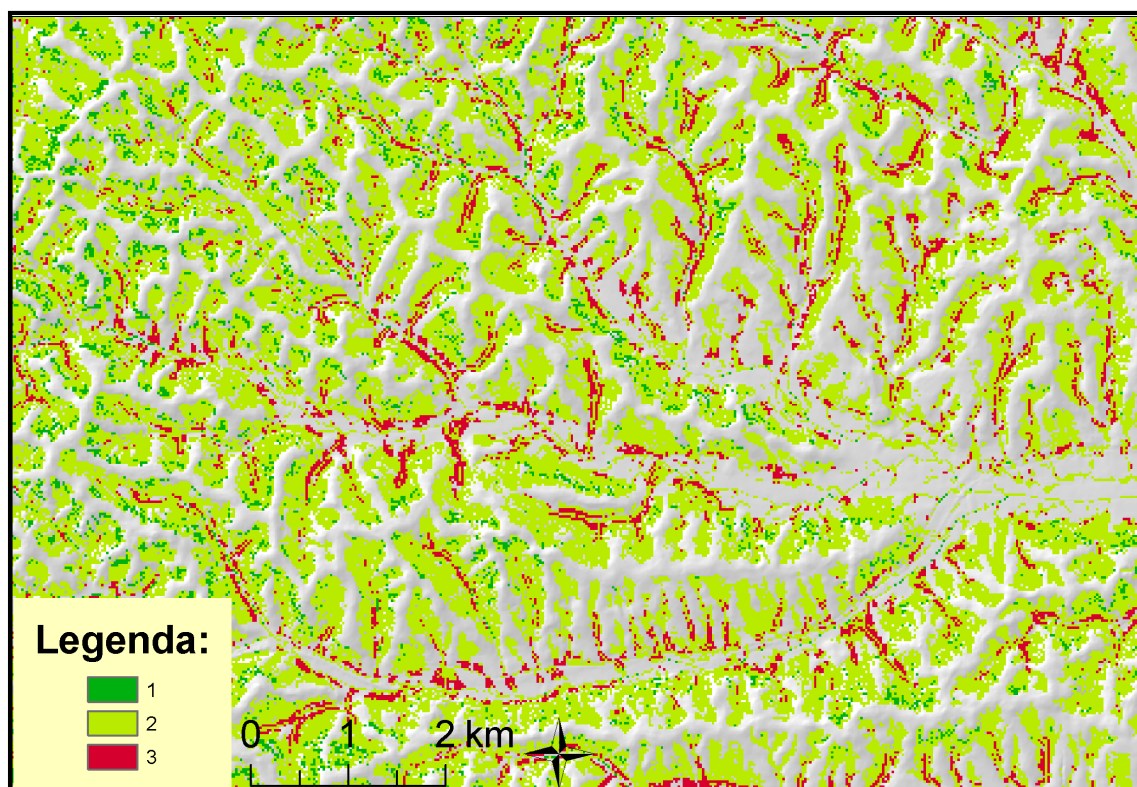
- **Porečje Saga:** Porečje v geomorfologiji predstavlja območje, s katerega vse celinske vode odtekajo preko potokov, rek ali jezer v reko ali jezero. Sloj smo ustvarili na osnovi kinematičnega algoritma usmeritve, ki določi porečje na osnovi sloja o ekspoziciji. Algoritem nam izračuna, kakšna je površina posameznega porečja (m^2) (Saga, 2009). Največ mokrotnih travnikov se nahaja v porečjih z velikostjo od 156 do 383 m^2 .

Na osnovi značilnih spremenljivk lahko zaključimo, da mokrotne travnike najdemo v bližini rečnih strug, čeprav smo za to lastnost na terenu zaključili, da ni pogoj za njihovo pojavljanje. Vendar se je na osnovi statističnih analiz ta značilnost izkazala kot najpomembnejša. Poleg tega je za mokrotne travnike značilen majhen naklon, kjer z ozirom na indeks masne bilance lahko prihaja do akumulacije. Na pojavljanje mokrotnih travnikov pomembno vpliva tudi ukrivljenost terena, saj so se vse spremenljivke, ki izražajo ukrivljenost terena uvrstile v model. To pomeni, da se mokrotni travniki nahajajo v kotanjah, vdolbinah ter drugih konkavnih območjih. Na območju Krajinskega parka Goričko opazimo, da se največ mokrotnih travnikov nahaja v rangu 30 m nadmorske višine. Menimo, da je ta spremenljivka pomembna za napovedovalni model našega raziskovalnega območja, vendar ni značilna za pojavljanje mokrotnih travnikov. Površina porečja je manj pomemben faktor za pojavljanje mokrotnih travnikov.

4.4 Rezultati modeliranja

Za izbor značilnih spremenljivk modela smo uporabili rezultate statističnih analiz. Natančna klasifikacija v razrede je prikazana v Tabeli 1 (Priloga C). V model smo vključili samo spremenljivke, ki izkazujejo značilnosti za pojavljanje mokrotnih travnikov 37.311. Vključili smo spremenljivke: relativni relief, indeks masne bilance, naklon reliefa, konvergenčni indeks, nadmorska višina, ukrivljenost reliefa, klasificirana ukrivljenost reliefa, prečna ukrivljenost reliefa, vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo, razdalja površinskega odtoka do rečne struge, horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo ter porečje Saga.

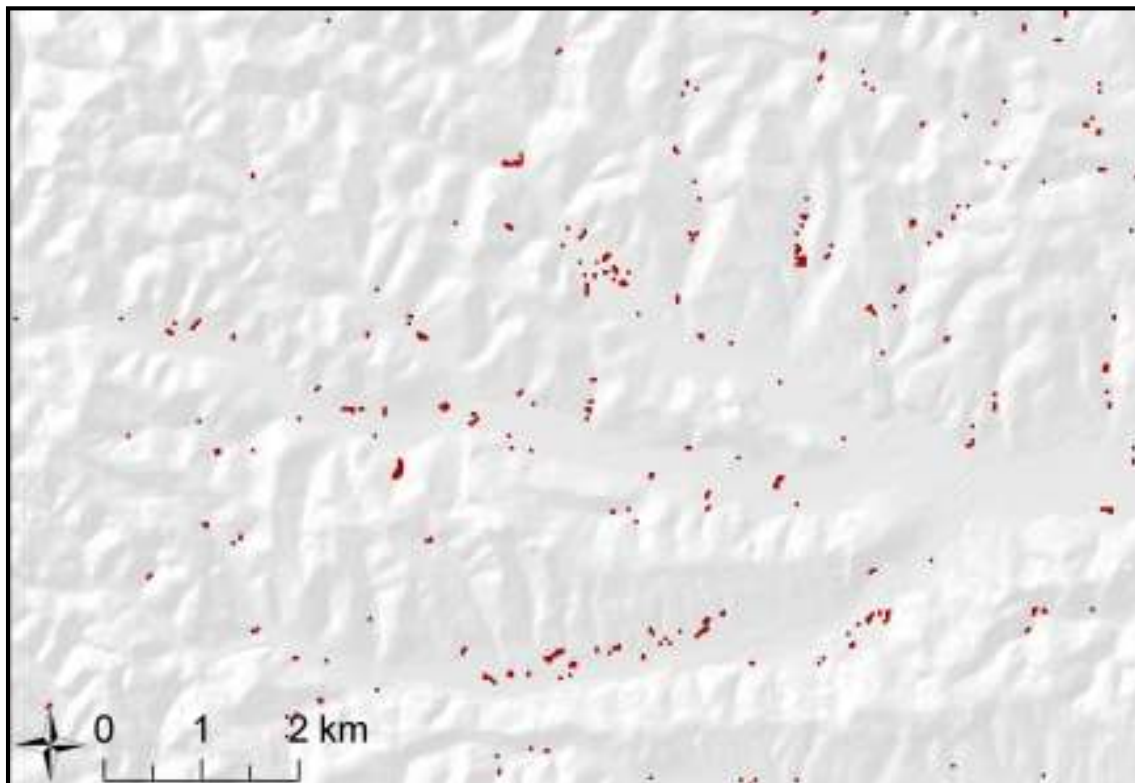
Klasifikaciji in določanju utežnih koeficientov je sledilo utežno prekrivanje. Kot rezultat smo dobili rastrski sloj, ki nam prikazuje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov, ki smo ga poimenovali potencialna območja (Slika 23). Vrednost 1 prikazuje območja z zelo majhno verjetnostjo pojavljanja mokrotnih travnikov, vrednost 2 prikazuje območja s srednjo verjetnostjo pojavljanja mokrotnih travnikov in vrednost 3 prikazuje območja z veliko verjetnostjo pojavljanja mokrotnih travnikov.



Slika 23: Sloj potencialnih območij rastišč mokrotnih travnikov na ožjem raziskovalnem območju. Vrednost 1 zavzemajo območja z zelo majhno verjetnostjo pojavljanja, 2 območja s srednjo verjetnostjo pojavljanja in 3 območja z veliko verjetnostjo pojavljanja mokrotnih travnikov.

Zanimajo nas območja, kjer je največja verjetnost pojavljanja mokrotnih travnikov. Zato smo iz sloja potencialnih območij izločili smo tista območja, kjer je vrednost celice 3. Ta sloj je neurejen, saj se lahko na zveznem območju poligona pojavljajo prazne celice brez vrednosti, zato smo take celice zapolnili z vrednostjo 3. Poleg tega pa smo iz rezultatov izločili tudi manjša območja, ki vsebujejo samo eno celico. Rezultate smo preoblikovali v poligone ter dobili vektorski podatkovni sloj, ki smo ga poimenovali

mokrotni travniki. Vsak poligon predstavlja lokacijo, kjer je največja verjetnost, da se pojavi mokrotni travnik (Slika 24).

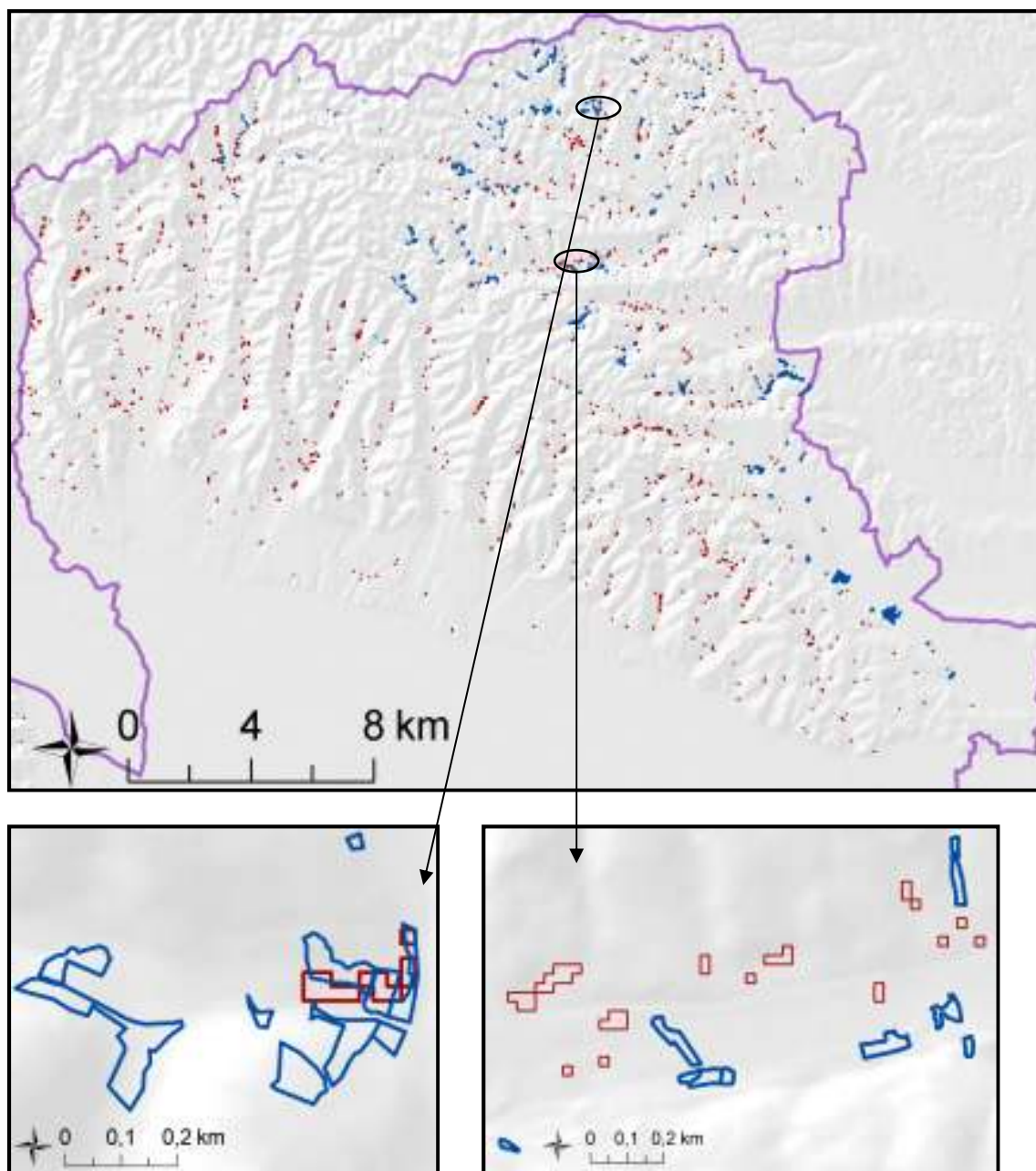


Slika 24: Rezultati napovedovalnega modela za ožje raziskovalno območje. Z rdečo barvo so označena območja največje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov.

4.4.1 Vrednotenje rezultatov

Rezultati modela na ožjem raziskovalnem območju so na prvi pogled dobri. Dobili smo manjša območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov, ki lahko v resnici predstavljajo potencialne lokacije mokrotnih travnikov. Podrobnejša analiza pokaže, da od 253 travnikov, ki so služili za statistične analize in izbor spremenljivk v model, pade v območje modela 95 travnikov, kar predstavlja 38 odstotkov travnikov.

Z vizualno primerjavo območij z največjo verjetnostjo za pojavljanje ter območij mokrotnih travnikov iz leta 2003 na širšem raziskovalnem območju (Slika 25) vidimo, da se nahajališča dobro ujemajo. Največ ohranjenih mokrotnih travnikov je na severovzhodnem delu širšega raziskovalnega območja. Proti jugu in zahodu pa mokrotni travniki izginjajo. Za območje, kjer so bili leta 2003 še ohranjeni mokrotni travniki opazimo, da je model izrisal manj optimalnih lokacij, kot je dejansko rastišč mokrotnih travnikov. Mokrotni travniki se ne pojavljajo razpršeno po celotnem območju, ampak rastejo v skupinah na ugodnih lokacijah. Pri modelu pa opazimo, da so območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov razpršena čez celotno območje. Predpostavimo lahko, da so bili v preteklosti na vseh teh območjih razširjeni mokrotni travniki, vendar so skozi čas izginili.



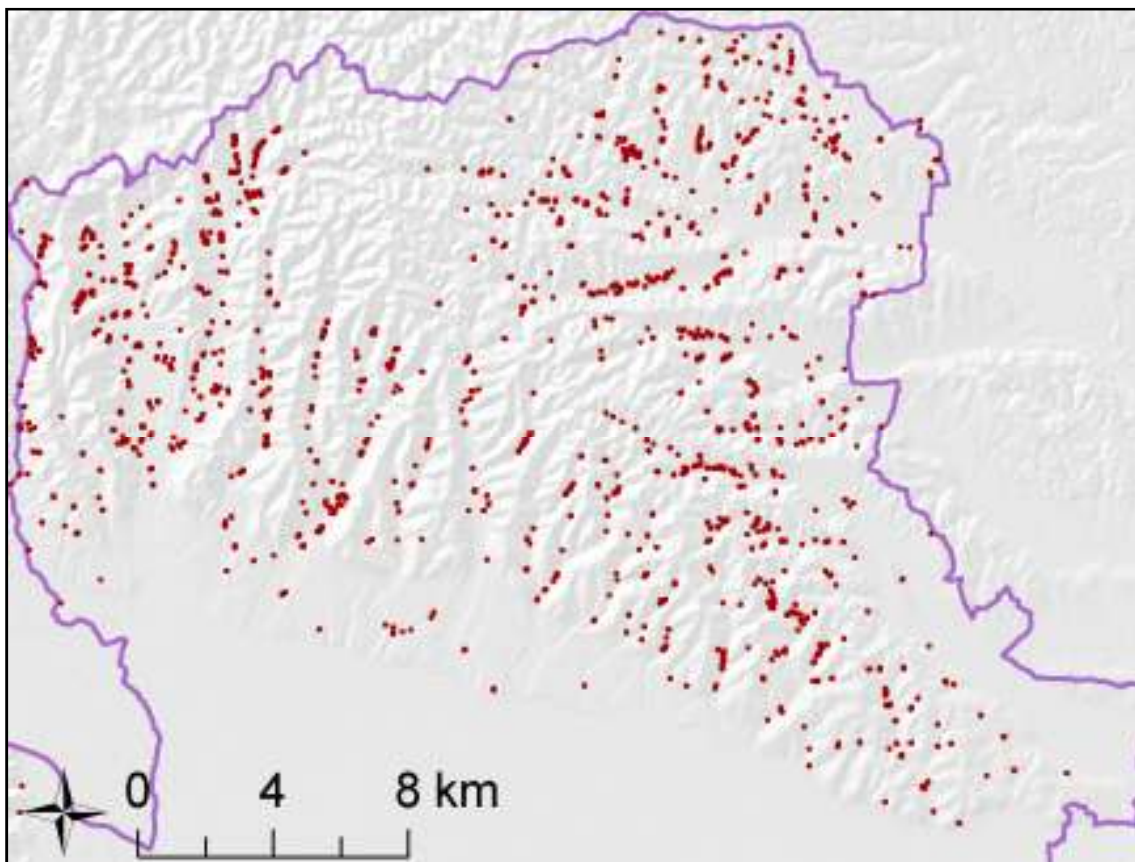
Slika 25: Primerjava območij z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov (rdeče) ter rastišč mokrotnih travnikov leta 2003 (modro)

Zaradi odločitve, da vrednotenje modela opravimo na neodvisnem vzorcu podatkov, nam ti rezultati služijo le kot hitra ocena. Vrednotenje modela smo izvedli na širšem raziskovalnem območju, ki vključuje celotno območje Krajinskega parka Goričko. Vzorec podatkov oziroma mokrotnih travnikov, s katerimi smo izvedli vizualno vrednotenje so terensko pridobljeni podatki, brez mokrotnih travnikov v ožjem raziskovalnem območju. Tako smo dobili realen in neodvisen vzorec 44 mokrotnih travnikov za vrednotenje.

Za širše raziskovalno območje smo kot rezultat napovedovalnega modela dobili 1503 poligonov največje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov (Slika 26). Rezultat modela za širše raziskovalno območje prikaže manjše poligone, kar dokazuje, da je v model vključenih dovolj spremenljivk. Območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje

mokrotnih travnikov so razporejena enakomerno po celotnem raziskovalnem območju, z izjemo osrednjega območja na severu. Na tem delu ni nobenega območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov, saj so nadmorske višine nad 300 m. Na območju Krajinskega parka Goričko se glavnina mokrotnih travnikov nahaja do te višine, zato smo v model postavili pogoj, da so območja z največjo verjetnostjo pojavljanja le do 300 m nadmorske višine. Prav zato model ni izrisal nobenega območja največje verjetnosti za pojavljanje mokrotnih travnikov, nad to nadmorsko višino.

Območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje so pretežno na dnu dolin, vendar ne na ravninskem delu kot je južni del raziskovalnega območja, saj je za pojavljanje mokrotnih travnikov značilen konkavno ukrivljen teren. Na južnem ravninskem predelu pa nimamo nobenih konkavnih območij, zato model tam ni izrisal nobenega območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov.



Slika 26: Rezultati napovedovalnega modela za širše raziskovalno območje. Z rdečo barvo so označena območja največje verjetnosti pojavljanja mokrotnih travnikov.

Natančnejše analize rezultatov pokažejo, da od 44 mokrotnih travnikov, ki jih uporabljamo za vrednotenje modela, pade v območje z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov le 6 mokrotnih travnikov, kar predstavlja 13 odstotno uspešnost modela. Uspešnost modela predstavlja točnost modela, torej koliko mokrotnih travnikov iz vzorca za vrednotenje dejansko pade v območja z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov. To pomeni, da so geomorfološke in hidrološke spremenljivke pridobljene ob uporabi DMR-ja pomembne spremenljivke, vendar je za boljši napovedovani model treba vključiti tudi druge spremenljivke.

Rezultati vrednotenja pokažejo, da je točnost modela od 13 (neodvisen vzorec) do 38 odstotna (odvisen vzorec). Rezultat dokazuje, da so geomorfološke in hidrološke spremenljivke za napovedovanje rastišč habitatnih tipov učinkovite spremenljivke. Te spremenljivke lahko uporabimo kot temeljne spremenljivke za napovedovanje ter model nadgradimo z uporabo dodatnih spremenljivk.

5 ZAKLJUČEK

Geografski informacijski sistemi so postali eno izmed orodij za napovedovanje razširjenosti habitatov v ekologiji. V diplomskem delu sem s pomočjo osnovnih geomorfoloških in hidroloških analiz pri izključni uporabi DMR-ja v treh različnih računalniških programih (ArcGIS, Saga in LandSerf) ustvarila zbirko 37-ih spremenljivk za napovedovanje rastišč mokrotnih travnikov. Določanje značilnosti rastišč mokrotnih travnikov je potekalo s primerjavo spremenljivk za območje rastišč mokrotnih travnikov s celotnim raziskovalnim območjem. Spremenljivke sem naključno vzorčila ter podatke statistično obdelala. Najprej sem izvedla Anderson-Darlingov test normalnosti porazdelitve, ki je pokazal, da nobena spremenljivka ni normalno porazdeljena. Nato sem izvedla Wilcoxon-Mann-Whitneyev test značilnosti, na osnovi katerega sem določila 12 značilnih spremenljivk za napovedovanje rastišč mokrotnih travnikov. Zbirka značilnih spremenljivk prispeva k boljšemu poznavanju lokacij pojavljanja mokrotnih travnikov ter poveča možnost izgradnje dobrega napovedovalnega modela.

Na osnovi značilnih spremenljivk lahko zaključimo, da mokrotne travnike najdemo v bližini rečnih strug. Poleg tega se mokrotni travniki nahajajo na majhen naklonu, kjer lahko prihaja do akumulacije oziroma zastajanja vode. Na pojavljanje mokrotnih travnikov pomembno vpliva ukrivljenost terena, saj so se vse spremenljivke, ki izražajo ukrivljenost uvrstile v model. To pomeni, da se mokrotni travniki nahajajo v kotanjah, vdolbinah ter drugih konkavnih območjih. Na območju Krajinskega parka Goričko opazimo, da je za pojavljanje pomembna tudi nadmorska višina.

Glede zastavljenih hipotez ugotovimo naslednje:

- Spremenljivke, pridobljene na osnovi geomorfoloških analiz pri uporabi DMR-ja so učinkovite spremenljivke pri izgradnji napovedovalnih modelov razširjenosti habitatov (v našem primeru mokrotnih travnikov).

HIPOTEZO POTRDIMO

Razlaga: Ugotovili smo, da ob izključni uporabi geomorfoloških in hidroloških spremenljivk pridobljenih na osnovi DMR-ja, v območje z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov pade od 13 do 38 odstotkov vseh mokrotnih travnikov. Spremenljivke pridobljene z geomorfološkimi analizami na osnovi DMR-ja so učinkovite pri izgradnji napovedovalnih modelov razširjenosti habitatnih tipov, zato prvo hipotezo potrdimo.

- Na osnovi geomorfoloških in hidroloških spremenljivk pri izključni uporabi DMR-ja lahko ustvarimo napovedovalni model za habitatni tip mokrotni travnik in točnost modela je več kot 50 odstotna. Odkrivamo pa tudi območja, kjer danes ni več sledu o tem habitatnem tipu, vendar je v preteklosti mogoče obstajal.

HIPOTEZO DELNO POTRDIMO

Razlaga: To hipotezo moramo na osnovi rezultatov testnega napovedovalnega modela zavrniti, saj je v območje z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov točnost modela manjša od 50 odstotkov. Za bolj točne rezultate je v napovedovalni model treba vključiti tudi druge okoljske spremenljivke. To so predvsem spremenljivke, ki niso ustvarjene na podlagi DMR-ja in spremenljivke, ki so sicer ustvarjene iz DMR-ja, ampak se za njihovo izdelavo uporabi bolj dodelane algoritme. Drugi del hipoteze pa je bil, da z napovedovanim modelom dobimo območja, kjer danes ni več sledu o tem habitatnem tipu, vendar je v preteklosti mogoče obstajal. To hipotezo lahko potrdimo, saj smo kot rezultat dobili vsa območja, ki izkazujejo geomorfološke in hidrološke značilnosti območja. Za končno potrditev te hipoteze pa bi bilo treba opraviti dodatno

terensko kontrolo vseh območij z največjo verjetnostjo za pojavljanje mokrotnih travnikov.

Razlaga pomanjkljivosti ter priporočila za dodelavo napovedovalnega modela mokrotnih travnikov:

- Sloji izpeljani iz DMR-ja so med bolj natančnimi spremenljivkami, ki jih vgradimo v model. To velja ob predpostavki, da je osnovni DMR dovolj natančen. V našem primeru smo se odločili za uporabo DMR-ja z velikostjo rastrskih celic 12,5 m, ki je med najbolj natančnimi DMR-ji za raziskovalno območje. To pomeni, da ena celica na modelu predstavlja 12,5 m v naravi. S pomočjo tega modela zato ne moremo zaznati sprememb v terenu na manjšem nivoju od 12,5 m. Pri terenskem delu smo ugotovili, da je za mokrotne travnike zelo pomemben mikrorelief, zato bi bilo za iskanje potencialnih območij razširjenosti mokrotnih travnikov bolje uporabiti DMR z manjšo prostorsko resolucijo. V tem primeru bi tudi geomorfološke in hidrološke spremenljivke odražale realnejše podatke in bi prispevale k večji točnosti napovedovalnega modela.
- Po navedbah Zelnika (2005) so za razširjenost mokrotnih travnikov pomembni trije dejavniki: vodni režim, kemijske lastnosti tal ter raba tal, to je košnja. V delu smo se omejili samo na en dejavnik – vodni režim, preostala dva dejavnika smo zanemarili. Tu vidimo največji potencial za nadgradnjo rezultatov. Za boljši napovedovalni model mokrotnih travnikov, moramo upoštevati tudi kemijske lastnosti tal in rabo tal.
- V modelu smo uporabili samo indirektne kazalnike, zato je model brez večjih napak lahko uporaben le na homogenem geografskem območju, glede na »zakon relativne nespremenljivosti lege« (Guisan in Zimmermann, 2000). Ožje območje, kjer smo izbrali mokrotne travnike za kalibracijo modela je geomorfološko homogeno območje. Iz rezultatov vidimo, da so tudi potencialne lokacije mokrotnih travnikov samo na gričevnatem območju, medtem ko jih na južnem ravninskem delu ni. Če bi v napovedovalni model vključili tudi direktne in izvirne kazalnike, kot napovedovalne parametre, bi si zagotovili model, ki je bolj splošen in primeren na širšem geografskem območju.
- K večji natančnosti modela bi prispevala tudi nadgradnja metod dela, ki so vključene v praktični del. Pri vzorčenju sta za napovedovanje razširjenosti habitatov najprimernejši metodi stratificiranja ter osnovna-rastrska, medtem ko je naključno vzorčenje manj primerno. V naši raziskavi je bilo edino možno vzorčenje prav slednje. Ta nedoslednost je po našem mnenju tudi eden izmed glavnih vzrokov za neobvladljivost rezultatov pri testu normalnosti porazdelitve. To je tudi edini sklop, kjer se pokažejo pomanjkljivosti vzorčenja. Pri poznejših analizah ni mogoče natančno potrditi, če imamo reprezentativen vzorec podatkov. Test značilnosti za določanje značilnih geomorfoloških in hidroloških spremenljivk je osnovna statistična metoda. Za boljše rezultate napovedovalnega modela bi bilo bolje uporabiti naprednejše statistične metode. Poleg statističnih metod, pa je tudi izgradnja modela s prekrivanjem ena izmed preprostejših metod modeliranja, z uporabo zahtevnejših metod, bi bili rezultati napovedovalnega modela bolj točni.

6 VIRI

ArcGIS Desktop 9.3 Help.

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/> (2. nov. 2009)

Agencija RS za okolje. Arhiv opazovanj vremenskih razmer.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (13. maj 2010)

Agencija RS za okolje. Porazdelitev padavin.

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (23. avg. 2010)

Agencija RS za okolje. Pretok Ledava.

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Ledava&p_postaja=1260&p_let=2008&b_arhiv=Prika%C5%BEi (23. avg. 2010)

Asadoorian M., Kantarelis D. 2005. Essentials of inferential statistics. Lanham, University Press of America: str. 286

Beltram G. 2005. Novi izzivi za ohranjanje mokrišč v 21. stoletju: Ramsarska konvencija in slovenska mokrišča. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 96

Böhner J., AntoniĆ O. 2009. Land-Surface Parameters Specific to Topo-Climatology. V: Geomorphometry: concepts, software, applications. Hengl T., Reuter H.I. (ed.). Amsterdam. Elsevier: 195-227

Böhner J., Selige T. 2006. Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation, in SAGA – Analyses and Modelling Applications. Göttinger Geographische Abhandlungen 115: 13-28

Brambilla M., Casale F., Bergero V., Crovetto G.M., Falco R., Negri I., Siccardi P., Bogliani G. 2009. GIS-models work well, but are not enough: Habitat preferences of *Lanius collurio* at multiple levels and conservation implications. *Biological Conservation*, 142,10: 2033-2042

Budja B. 2003. Skriptni jeziki. Strokovna gimnazija, Maribor.

<http://www.s-sers.mb.edus.si/gradiva/w3/javascript/skript.html> (4. jun. 2010)

Činč J., Planjšek M., Kaligarič S. 2002. O geologiji Pomurja in Goričkega. V: Narava Slovenije. Mura in Prekmurje. Bedjanič M. (ur.). Ljubljana, Prirodoslovni muzej: 13–15

Dešnik S. 2008. Živeti z naravo in ustvarjalnostjo ljudi. V: Goričko - na zelenem otoku presahlega morja: vodnik po znamenitostih občin z območja Krajinskega parka Goričko. Just F., Kuzmič F., Vratuša A. (ur.). Petanjci, Ustanova dr. Šiftarjeva fundacij: 8–11

Dikau R. 1988. Entwurf einer geomorphographisch-analytischen Systematik von Reliefeinheiten. Heidelberger Geographische Bausteine. Heidelberg, Heft 5: str. 50

Direktiva Sveta 79/409/EGS z dne 2. aprila 1979 o ohranjanju prosto živečih ptic.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1979:103:0001:0005:SL:HTML>
(13. apr. 2009)

Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:SL:HTML>
(13. apr. 2009)

Drobnjak V. 2008. Uvajanje odprtokodnih sistemov v Pokrajinskem arhivu Koper. Tehnični in vsebinski problemi klasičnega in elektronskega arhiviranja: 389-398

Frantar P. 2009. Vodni krog in hidrologija površinskih voda. V: Pomurje: geografski pogledi na pokrajino ob Muri. Kikec T. (ur.). Ljubljana, Murska Sobota, Zveza geografov Slovenije, Društvo geografov Pomurja: 78–91

Gaffney V., Stančič Z. 1991. GIS approaches to regional analysis: a case study of the island of Hvar. Ljubljana, Znanstveni inštitut Filozofske fakultete: str. 100

Gallant J.C., Hutchinson M.F. 2008. Digital terrain analysis. V: Guidelines for Surveying Soil and Land Resources. 2 nd edition. McKenzie N.J., Grundy M.J., Webster R. (ed.). Melbourne. Csiro Publishing: 75-93

GURS – Geodetska uprava Republike Slovenije. 2005. DMV 12,5 in GKB-hidrografija. Ljubljana.

Geopedia. Geološka podlaga Slovenije.

http://www.geopedia.si/#T241_L342_x600768_y171707_s11_b4_vT (24. Jul. 2010)

Guisan A., Zimmermann N. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 2-3: 107-122

Harrell F., Lee K., Mark D. 1996. Multivariable prognostic models: Issues in developing models, evaluating assumptions and adequacy, and measuring and reducing errors. *Statistic in Medicine*, 15, 4: 361-387

Hirzel A., Guisan A. 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modeling*, 157, 2-3: 331-341

Hjerdt K.N., McDonnell J.J., Seibert J. Rodhe A. 2004. A new topographic index to quantify downslope controls on local drainage. *Water Resources Research*, 40, 5: 1-6

Hlad B., Skoberne P. 2001. Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Agencija RS za okolje: str. 224

Jogan N., Kaligarič M., Leskovicar Š., Seliškar A., Dobravec J. 2004. Habitatni tipi Slovenije : tipologija. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje: str. 64

Kaligarič M., Škornik S., Štumberger B., Hoenigsfeld A., Pertinac V. 2003. Bioinventarizacija krajinskega parka Goričko. Ljubljana, Zavod RS za varstvo narave: str. 117

Kvamme K., Oštir-Sedej K., Stančič Z., Šumrada R. 1997. Geografski informacijski sistemi. Ljubljana, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti: str. 476

Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. 2005. Geographic information systems and science. Chichester, John Wiley & Sons: str. 517

Lyon J., Adkins K. 1995. Use of GIS for Wetland Identification, The ST. Clair Flats, Michigan. V: Wetland and environmental applications of GIS. Lyon J.M. (ed.) Boca Raton, Lewis publishers: 49-61

MacMillan R.A., Shary P.A. 2009. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. V: Geomorphometry: concepts, software, applications. Hengl T., Reuter H.I. (ed.). Amsterdam. Elsevier: 227-257

Mencinger B. 2004. Naravni parki Slovenije. Ljubljana, Mladinska knjiga: str. 218

Montgomery D., Runger G.C. 1999. Applied statistics and probability for engineers. 2nd edition. New York, John Wiley & Sons: str. 817

Nemeth A. 2007. DEM based method for the determination of potential frost-risk territories. V: Global change issues in developing and emerging countries: proceedings of the 2nd Göttingen GIS and Remote Sensing Days 2006, 4th to 6th October, Göttingen, Germany. Kappas M., Kleinn C., Sloboda B. (ed.). Göttingen, Universitätsverlag Göttingen: 393-400

Neteler M., Mitasova H. 2008. Open source GIS : a GRASS GIS approach. New York, Springer: str. 406

Nyerges T., Jankowski P. 2009. Regional and urban GIS: a decision support approach. New York, Guilford Press: str. 299

Pevec D. 2009. Ocenjevanje zanesljivosti posameznih klasifikacij z lokalnimi metodami. Diplomsko delo. Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani.

Podatkovni sloj izviri. Agencija Republike Slovenije za okolje – ARSO.
<http://nfp-si.eionet.europa.eu/Dokumenti/GIS/splosno> (23. mar. 2009)

Podobnikar T. 2001. Digitalni model reliefa iz geodetskih podatkov različne kakovosti. Doktorska disertacija. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: Univerza v Ljubljani.

Podobnikar T. 2006. Digitalni model reliefa iz različnih podatkov. *Življenje in tehnika*, 57, 4: 20-27

Podobnikar T, Oštir K. 2008. Geographical Information Systems and Remote Sensing Analysis. V: Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México. Šprajc I. (ed). Oxford, Archaeopress, Paris monographs in American archaeology: 243-261

Podobnikar T. 2009a. Methods for visual quality assessment of a digital terrain model. S.A.P.I.EN.S. 2, 2: 1-10. <http://sapiens.revues.org/index738.html> (14. nov. 2009)

Podobnikar T. 2009b. Visibility simulation technique for support of visual recognition of the landform features. The World's geo-spatial solutions, Santiago: str. 8 (elektronski vir)

R. R Projekt for Statistical Computing.
<http://www.r-project.org/index.html> (13. dec. 2009)

Ramsarska konvencija. Ramsar.si.
http://www.ramsar.si/ramsar_besedilo.html (15. sep. 2009)

Ricci V. 2005. Fitting Distributions with R. Version 1.1. GNU Free Documentation License. <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Ricci-distributions-en.pdf> (8. jan. 2010)

Saga – System for Automated Geoscientific Analyses.
<http://www.saga-gis.org/en/index.html> (10. nov. 2009)

Santos X., Brito J.C., Sillero N., Pleguezuelos J.M., Llorente G.A., Fahd S., Parellada X. 2006. Inferring habitat-suitability areas with ecological modelling techniques and GIS: A contribution to assess the conservation status of *Vipera latastei*. *Biological Conservation*, 130, 3: 416-425

Smith J., Goodchild F., Longley A. 2009. Geospatial Analysis - a comprehensive guide. 3rd edition. Leicester, Matador: str. 394

SSKJ – Slovar slovenskega knjižnega jezika.
<http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (3. jun. 2010)

Stančič Z., Veljanovski T., Oštir K., Podobnikar T. 2001. Archaeological predictive modelling for highway construction planning. V: Computing archaeology for understanding the past. Stančič Z., Veljanovski T. (ed.). Oxford, Archaeopress: 233-238

Steinberg S. J., Steinberg S.L. 2006. GIS: geographic information systems for the social sciences: investigating space and place. Thousand Oaks, SAGE Publications: str. 252

Stephens M. 1974. EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, 69, 347: 730-737

Stephens M.A, D'Agostino R.B. 1986. Goodness-of-Fit Techniques. New York, Marcel Dekker: str. 560

Székelly B., Podobnikar T. 2009. A method for automated extraction of Martian talus slopes – case studies of Nanedi Valles and West Candor Chasma, Mars. V: Geomorphometry. Purves R. (ur.). Zürich: Department of Geography, University of Zürich: 202-207.
<http://geomorphometry.org/szekelypodobnikar2009geomorphometry> (17. avg. 2010)

Thode H. 2002. Testing for normality. New York, Marcel Dekker: str. 479

Turk G. 2009. Verjetnostni račun in statistika. Delavna Različica učbenika. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani.
<http://www.km.fgg.uni-lj.si/predmeti/sei/vrs1.pdf> (12. nov. 2009)

V Prekmurju bodo zopet iskali nafto. 24 ur.
<http://24ur.com/novice/slovenija/v-prekmurju-bodo-zopet-iskali-nafto.html>
(10. avg. 2009)

Wetlands International global site. What wetlands are.

<http://www.wetlands.org/Aboutus/Whatarewetlands/tabid/202/Default.aspx>

(10. nov. 2009)

Wood J. 1996. The geomorphological characterisation of digital elevation models. PhD Thesis. University of Leicester. <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd> (18. nov. 2009)

Wood J. 2009. The LandSerf Manual. Version 1.0 for LandSerf 2.3.1. <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/landserf/landserf230/doc/landserfManual.pdf>

(18. nov. 2009)

ZRSVN – Zavod Republike Slovenije za varstvo narave. 2003. Ploskovni podatki o habitatnih tipih na območju Goričkega pridobljeni s kartiranjem z opisom. Ljubljana.

Zelnik I. 2005. Vegetacija travnikov reda Molinietalia W. Koch 1926 in kontaktnih rastišč v Sloveniji. Doktorska disertacija. Biotehniška fakulteta: Univerza v Ljubljani.

PRILOGA A

Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve

V prilogi so zbrani vsi rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve pri prostostni stopnji $\alpha=95\%$ in $\alpha=99\%$ ter rezultati opisne statistike (v stolpcu vizualna ocena).

Z oznako + so označene normalno porazdeljene spremenljivke.

Tabela 1: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za mokrotne travnike 37.311 za podatke brez vzorčenja

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Kvazi naklon	0,35	4,69*10 ⁻¹	+	+	+
	Nadmorska višina	0,61	1,12*10 ⁻¹	+	+	+
	Ekspozicija	0,68	7,45*10 ⁻²	+	+	+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	1,31	2,08*10 ⁻³	+		
	Konvergenčni indeks	1,49	7,36*10 ⁻⁴	+		
	Značilne toče površja	1,66	2,84*10 ⁻⁴	+		
	Indeks masne bilance	1,77	1,52*10 ⁻⁴			
	Dnevno anizotropno segrevanje	1,88	8,20*10 ⁻⁵			
	Mreža vodotokov	2,24	1,05*10 ⁻⁵			
	Gradient	2,73	6,82*10 ⁻⁷			
	Ukrivljenost reliefa	3,64	3,96*10 ⁻⁹			
	Naklon reliefa	3,72	2,59*10 ⁻⁹			
	Značilne točke terena	4,26	1,28*10 ⁻¹⁰			
	Prečna ukrivljenost reliefa	4,61	1,77*10 ⁻¹¹			
	Relativni relief	5,31	3,70*10 ⁻¹³			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	5,42	2,07*10 ⁻¹³			
	Globina dolin	8,21	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Konkavnost	14,61	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	22,51	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Prečni presek površja	29,91	2,20*10 ⁻¹⁶			
Hidrološke spremenljivke	MRVBF	32,81	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRRTF	39,25	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka Saga	0,41	3,40*10 ⁻¹	+	+	+
	Funkcija polnjenja	0,61	1,13*10 ⁻¹	+	+	+
	Topografski indeks vlažnosti	1,69	2,38*10 ⁻⁴	+		
	Naklon porečja	1,86	9,13*10 ⁻⁵			
	Povezanost tokov	6,39	9,43*10 ⁻¹⁶			
	Porečje	7,49	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Mreža vodotokov Saga	8,82	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Horizontalna OPO	12,01	2,20*10 ⁻¹⁶			
	OPO	12,06	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka - glajeno	12,16	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Drop	12,64	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Dolžina rečnega toka	17,63	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka	18,76	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Vertikalna OPO	24,87	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Razvodje	35,32	2,20*10 ⁻¹⁶			

Tabela 2: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za celotno območje brez mokrotnih travnikov 37.311 za podatke brez vzorčenja

	Spremenljivke	A²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Naklon reliefa	28,82	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Relativni relief	51,00	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Dnevno anizotropno segrevanje	55,83	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Gradient	114,26	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Ukrivljenost reliefa	256,76	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Ekspozicija	260,50	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Prečna ukrivljenost reliefa	323,74	$3,39 \cdot 10^{44}$			
	Kvazi naklon	782,45	inf			
	Konvergenčni indeks	966,03	inf			
	Nadmorska višina	991,48	inf			
	Indeks masne bilance	1978,15	inf			
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	2311,11	inf			
	Globina dolin	43765,02	inf			
	Značilne točke površja	71126,07	inf			
	Mreža vodotokov	112005,50	inf			
	Značilne točke terena	114787,60	inf			
	Konkavnost	115295,10	inf			
	MRVBF	197571,70	inf			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	inf	NA			
	MRRTF	inf	NA			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	inf	NA			
	Prečni presek površja	inf	NA			
Hidrološke spremenljivke	Naklon porečja	88,21	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Mreža vodotokov Saga	163,74	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	OPO	265,03	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Horizontalna OPO	268,91	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Vertikalna OPO	285,55	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Porečje	537,21	inf			
	Funkcija polnjenja	982,05	inf			
	Dolžina rečnega toka	1.663,17	inf			
	Topografski indeks vlažnosti	1.689,27	inf			
	Smer toka Saga	1.766,12	inf			
	Smer toka	10.600,74	inf			
	Drop	14.513,57	inf			
	Smer toka - glajeno	107.670,40	inf			
	Povezanost tokov	136.413,60	inf			
	Porečje Saga	inf	NA			

Tabela 3: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za mokrotne travnike 37.313 za podatke brez vzorčenja

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Kvazi naklon	0,33	5,12*10 ⁻¹	+	+	+
	Značilne točke površja	0,79	3,86*10 ⁻²	+	+	+
	Klasifikacija terena	0,80	3,61*10 ⁻²	+	+	+
	Dnevno anizotropno segrevanje	0,94	1,61*10 ⁻²	+		+
	Nadmorska višina	1,00	1,17*10 ⁻²	+		+
	Indeks masne bilance	1,13	5,39*10 ⁻³	+		
	Konvergenčni indeks	1,19	3,94*10 ⁻³			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	1,33	1,73*10 ⁻³	+		
	Globina dolin	1,52	6,03*10 ⁻⁴			
	Gradient	1,63	3,21*10 ⁻⁴			
	Ukrivljenost reliefa	1,72	1,87*10 ⁻⁴			
	Relativni relief	1,88	7,67*10 ⁻⁵			
	Mreža vodotokov	2,16	1,58*10 ⁻⁵			
	Naklon reliefa	2,19	1,28*10 ⁻⁵			
	Ekspozicija	2,38	4,56*10 ⁻⁶			
	Prečna ukrivljenost reliefa	4,24	1,24*10 ⁻¹⁰			
	Značilne točke terena	4,46	3,68*10 ⁻¹¹			
	Konkavnost	7,28	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRVBF	9,81	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	18,37	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRRTF	20,77	2,20*10 ⁻¹⁶			
Hidrološke spremenljivke	Prečni presek površja	21,89	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Funkcija polnjenja	1,00	1,18*10 ⁻²	+		+
	Smer toka	1,21	3,45*10 ⁻³			
	Topografski indeks vlažnosti	1,41	1,13*10 ⁻³	+		
	Naklon porečja	2,45	3,05*10 ⁻⁶			
	Porečje	2,96	1,67*10 ⁻⁷			
	Smer toka - glajeno	3,74	2,07*10 ⁻⁹			
	Povezanost tokov	4,56	2,02*10 ⁻¹¹			
	Horizontalna OPO	5,42	1,73*10 ⁻¹³			
	OPO	5,44	1,57*10 ⁻¹³			
	Dolžina rečnega toka	5,57	7,22*10 ⁻¹⁴			
	Mreža vodotokov Saga	6,50	2,35*10 ⁻¹⁶			
	Drop	6,58	2,77*10 ⁻¹⁶			
	Vertikalna OPO	12,10	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Porečje	13,29	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka	"	"	"	"	"

Tabela 4: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za celotno območje brez mokrotnih travnikov 37.313 za podatke brez vzorčenja

	Spremenljivke	A²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Naklon reliefa	28,80	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Relativni relief	49,97	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Dnevno anizotropno segrevanje	55,63	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Gradient	114,56	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Ukrivljenost reliefa	256,82	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Ekspozicija	260,50	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Prečna ukrivljenost reliefa	323,52	$8,59 \cdot 10^{-4}$ 3			
	Kvazi naklon	768,85	inf			
	Konvergenčni indeks	966,28	inf			
	Nadmorska višina	986,45	inf			
	Indeks masne balance	1979,96	inf			
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	2255,38	inf			
	Globina dolin	43855,80	inf			
	Značilne točke površja	71314,86	inf			
	Mreža vodotokov	112294,30	inf			
	Značilne točke terena	115164,40	inf			
	Konkavnost	115661,90	inf			
	MRVBF	198236,70	inf			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	inf	NA			
	MRRTF	inf	NA			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	inf	NA			
	Prečni presek površja	inf	NA			
Hidrološke spremenljivke	Naklon porečja	88,18	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Mreža vodotokov Saga	163,74	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	OPO	265,32	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Horizontalna OPO	272,30	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Vertikalna OPO	286,61	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Porečje	540,26	inf			
	Funkcija polnjenja	977,01	inf			
	Dolžina rečnega toka	1.664,65	inf			
	Topografski indeks vlažnosti	1.688,58	inf			
	Smer toka	10.493,91	inf			
	Drop	14.523,49	inf			
	Smer toka - glajeno	108.019,20	inf			
	Povezanost tokov	136.647,20	inf			
	Smer toka Saga	"	"			
	Porečje Saga	inf	NA			

Tabela 5: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za mokrotne travnike 37.311 za podatke z vzorčenjem

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Kvazi naklon	1,37	1,51*10 ⁻³	+		
	Indeks masne bilance	2,43	3,79*10 ⁻⁶	+		
	Nadmorska višina	2,85	3,58*10 ⁻⁷	+		
	Ekspozicija	3,36	2,08*10 ⁻⁸			
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	3,89	1,04*10 ⁻⁹			
	Dnevno anizotropno segrevanje	5,83	2,24*10 ⁻¹⁴	+		
	Konvergenčni indeks	7,19	2,20*10 ⁻¹⁶	+		
	Ukrivljenost reliefa	9,24	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Naklon reliefa	9,25	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	9,43	2,20*10 ⁻¹⁶	+		
	Gradient	11,32	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Relativni relief	12,53	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Prečna ukrivljenost reliefa	13,36	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Značilne točke površja	13,38	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Mreža vodotokov	13,99	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Globina dolin	20,08	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Konkavnost	60,80	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Značilne točke terena	65,14	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRVBF	83,78	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	98,32	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRRTF	118,03	2,20*10 ⁻¹⁶			
Hidrološke spremenljivke	Prečni presek površja	inf	NA			
	Funkcija polnjenja	2,85	3,57*10 ⁻⁷	+		
	Naklon porečja	5,33	3,52*10 ⁻¹³			
	Mreža vodotokov Saga	5,41	7,56*10 ⁻¹⁴			
	Smer toka Saga	5,90	1,53*10 ⁻¹⁴			
	Topografski indeks vlažnosti	8,34	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Povezanost tokov	16,94	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Horizontalna OPO	17,02	2,20*10 ⁻¹⁶			
	OPO	17,15	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Indeks vlažnosti	21,62	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Drop	31,67	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Dolžina rečnega toka	41,29	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka	43,54	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Vertikalna OPO	52,90	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Moč toka	inf	NA			
	Porečje Saga	inf	NA			
	Akumulacija toka	inf	NA			

Tabela 6: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za celotno območje brez mokrotnih travnikov 37.311 za podatke z vzorčenjem

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Dnevno anizotropno segrevanje	0,31	$5,60 \cdot 10^{-1}$	+	+	+
	Nadmorska višina	0,44	$2,90 \cdot 10^{-1}$	+	+	+
	Relativni relief	0,84	$2,98 \cdot 10^{-2}$	+	+	+
	Naklon reliefa	0,98	$1,36 \cdot 10^{-2}$			+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	2,40	$4,47 \cdot 10^{-6}$			
	Ekspozicija	2,78	$5,36 \cdot 10^{-7}$			
	Kvazi naklon	2,97	$1,76 \cdot 10^{-7}$	+		
	Ukrivljenost reliefa	4,43	$5,32 \cdot 10^{-11}$			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	5,04	$1,80 \cdot 10^{-12}$	+		
	Prečna ukrivljenost reliefa	5,70	$4,53 \cdot 10^{-14}$	+		
	Indeks masne bilance	6,97	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Konvergenčni indeks	7,77	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+		
	Gradient	8,15	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Značilne točke površja	14,31	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Globina dolin	18,51	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Mreža vodotokov	20,01	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Značilne točke terena	56,24	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Konkavnost	66,06	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	MRVBF	78,32	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	MRRTF	96,04	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
Hidrološke spremenljivke	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	114,66	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Prečni presek površja	133,33	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Funkcija polnjenja	0,44	$2,90 \cdot 10^{-1}$	+	+	+
	Naklon porečja	0,60	$1,16 \cdot 10^{-1}$		+	+
	Mreža vodotokov Saga	2,27	$2,25 \cdot 10^{-6}$			
	OPO	2,99	$1,60 \cdot 10^{-7}$			
	Horizontalna OPO	3,02	$1,38 \cdot 10^{-7}$			
	Vertikalna OPO	5,48	$1,55 \cdot 10^{-13}$			
	Smer toka Saga	5,58	$8,95 \cdot 10^{-14}$			
	Topografski indeks vlažnosti	14,67	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Indeks vlažnosti	19,15	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Dolžina rečnega toka	19,19	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Povezanost tokov	19,36	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Smer toka	41,75	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Drop	inf	NA			
	Moč toka	inf	NA			
	Porečje Saga	inf	NA			
	Akumulacija toka	inf	NA			

Tabela 7: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za mokrotne travnike 37.313 za podatke z vzorčenjem

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Indeks masne bilance	2,13	2,05*10 ⁻⁵	+		
	Kvazi naklon	2,74	6,44*10 ⁻⁷	+		
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	3,49	1,00*10 ⁻⁸			
	Nadmorska višina	5,27	4,93*10 ⁻¹³	+		
	Relativni relief	5,31	3,93*10 ⁻¹³	+		
	Gradient	5,40	2,38*10 ⁻¹³			
	Dnevno anizotropno segrevanje	5,86	1,95*10 ⁻¹⁴	+		
	Globina dolin	7,02	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Naklon reliefa	7,63	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Ukrivljenost reliefa	8,77	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	9,40	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Konvergenčni indeks	10,33	2,20*10 ⁻¹⁶	+		
	Ekspozicija	12,05	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Prečna ukrivljenost reliefa	13,46	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Značilne točke površja	16,72	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Mreža vodotokov	19,20	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRVBF	45,35	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Značilne točke terena	51,18	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Konkavnost	59,64	2,20*10 ⁻¹⁶			
	MRRTF	113,30	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	115,53	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Prečni presek površja	122,12	2,20*10 ⁻¹⁶			
Hidrološke spremenljivke	Funkcija polnjenja	5,27	4,91*10 ⁻¹³	+		
	Mreža vodotokov Saga	7,85	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka Saga	8,47	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Naklon porečja	12,15	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Topografski indeks vlažnosti	13,79	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Horizontalna OPO	16,47	2,20*10 ⁻¹⁶			
	OPO	16,53	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Indeks vlažnosti	20,08	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Povezanost tokov	20,97	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Dolžina rečnega toka	24,28	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Drop	28,23	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Smer toka	29,59	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Vertikalna OPO	44,95	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Akumulacija toka	83,44	2,20*10 ⁻¹⁶			
	Moč toka	inf	NA			
	Porečje Saga	inf	NA			

Tabela 8: Rezultati Anderson-Darlingovega testa normalnosti porazdelitve za celotno območje brez mokrotnih travnikov 37.313 za podatke z vzorčenjem

	Spremenljivke	A ²	p-value	Vizualna ocena	95 %	99 %
Geomorfološke spremenljivke	Dnevno anizotropno segrevanje	0,28	$6,50 \cdot 10^{-1}$	+	+	+
	Nadmorska višina	0,65	$9,10 \cdot 10^{-2}$	+	+	+
	Naklon reliefa	1,35	$1,66 \cdot 10^{-3}$			
	Relativni relief	1,59	$4,38 \cdot 10^{-4}$	+		
	Kvazi naklon	1,77	$1,53 \cdot 10^{-4}$	+		
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	2,61	$1,39 \cdot 10^{-6}$			
	Ekspozicija	2,68	$9,14 \cdot 10^{-7}$			
	Gradient	3,33	$2,43 \cdot 10^{-8}$	+		
	Indeks masne bilance	4,04	$4,59 \cdot 10^{-10}$			
	Ukrivljenost reliefa	5,10	$1,26 \cdot 10^{-12}$			
	Podolžna ukrivljenost reliefa	6,46	$7,25 \cdot 10^{-16}$			
	Prečna ukrivljenost reliefa	6,66	$2,39 \cdot 10^{-16}$			
	Konvergenčni indeks	8,60	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Značilne točke površja	14,35	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Globina dolin	15,85	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Mreža vodotokov	19,34	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Značilne točke terena	46,77	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Konkavnost	66,71	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	MRVBF	72,10	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	MRRTF	99,94	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	113,78	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Prečni presek površja	129,38	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
Hidrološke spremenljivke	Funkcija polnjenja	0,65	$9,09 \cdot 10^{-2}$	+	+	+
	Naklon porečja	0,71	$6,49 \cdot 10^{-2}$		+	+
	Mreža vodotokov Saga	0,94	$8,64 \cdot 10^{-3}$			+
	OPO	4,71	$1,08 \cdot 10^{-11}$			
	Horizontalna OPO	4,74	$9,15 \cdot 10^{-12}$			
	Smer toka Saga	5,27	$4,86 \cdot 10^{-13}$			
	Vertikalna OPO	8,34	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Topografski indeks vlažnosti	11,56	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Povezanost tokov	18,35	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Indeks vlažnosti	20,20	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Dolžina rečnega toka	22,63	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Smer toka	40,61	$2,20 \cdot 10^{-16}$			
	Drop	inf	NA			
	Moč toka	inf	NA			
	Porečje Saga	inf	NA			
	Akumulacija toka	inf	NA			

PRILOGA B

Rezultati testov značilnosti

V Prilogi B so predstavljeni vsi rezultati testov značilnosti. V prvem delu so prikazani rezultati t-testa značilnosti z rezultati opisne statistike (v stolpcu vizualna analiza), v drugem delu so rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa značilnosti z rezultati opisne statistike (v stolpcu vizualna analiza).

Z oznako + so označene značilne spremenljivke.

Rezultati t-testa značilnosti

Tabela 1: Rezultati t-testa za podatke pridobljene brez vzorčenja za mokrotne travnike 37.311.

	Spremenljivke	t	p-value	Vizualna analiza
Geomorfološke spremenljivke	Kvazi naklon	23,05	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Gradient	7,42	$4,44 \cdot 10^{-12}$	
	Podolžna ukrivljenost reliefa	5,63	$6,43 \cdot 10^{-8}$	
	MRVBF	3,46	$6,81 \cdot 10^{-4}$	
	Globina dolin	1,80	$7,36 \cdot 10^{-2}$	+
	Prečni presek površja	1,11	$2,67 \cdot 10^{-1}$	
	Značilne točke površja	0,55	$5,80 \cdot 10^{-1}$	
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	0,04	$9,66 \cdot 10^{-1}$	
	Značilne točke terena	-0,03	$9,80 \cdot 10^{-1}$	
	Mreža vodotokov	-0,41	$6,80 \cdot 10^{-1}$	+
	Dnevno anizotropno segrevanje	-0,55	$5,84 \cdot 10^{-1}$	
	Konkavnost	-0,94	$3,49 \cdot 10^{-1}$	
	Ekspozicija	-3,48	$6,29 \cdot 10^{-4}$	
	MRRTF	-4,07	$7,16 \cdot 10^{-5}$	
	Prečna ukrivljenost reliefa	-4,77	$3,61 \cdot 10^{-6}$	
	Ukrivljenost reliefa	-6,64	$3,17 \cdot 10^{-10}$	
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	-7,14	$2,40 \cdot 10^{-11}$	+
	Konvergenčni indeks	-9,21	$2,20 \cdot 10^{-16}$	
	Relativni relief	-21,42	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Naklon reliefa	-23,82	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
Hidrološke spremenljivke	Indeks masne bilance	-27,00	$2,20 \cdot 10^{-16}$	
	Nadmorska višina	-33,56	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Topografski indeks vlažnosti	16,17	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Dolžina rečnega toka	12,88	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Povezanost tokov	5,79	$3,21 \cdot 10^{-5}$	
	Smer toka - glajeno	5,75	$4,01 \cdot 10^{-8}$	
	Mreža vodotokov Saga	4,72	$1,23 \cdot 10^{-5}$	
	Porečje Saga	4,40	$1,87 \cdot 10^{-5}$	
	Smer toka Saga	1,55	$1,23 \cdot 10^{-1}$	+
	Smer toka	-1,53	$1,27 \cdot 10^{-1}$	
	Porečje	-3,62	$3,89 \cdot 10^{-4}$	
	Naklon porečja	-12,19	$2,20 \cdot 10^{-16}$	
	Horizontalna OPO	-21,17	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	OPO	-21,36	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Funkcija polnjenja	-33,58	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Vertikalna OPO	-34,34	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Drop	-38,91	$2,20 \cdot 10^{-16}$	

Tabela 2: Rezultati t-testa za podatke pridobljene brez vzorčenja za mokrotne travnike 37.313

	Spremenljivke	t	p-value	Vizualna analiza
Geomorfološke spremenljivke	Kvazi naklon	18,49	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Gradient	6,32	$1,42 \cdot 10^{-8}$	
	Podolžna ukrivljenost reliefa	6,25	$1,81 \cdot 10^{-8}$	
	MRVBF	2,92	$4,62 \cdot 10^{-3}$	
	Značilne točke terena	2,25	$2,76 \cdot 10^{-2}$	
	Mreža vodotokov	0,14	$8,88 \cdot 10^{-1}$	+
	Značilne točke površja	-1,23	$2,24 \cdot 10^{-1}$	
	Konkavnost	-1,39	$1,68 \cdot 10^{-1}$	
	Ekspozicija	-1,57	$1,21 \cdot 10^{-1}$	+
	Prečna ukrivljenost reliefa	-2,19	$3,17 \cdot 10^{-2}$	
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	-2,37	$2,04 \cdot 10^{-2}$	
	MRRTF	-3,39	$1,10 \cdot 10^{-3}$	
	Dnevno anizotropno segrevanje	-4,05	$1,19 \cdot 10^{-4}$	
	Ukrivljenost reliefa	-5,31	$9,51 \cdot 10^{-7}$	
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	-5,65	$2,50 \cdot 10^{-7}$	+
	Konvergenčni indeks	-5,84	$1,17 \cdot 10^{-7}$	
	Prečni presek površja	-5,84	$1,17 \cdot 10^{-7}$	
	Naklon reliefa	-18,95	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Indeks masne bilance	-21,29	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Nadmorska višina	-23,27	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
Hidrološke spremenljivke	Relativni relief	-79,81	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Globina dolin	-249,25	$2,20 \cdot 10^{-16}$	
	Smer toka Saga	"	"	"
	Porečje	12,47	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Topografski indeks vlažnosti	11,07	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Dolžina rečnega toka	9,57	$7,99 \cdot 10^{-15}$	+
	Porečje Saga	3,71	$3,88 \cdot 10^{-4}$	
	Povezanost tokov	3,02	$3,40 \cdot 10^{-3}$	
	Smer toka - glajeno	3,00	$3,65 \cdot 10^{-3}$	+
	Mreža vodotokov Saga	2,08	$4,68 \cdot 10^{-2}$	
	Naklon porečja	-7,57	$6,22 \cdot 10^{-11}$	+
	Horizontalna OPO	-15,37	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	OPO	-15,58	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Funkcija polnjenja	-22,99	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Vertikalna OPO	-30,38	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Drop	-37,40	$2,20 \cdot 10^{-16}$	
	Smer toka	-104,64	$2,20 \cdot 10^{-16}$	

Tabela 3: Rezultati t-testa za podatke pridobljene z vzorčenjem za mokrotne travnike 37.311

	Spremenljivke	t	p-value	Vizualna analiza
Geomorfološke spremenljivke	Relativni relief	19,57	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Indeks masne bilance	9,80	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Naklon reliefa	9,23	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Nadmorska višina	8,34	$4,77 \cdot 10^{-16}$	+
	Konvergenčni indeks	7,70	$4,45 \cdot 10^{-14}$	+
	Ukrivljenost reliefa	5,39	$9,39 \cdot 10^{-8}$	+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	5,29	$1,65 \cdot 10^{-7}$	+
	Prečne ukrivljenost reliefa	3,95	$8,57 \cdot 10^{-5}$	
	MRRTF	3,35	$8,77 \cdot 10^{-4}$	
	Konkavnost	1,44	$1,50 \cdot 10^{-1}$	
	Značilne točke terena	1,03	$3,02 \cdot 10^{-1}$	
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	0,52	$6,02 \cdot 10^{-1}$	
	Dnevno anizotropno segrevanje	0,46	$6,49 \cdot 10^{-1}$	
	Mreža vodotokov	0,20	$8,40 \cdot 10^{-1}$	
	Značilne točke površja	0,05	$9,63 \cdot 10^{-1}$	
	MRVBF	-0,14	$8,88 \cdot 10^{-1}$	
	Ekspozicija	-1,69	$9,07 \cdot 10^{-2}$	
	Prečni presek površja	-1,80	$7,18 \cdot 10^{-2}$	
	Globina dolin	-1,92	$5,53 \cdot 10^{-2}$	
	Podolžna ukrivljenost reliefa	-5,06	$5,34 \cdot 10^{-7}$	
Hidrološke spremenljivke	Gradient	-6,61	$8,29 \cdot 10^{-11}$	
	Kvazi naklon	-7,70	$4,63 \cdot 10^{-14}$	+
	Vertikalna OPO	15,54	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	OPO	15,19	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Horizontalna OPO	15,16	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Funkcija polnjenja	8,34	$4,78 \cdot 10^{-16}$	+
	Drop	3,06	$2,39 \cdot 10^{-3}$	
	Porečje Saga	1,04	$3,00 \cdot 10^{-1}$	
	Mreža vodotokov Saga	0,95	$3,70 \cdot 10^{-1}$	
	Smer toka	0,12	$9,04 \cdot 10^{-1}$	
	Moč toka	-1,04	$3,00 \cdot 10^{-1}$	
	Indeks vlažnosti	-1,06	$2,9 \cdot 10^{-1}$	
	Smer toka Saga	-2,70	$7,15 \cdot 10^{-3}$	+
	Akumulacija toka	-2,93	$3,58 \cdot 10^{-3}$	
	Naklon porečja	-3,68	$2,48 \cdot 10^{-4}$	
	Povezanost tokov	-4,69	$3,26 \cdot 10^{-6}$	
	Dolžina rečnega toka	-7,08	$3,53 \cdot 10^{-12}$	
	Topografski indeks vlažnosti	-11,89	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+

Tabela 4: Rezultati t-testa za podatke pridobljene z vzorčenjem za mokrotne travnike 37.313

	Spremenljivke	t	p-value	Vizualna analiza
Geomorfološke spremenljivke	Relativni relief	22,84	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Indeks masne bilance	11,07	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Naklon reliefa	10,00	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Konvergenčni indeks	7,35	$5,31 \cdot 10^{-13}$	+
	Nadmorska višina	6,72	$4,32 \cdot 10^{-11}$	+
	Ukrivljenost reliefa	6,28	$5,85 \cdot 10^{-10}$	+
	Dnevno anizotropno segrevanje	5,13	$4,00 \cdot 10^{-7}$	
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	5,05	$5,60 \cdot 10^{-7}$	+
	Značilne točke površja	2,65	$8,15 \cdot 10^{-3}$	
	Prečni presek površja	2,34	$1,96 \cdot 10^{-2}$	
	Konkavnost	2,07	$3,85 \cdot 10^{-2}$	
	Prečne ukrivljenost reliefa	2,00	$4,61 \cdot 10^{-2}$	
	Mreža vodotokov	1,87	$6,22 \cdot 10^{-2}$	
	MRRTF	1,65	$9,94 \cdot 10^{-2}$	
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	1,22	$2,21 \cdot 10^{-1}$	
	Značilne točke terena	-0,84	$4,02 \cdot 10^{-1}$	
	Ekspozicija	-2,81	$5,14 \cdot 10^{-3}$	
	MRVBF	-5,91	$5,53 \cdot 10^{-9}$	
	Kvazi naklon	-6,70	$4,37 \cdot 10^{-11}$	+
	Podolžna ukrivljenost reliefa	-7,89	$1,13 \cdot 10^{-14}$	
Hidrološke spremenljivke	Globina dolin	-8,11	$2,31 \cdot 10^{-15}$	
	Gradient	-8,23	$9,94 \cdot 10^{-16}$	
	Vertikalna OPO	17,74	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	OPO	17,37	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Horizontalna OPO	17,33	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+
	Funkcija polnjenja	6,72	$4,31 \cdot 10^{-11}$	+
	Porečje Saga	3,27	$1,17 \cdot 10^{-3}$	
	Drop	2,98	$3,10 \cdot 10^{-3}$	
	Smer toka	-1,22	$2,22 \cdot 10^{-1}$	
	Smer toka Saga	-1,62	$1,06 \cdot 10^{-1}$	+
	Mreža vodotokov Saga	-1,91	$6,41 \cdot 10^{-2}$	
	Moč toka	-3,27	$1,17 \cdot 10^{-3}$	
	Indeks vlažnosti	-3,80	$1,61 \cdot 10^{-4}$	
	Povezanost tokov	-4,29	$2,07 \cdot 10^{-5}$	
	Akumulacija toka	-4,78	$2,29 \cdot 10^{-6}$	+
	Naklon porečja	-5,12	$3,98 \cdot 10^{-7}$	
	Dolžina rečnega toka	-6,63	$7,29 \cdot 10^{-11}$	
	Topografski indeks vlažnosti	-10,73	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+

Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyjevega testa značilnosti

Tabela 5: Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyjevega testa za podatke pridobljene brez vzorčenja za mokrotne travnike 37.311

	Spremenljivke	W	p-value	Vizualna analiza	Vključimo v model
Geomorfološke spremenljivke	Mreža vodotokov	92183705	$1,94 \cdot 10^{-4}$	+	+
	MRVBF	90539156	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Globina dolin	79588078	$3,08 \cdot 10^{-3}$	+	+
	MRRTF	79353973	$1,93 \cdot 10^{-3}$		+
	Značilne točke površja	79213435	$4,64 \cdot 10^{-3}$		+
	Značilne točke terena	76065734	$3,33 \cdot 10^{-1}$		+
	Prečni presek površja	75513676	$3,94 \cdot 10^{-1}$		+
	Longitudinalna ukrivljenost	69422758	$5,90 \cdot 10^{-2}$		+
	Konkavnost	33849158	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Klasificirana ukrivljenost	7512435	$2,86 \cdot 10^{-5}$	+	
	Kvazi naklon	3838755	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Gradient	2755230	$8,41 \cdot 10^{-11}$		
	Dnevno anizotropno segrevanje	2107098	$6,44 \cdot 10^{-1}$		
	Ekspozicija	1992590	$2,20 \cdot 10^{-1}$		
	Podolžna ukrivljenost reliefa	1895912	$7,33 \cdot 10^{-7}$		
	Prečna ukrivljenost reliefa	1306614	$6,10 \cdot 10^{-6}$		
	Konvergenčni indeks	1295882	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Ukrivljenost reliefa	1294747	$4,28 \cdot 10^{-8}$		
	Indeks masne bilance	940215	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Relativni relief	710009	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Naklon reliefa	673590	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Nadmorska višina	263881	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
Hidrološke spremenljivke	Povezanost tokov	104.229.016	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Smer toka - glajeno	90.535.699	$3,47 \cdot 10^{-3}$		+
	Smer toka Saga	10.545.440	$5,67 \cdot 10^{-6}$	+	+
	Smer toka	7.305.129	$4,85 \cdot 10^{-1}$		+
	Topografski indeks vlažnosti	4.652.083	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Dolžina rečnega toka	3.596.461	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Porečje	3.203.291	$1,58 \cdot 10^{-3}$		+
	Porečje Saga	3.047.415	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Naklon porečja	1.685.987	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Drop	1.295.670	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Horizontalna OPO	856.749	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	OPO	850.857	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Vertikalna OPO	658.439	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Funkcija polnjenja	263.538	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Mreža vodotokov Saga	30.858	$2,20 \cdot 10^{-16}$		

Tabela 6: Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyjevega testa za podatke pridobljene brez vzorčena za mokrotne travnike 37.313

	Spremenljivke	W	p-value	Vizualna analiza	Vključimo v model
Geomorfološke spremenljivke	Mreža vodotokov	41236799	$1,21 \cdot 10^{-2}$	+	+
	MRVBF	41048075	$1,12 \cdot 10^{-7}$		+
	Značilne točke terena	36751625	$3,27 \cdot 10^{-2}$		+
	Značilne točke površja	34319098	$7,00 \cdot 10^{-1}$		+
	MRRTF	34041037	$4,51 \cdot 10^{-1}$		+
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	30199692	$4,86 \cdot 10^{-3}$		+
	Konkavnost	16009709	$1,35 \cdot 10^{-11}$		+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	3143889	$1,06 \cdot 10^{-3}$	+	+
	Kvazi naklon	1702501	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Gradient	1225626	$1,78 \cdot 10^{-5}$		+
	Podolžna ukrivljenost reliefa	893408	$1,24 \cdot 10^{-5}$		
	Ekspozicija	859635	$1,98 \cdot 10^{-1}$	+	
	Dnevno anizotropno segrevanje	835514	$4,90 \cdot 10^{-2}$		
	Konvergenčni indeks	625374	$1,67 \cdot 10^{-8}$		
	Prečni presek površja	625374	$1,67 \cdot 10^{-5}$		
	Prečna ukrivljenost reliefa	615246	$1,92 \cdot 10^{-2}$		
	Ukrivljenost reliefa	560190	$6,06 \cdot 10^{-5}$		
	Globina dolin	439891	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Indeks masne bilance	312511	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Naklon reliefa	241340	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Nadmorska višina	115046	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Relativni relief	139	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
Hidrološke spremenljivke	Smer toka Saga	"	"	"	
	Povezanost tokov	43.327.060	$5,11 \cdot 10^{-5}$		+
	Smer toka - glajeno	42.480.407	$4,79 \cdot 10^{-3}$	+	+
	Porečje	2.417.452	$2,17 \cdot 10^{-12}$	+	+
	Topografski indeks vlažnosti	2.109.664	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Smer toka	1.862.318	$4,22 \cdot 10^{-10}$		+
	Dolžina rečnega toka	1.588.771	$5,18 \cdot 10^{-13}$	+	+
	Porečje Saga	1.327.770	$1,42 \cdot 10^{-8}$		+
	Naklon porečja	772.220	$4,01 \cdot 10^{-8}$	+	
	Drop	476.804	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Horizontalna OPO	395.152	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	OPO	382.481	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Vertikalna OPO	249.834	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Funkcija polnjenja	114.213	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Mreža vodotokov Saga	13.524	$2,81 \cdot 10^{-10}$		

Tabela 7: Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyjevega testa za podatke pridobljene z vzorčenjem za mokrotne travnike 37.311

	Spremenljivke	W	p-value	Vizualna analiza	Vključimo v model
Geomorfološke spremenljivke	Relativni relief	114802	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Indeks masne bilance	94080	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Naklon reliefa	93962	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Konvergenčni indeks	90694	$3,11 \cdot 10^{-15}$	+	+
	Nadmorska višina	89928	$2,44 \cdot 10^{-14}$	+	+
	Ukrivljenost reliefa	85408	$1,36 \cdot 10^{-9}$	+	+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	82684	$2,99 \cdot 10^{-7}$	+	+
	Prečna ukrivljenost reliefa	79706	$4,37 \cdot 10^{-5}$		+
	Konkavnost	69248	$3,50 \cdot 10^{-1}$		
	Dnevno anizotropno segrevanje	67954	$9,84 \cdot 10^{-1}$		
	MRRTF	67669	$3,72 \cdot 10^{-2}$		
	Mreža vodotokov	67568	$7,60 \cdot 10^{-1}$		
	Značilne točke površja	67337	$9,48 \cdot 10^{-1}$		
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	67171	$9,91 \cdot 10^{-1}$		
	Značilne točke terena	66231	$3,75 \cdot 10^{-1}$		
	Prečni presek površja	65711	$8,85 \cdot 10^{-2}$		
	MRVBF	63965	$8,23 \cdot 10^{-1}$		
	Ekspozicija	62943	$8,66 \cdot 10^{-2}$		
	Globina dolin	58513	$3,37 \cdot 10^{-2}$		
	Podolžna ukrivljenost reliefa	51601	$1,72 \cdot 10^{-8}$		
	Gradient	46502	$1,92 \cdot 10^{-13}$		
	Kvazi naklon	45467	$8,44 \cdot 10^{-15}$	+	
Hidrološke spremenljivke	Vertikalna OPO	109.191	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	OPO	107.723	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Horizontalna OPO	107.670	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Drop	97.207	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Funkcija polnjenja	89.928	$2,44 \cdot 10^{-14}$	+	+
	Porečje Saga	86.642	$8,75 \cdot 10^{-11}$		+
	Smer toka	70.524	$3,62 \cdot 10^{-1}$		
	Indeks vlažnosti	62.477	$4,74 \cdot 10^{-1}$		
	Smer toka Saga	56.935	$6,59 \cdot 10^{-3}$	+	
	Naklon porečja	55.124	$9,90 \cdot 10^{-6}$		
	Povezanost tokov	53.257	$1,76 \cdot 10^{-7}$		
	Moč toka	49.148	$8,75 \cdot 10^{-11}$		
	Akumulacija toka	43.960	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Dolžina rečnega toka	40.555	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Topografski indeks vlažnosti	32.927	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Mreža vodotokov Saga	117	$4,11 \cdot 10^{-1}$		

Tabela 8: Rezultati Wilcoxon-Mann-Whitneyjevega testa za podatke pridobljene z vzorčenjem za mokrotne travnike 37.313

	Spremenljivke	W	p-value	Vizualna analiza	Vključimo v model
Geomorfološke spremenljivke	Relativni relief	119896	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Indeks masne bilance	100157	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Naklon reliefa	94995	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Ukrivljenost reliefa	90788	$1,55 \cdot 10^{-14}$	+	+
	Konvergenčni indeks	88163	$1,20 \cdot 10^{-11}$	+	+
	Nadmorska višina	85085	$1,06 \cdot 10^{-8}$	+	+
	Klasificirana ukrivljenost reliefa	83881	$1,08 \cdot 10^{-7}$	+	+
	Dnevno anizotropno segrevanje	82460	$1,45 \cdot 10^{-6}$		+
	Prečna ukrivljenost reliefa	77080	$3,00 \cdot 10^{-3}$		+
	Značilne točke površja	74873	$8,15 \cdot 10^{-3}$		+
	Mreža vodotokov	72227	$1,90 \cdot 10^{-1}$	+	
	Konkavnost	70917	$1,55 \cdot 10^{-1}$		
	Prečni presek površja	70055	$2,34 \cdot 10^{-2}$		
	Longitudinalna ukrivljenost reliefa	68961	$3,25 \cdot 10^{-1}$		
	MRRTF	63902	$5,82 \cdot 10^{-1}$		
	Značilne točke terena	60774	$2,87 \cdot 10^{-1}$		
	Ekspozicija	59129	$1,35 \cdot 10^{-3}$	+	
	MRVBF	49928	$6,13 \cdot 10^{-9}$		
	Kvazi naklon	47946	$1,76 \cdot 10^{-12}$		
	Podolžna ukrivljenost reliefa	42860	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
Hidrološke spremenljivke	Globina dolin	42818	$1,26 \cdot 10^{-13}$		
	Gradient	41277	$2,20 \cdot 10^{-16}$		
	Vertikalna OPO	112.190	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	OPO	111.364	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Horizontalna OPO	111.308	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	+
	Drop	100.050	$2,20 \cdot 10^{-16}$		+
	Funkcija polnjenja	85.088	$1,05 \cdot 10^{-8}$	+	+
	Porečje Saga	84.256	$5,45 \cdot 10^{-8}$		+
	Smer toka	70.294	$5,24 \cdot 10^{-1}$		
	Smer toka Saga	58.360	$8,14 \cdot 10^{-2}$	+	
	Povezanost tokov	57.245	$6,88 \cdot 10^{-5}$		
	Indeks vlažnosti	56.353	$1,18 \cdot 10^{-2}$		
	Moč toka	52.644	$5,45 \cdot 10^{-8}$		
	Naklon porečja	50.149	$3,08 \cdot 10^{-10}$		
	Dolžina rečnega toka	46.675	$6,94 \cdot 10^{-14}$		
	Akumulacija toka	45.722	$5,42 \cdot 10^{-15}$	+	
	Topografski indeks vlažnosti	36.262	$2,20 \cdot 10^{-16}$	+	
	Mreža vodotokov Saga	109	$2,78 \cdot 10^{-1}$		

PRILOGA C

Klasifikacija značilnih spremenljivk

V Prilogi C je prikazana natančna klasifikacija značilnih spremenljivk, ki smo jih vključili v napovedovalni model za mokrotne travnike.

Tabela 1: Klasifikacija spremenljivk, vključenih v model ter utežni koeficienti

Razred	Nadmorska višina	Indeks masne bilance	Porečje	Horizontalna OPO	OPO	Vertikalna OPO
1	229 - 268,7	0,039 - 1	156,25	0 - 7,6	0 - 7,4	0 - 0,78
2	268,7 - 279			7,6 - 29,2	7,4 - 29,2	
3	279 - 305,5	0 - 0,039	156,25 - 383	29,2 - 106,6	29,2 - 106,9	0,78 - 4,81
2	305,8 - 312,9			106,6 - 157,9	106,9 - 158,6	
1	312,9 - 401,6		383 - 73414344	157,9 - 1120,4	158,6 - 1122,7	4,81 - 89,55
Utežni koeficient (%)	7	8	5	10	10	10

Razred	Prečna ukrivljenost reliefa	Klasificirana ukrivljenost reliefa	Konvergenčni indeks	Ukrivljenost reliefa	Naklon reliefa	Relativni relief
1	(-6,06) - (-1,99)	0 - 3,0	(-84,9) - (-22,4)	(-11,7) - (-0,5)	0 - 1,1	(-242) - (-162,2)
2	(-1,99) - (-0,095)		(-22,4) - (-15)	(-0,5) - (-0,29)	1,1 - 1,7	(-162,2) - (-145)
3	(-0,095) - 0,041	3,0 - 4,0	(-15) - 1,2	(-0,29) - 0,026	1,7 - 7	(-145) - (-77,3)
2	0,041 - 0,147	4,0 - 5,0	1,2 - 7,4	0,026 - 0,219	7 - 7,9	(-77,3) - (-42,6)
1	0,147 - 4,1	5,0 - 7,0	7,4 - 95,1	0,219 - 8,66	7,9 - 36,42	(-42,6) - 274
Utežni koeficient (%)	6	6	7	7	8	10

Vse spremenljivke smo klasificirali v tri razrede ter jim pripisali naslednje vrednosti:

- 1 – zelo majhna verjetnost pojava makrotrnih travnikov
- 2 – srednja verjetnost pojava makrotrnih travnikov
- 3 – največja verjetnost pojava makrotrnih travnikov

Za nekatere spremenljivke smo ustvarili manj razredov. Pri teh spremenljivkah je prišlo do prekrivanja najmanjše/največje vrednosti spremenljivke z najmanjšo/največjo vrednostjo na območju makrotrnih travnikov.

Vsaki spremenljivki smo določili utežni koeficient, ki smo ga izračunali na osnovi rezultatov Wilcoxon-Mann-Whitneyevega testa.

PRILOGA D

Prikaz skriptnega jezika za izvedbo statističnih analiz

V Prilogi D je prikaz skriptnega jezika za izvedbo statističnih analiz za mokrotne travnike v R-statističnem programu. Analize so bile razdeljene v dva sklopa: analize za geomorfološke spremenljivke ter analize za hidrološke spremenljivke. Na začetku priloge je kratka razlaga za lažje razumevanje skriptnega jezika. V prilogi smo prikazali samo načrt za statistično obdelavo dveh naključnih spremenljivk.

Razlaga skriptnega jezika:

<code>pdf (file) ... dev.off ()</code>	S tem ukazom ustvarimo pdf-dokument, kamor se shranjujejo vse grafične podobe.
<code>par(mfrow=c(3,2))</code>	S tem ukazom v eno grafično okno postavimo 3 x 2 grafične podobe.
<code>read.csv ()</code>	S tem ukazom uvozimo csv-dokument v R
<code>ad.test ()</code>	S tem ukazom izvedemo Andrson-Darlingov test normalnosti porazdelitve.
<code>summary()</code>	S tem ukazom nam R poda povzetek osnovne statistike (minimum, maksimum, mediano, prvi in tretji kvantil)
<code>hist ()</code>	S tem ukazom ustvarimo histogram.
<code>qqnorm ()</code>	S tem ukazom ustvarimo Q-Q diagram
<code>qqline()</code>	S tem ukazom narišemo linijo na Q-Q diagram za lažjo interpretacijo.
<code>cor ()</code>	R izračuna korelacijski koeficient, ki ga v delu nismo uporabili.
<code>t.test ()</code>	S tem ukazom izvedemo t-test
<code>wilcox.test ()</code>	S tem ukazom izvedemo Wilcoxon-Mann-Whitneyev test značilnosti
<code>boxplot ()</code>	S tem ukazom ustvarimo škatlo z brki.

```
***Geomorfološka spremenljivka
pdf(file="C:\\Analyze\\R\\osnovni sloji\\Osnovni sloji -
MT\\37.311\\Graf_Geomorfologija.pdf")
par(mfrow=c(3,2))
aspect<-read.csv(file="aspect.csv",header=TRUE,sep=";")
aspect.avg<-aspect$ZSTATS_AVG
x<-aspect.avg
ad.test(aspect.avg)
aspect <- read.table("aspect.txt", skip=6,fill=TRUE)
aspect.s <- cbind(stack(aspect[1:30]))
aspect<-aspect.s$values
ad.test(aspect)
y<-aspect
summary(x)
summary(y)
hist(x, main='Histogram aspect za mokrtone travnike 37.311',xlab='aspect',
ylab='Pogostost')
qqd=qqnorm(x,main='Normalni Q-Q graf aspect za MT 37.311', xlab='Teoreticni
kvantili',ylab='aspect')
qqline(x)
cor(qqd$x,qqd$y)
hist(y, main='Histogram aspect brez MT_37.311',xlab='aspect', ylab='Pogostost')
qqd=qqnorm(y,main='Normalni Q-Q graf aspect brez MT_37.311', xlab='Teoreticni
kvantili',ylab='aspect')
qqline(y)
cor(qqd$x,qqd$y)
t.test(x, y, alternative = c("two.sided"),mu = 0, paired = FALSE, var.equal = FALSE,
conf.level = 0.95)
wilcox.test(x, y, alternative = c("two.sided"),mu = 0,paired = FALSE,exact =
NULL,correct = TRUE,conf.int = TRUE,conf.level = 0.95)
boxplot(x,y, notch=TRUE)

dev.off()

***Hidrološka spremenljivka
pdf(file="C:\\Analyze\\R\\osnovni sloji\\Osnovni sloji -
MT\\37.311\\Graf_Hidorlogija.pdf")
par(mfrow=c(3,2))
basein.smooth<-read.csv(file="BaseinSmooth.csv",header=TRUE,sep=";")
basein.smooth.avg<-basein.smooth$ZSTATS_AVG
ad.test(basein.smooth.avg)
x<-basein.smooth.avg
basein <- read.table("basein.txt", skip=6,fill=TRUE)
basein.s <- cbind(stack(basein[1:87]))
basein<-basein.s$values
ad.test(basein)
y<-basein
summary(x)
summary(y)
hist(x, main='Histogram basein.smooth za MT 37.311',xlab='basein.smooth',
ylab='Pogostost')
qqd=qqnorm(x,main='Normalni Q-Q graf basein.smooth za MT 37.311', xlab='Teoreticni
kvantili',ylab='basein.smooth')
qqline(x)
cor(qqd$x,qqd$y)
hist(y, main='Histogram basein brez MT 37.311',xlab='basein.smooth', ylab='Pogostost')
qqd=qqnorm(y,main='Normalni Q-Q graf basein brez MT 37.311', xlab='Teoreticni
kvantili',ylab='basein.smooth')
qqline(y)
cor(qqd$x,qqd$y)
t.test(x, y, alternative = c("two.sided"),mu = 0, paired = FALSE, var.equal = FALSE,
conf.level = 0.95)
#wilcox.test(x, y, alternative = c("two.sided"),mu = 0,paired = FALSE,exact =
NULL,correct = TRUE,conf.int = TRUE,conf.level = 0.95)
boxplot(x,y, notch=TRUE)

dev.off()
```


PRILOGA E

Grafični prikazi določanja normalnosti porazdelitve spremenljivk

V Prilogi E so zbrani vsi grafični prikazi, ki so bili uporabljeni pri opisni statistiki za določanje normalnosti porazdelitve spremenljivk.

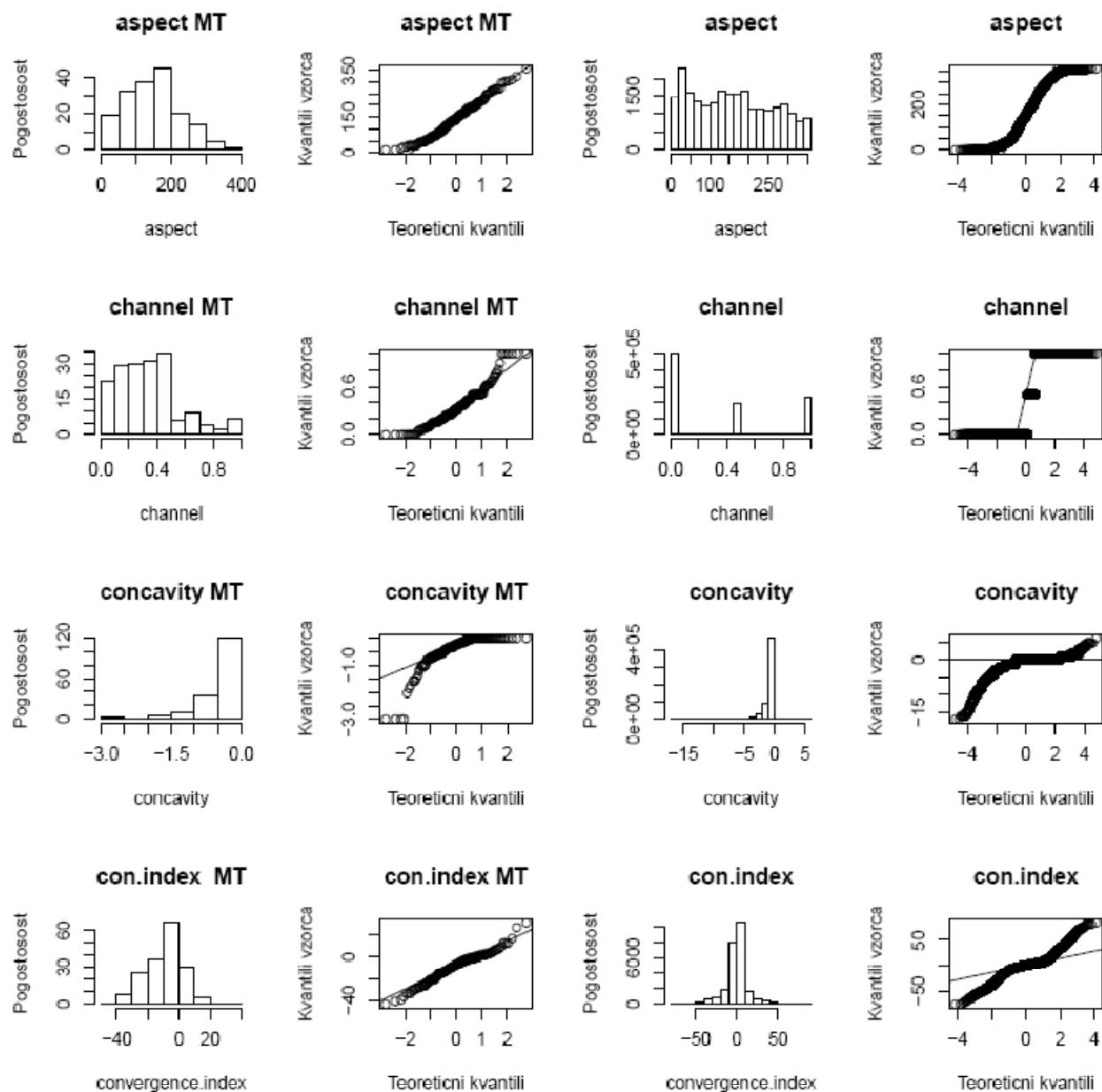
Spremenljivke so v Prilogi E in F drugače poimenovane, kot v diplomskem delu. Imena so okrajšava angleških imen, spodaj so še enkrat predstavljena:

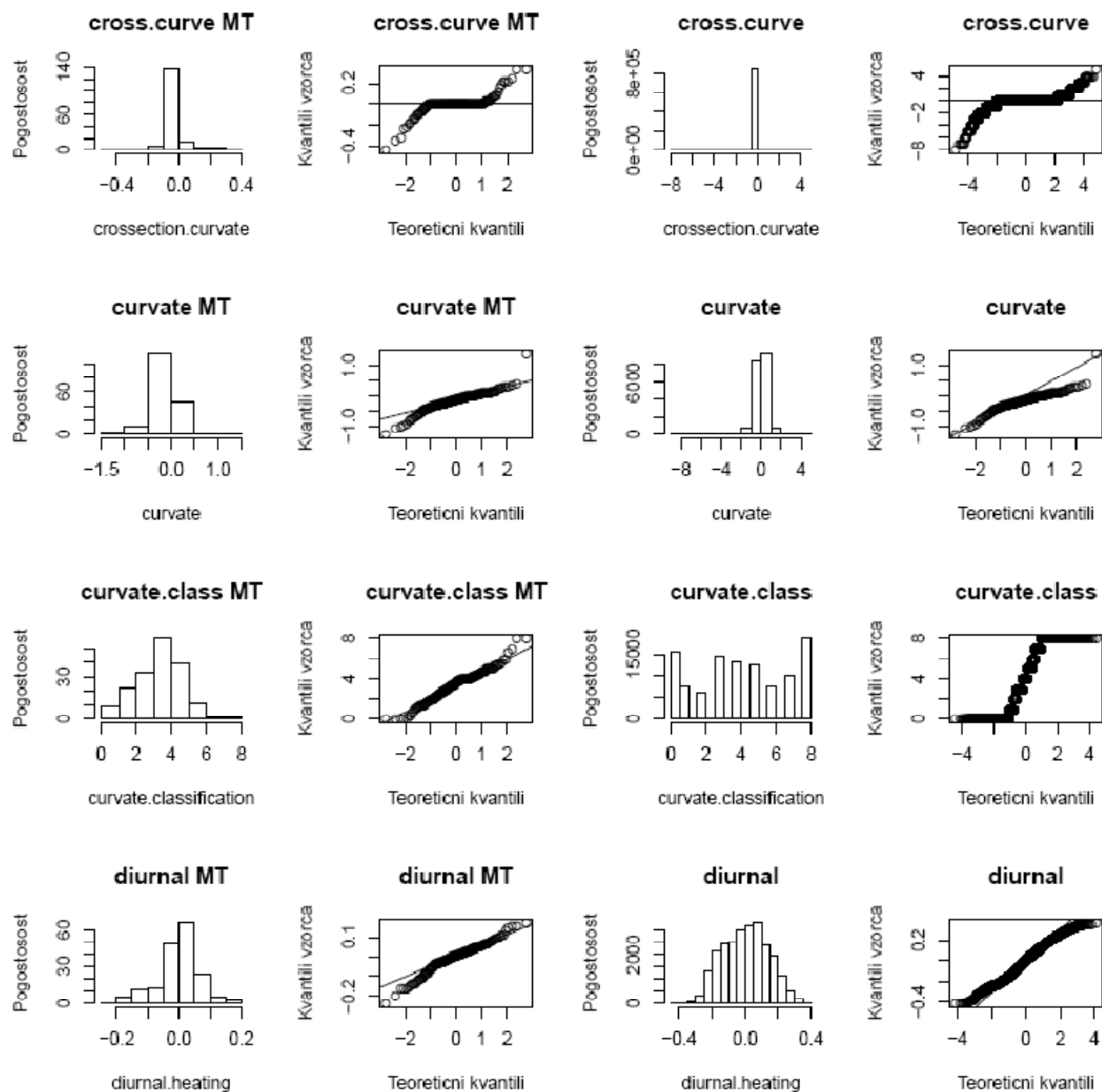
Ekspozicija	Aspect
Mreža vodotokov	Channel
Konvergenčni indeks	Con.index
Prečni presek površja	Cross.curve
Klasificirana ukrivljenost reliefa	Curvate.class
Ukrivljenost reliefa	Curvate
Dnevno anizotropno ogrevanje	Diurnal
Nadmorska višina	Dmv
Relativni relief	R.dmv
Značilne točke površja	Feature.ex
Gradient	Gradient
Longitudinalna ukrivljenost reliefa	Long.curve
Indeks masne bilance	Mass
MRRTF	MRRTF
MRCBF	MRCBF
Prečna ukrivljenost reliefa	Plane.curve
Podolžna ukrivljenost reliefa	Profile.curve
Značilne točke terena	Specific.point
Kvazi naklon	Kao.slope
Globina dolin	Valley
Porečje	Basein
Porečje Saga	Catch.area
Naklon porečja	Catch.slope
Mreža vodotokov Saga	Channel.network
Drop	Drop

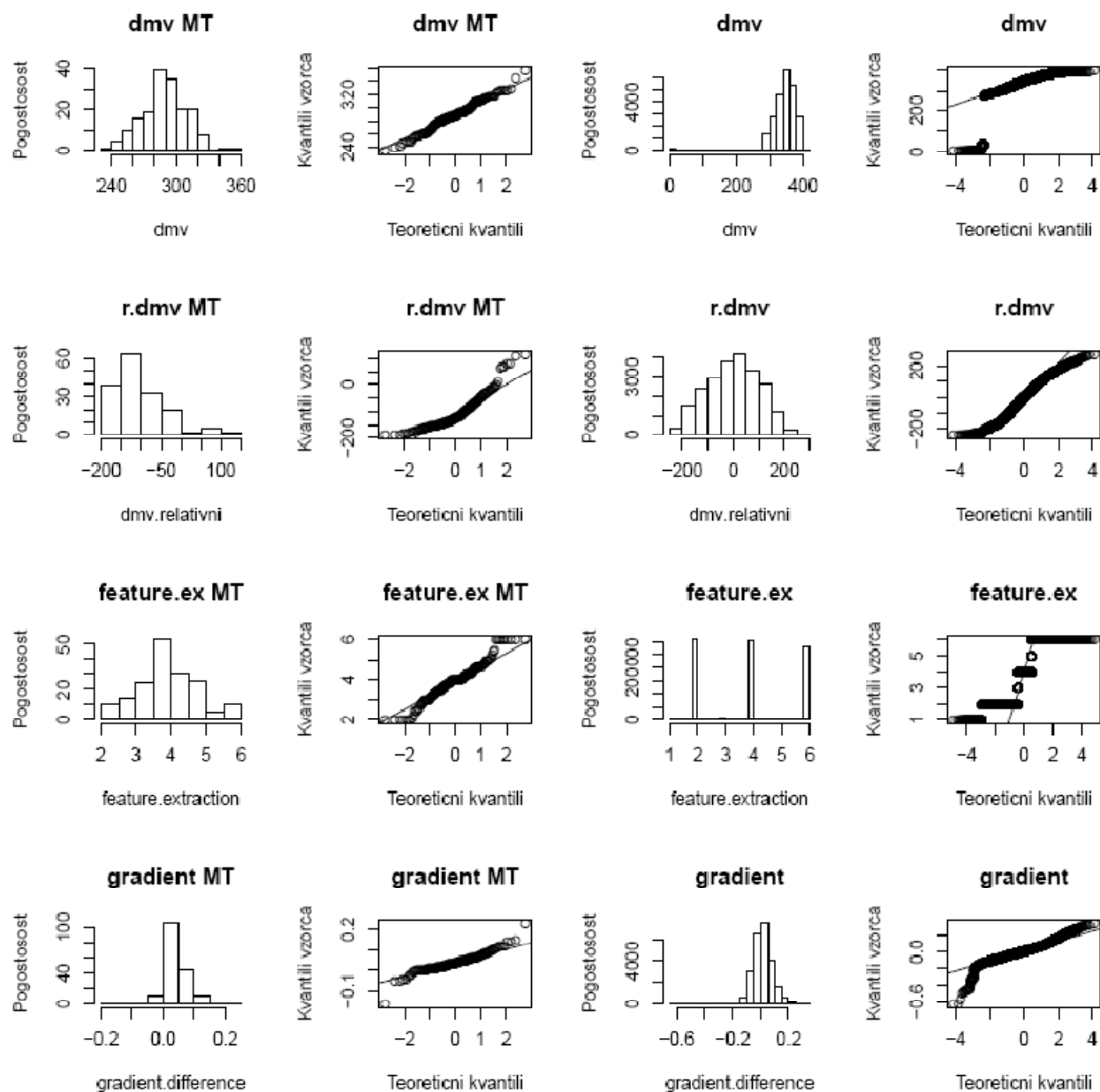
Funkcija polnjenja	Fill
Povezanost tokov	Flow.con
Smer toka	Flow.dir
Smer toka Saga	Flov.dir.saga
Smer toka – glajeno	Flow.dir.smooth
Dolžina rečnega toka	Flow.path
Horizontalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Horizontal
Topografski indeks vlažnosti	Topo.wet
Vertikalna razdalja med površinskim odtokom in rečno strugo	Vertical
Indeks vlažnosti	Wet.indeks
Razdalja površinskega odtoka do rečne struge	Overland
Akumulacija toka	Flow.accunulation
Moč toka	Stream.power

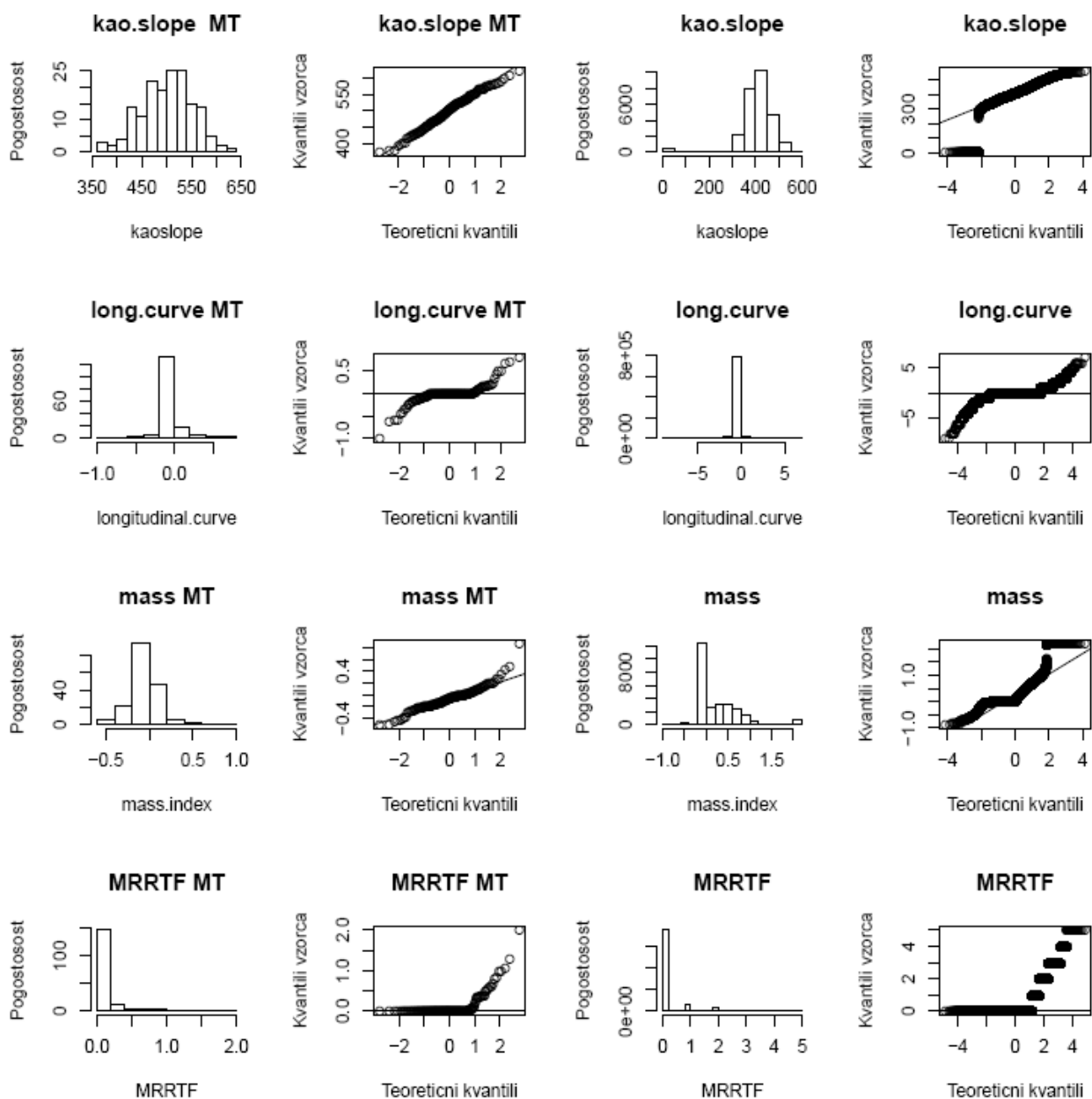
Vsaka spremenljivka je predstavljena s štirimi grafi: 2 x histogram in 2 x Q-Q diagram. Prvi sklop *spremenljivka MT* prikazuje rezultate na območju mokrotnih travnikov, drugi sklop *spremenljivka* pa prikazuje rezultate na celotnem območju brez mokrotnih travnikov.

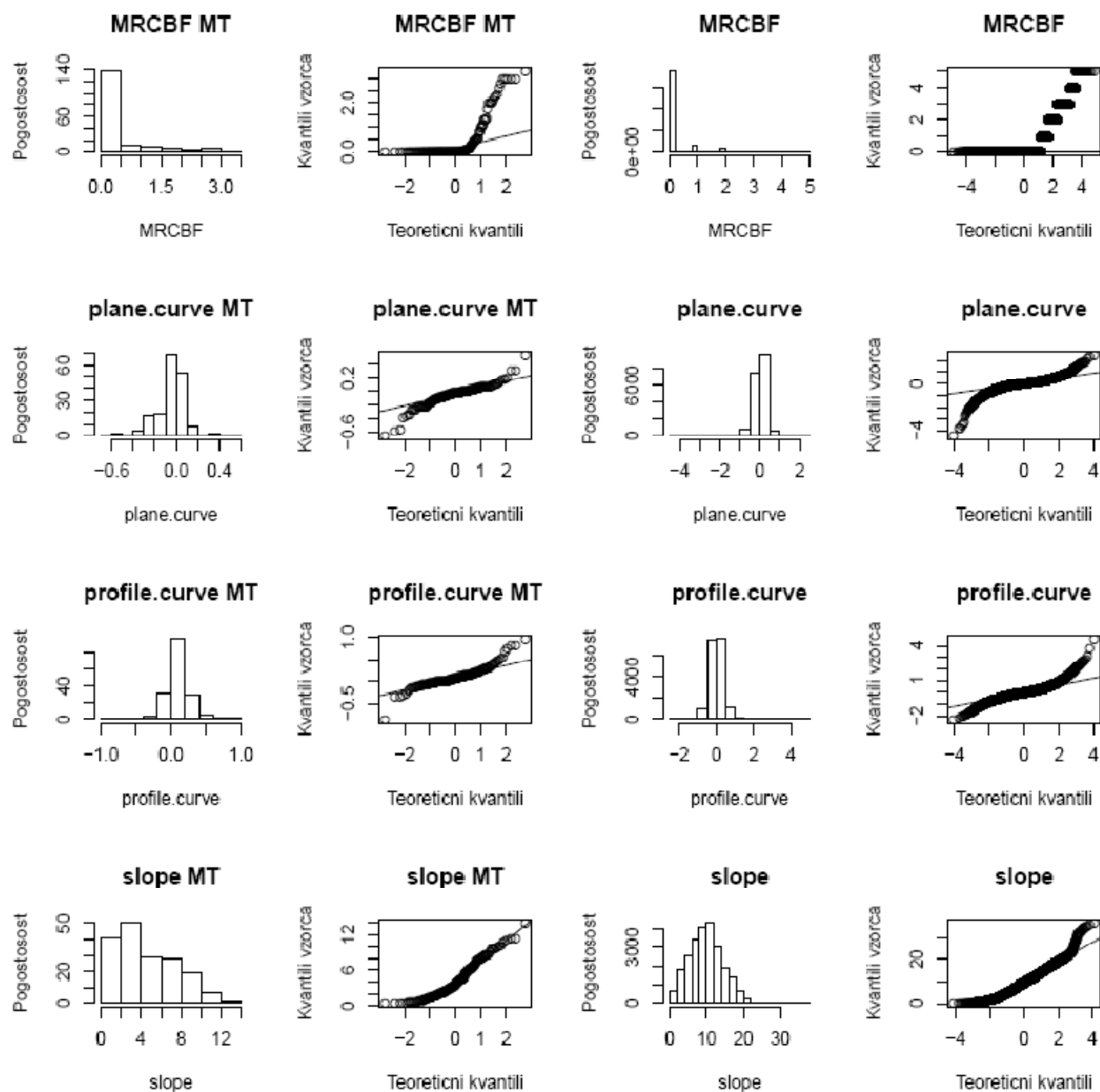
Spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 brez vzorčenja

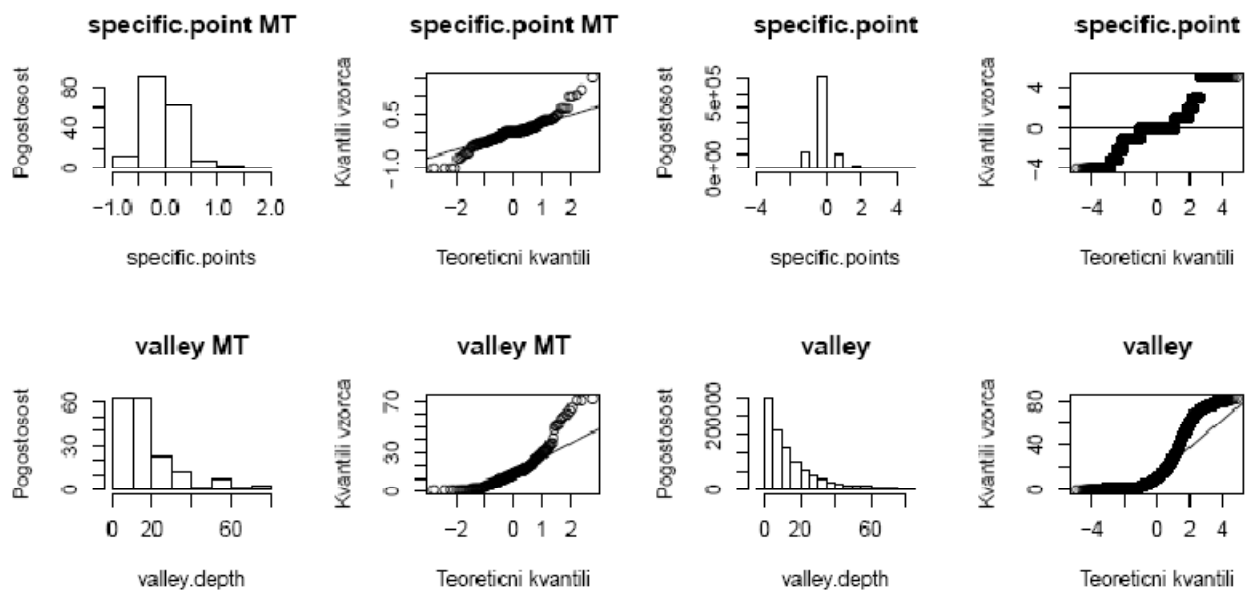


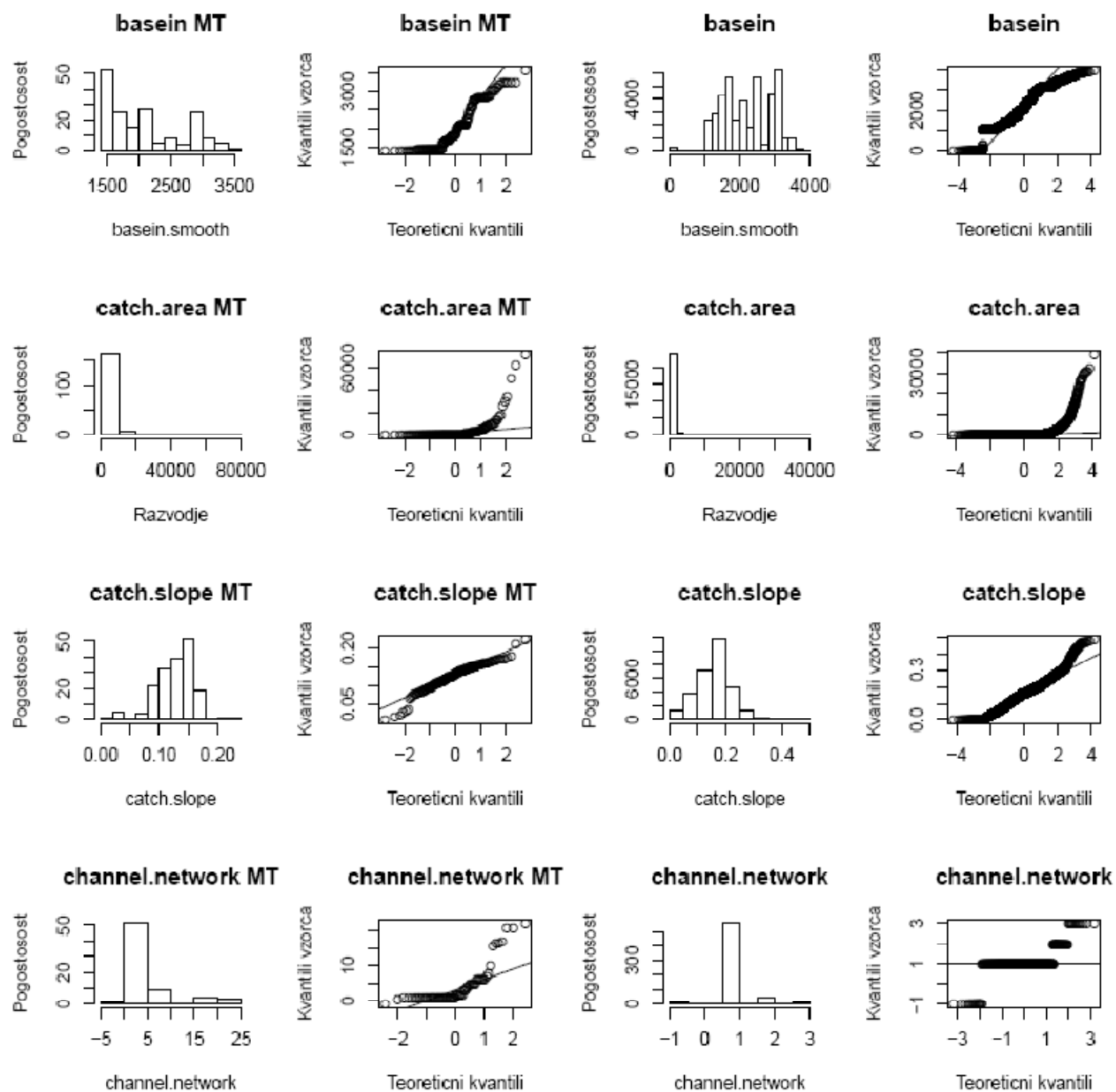


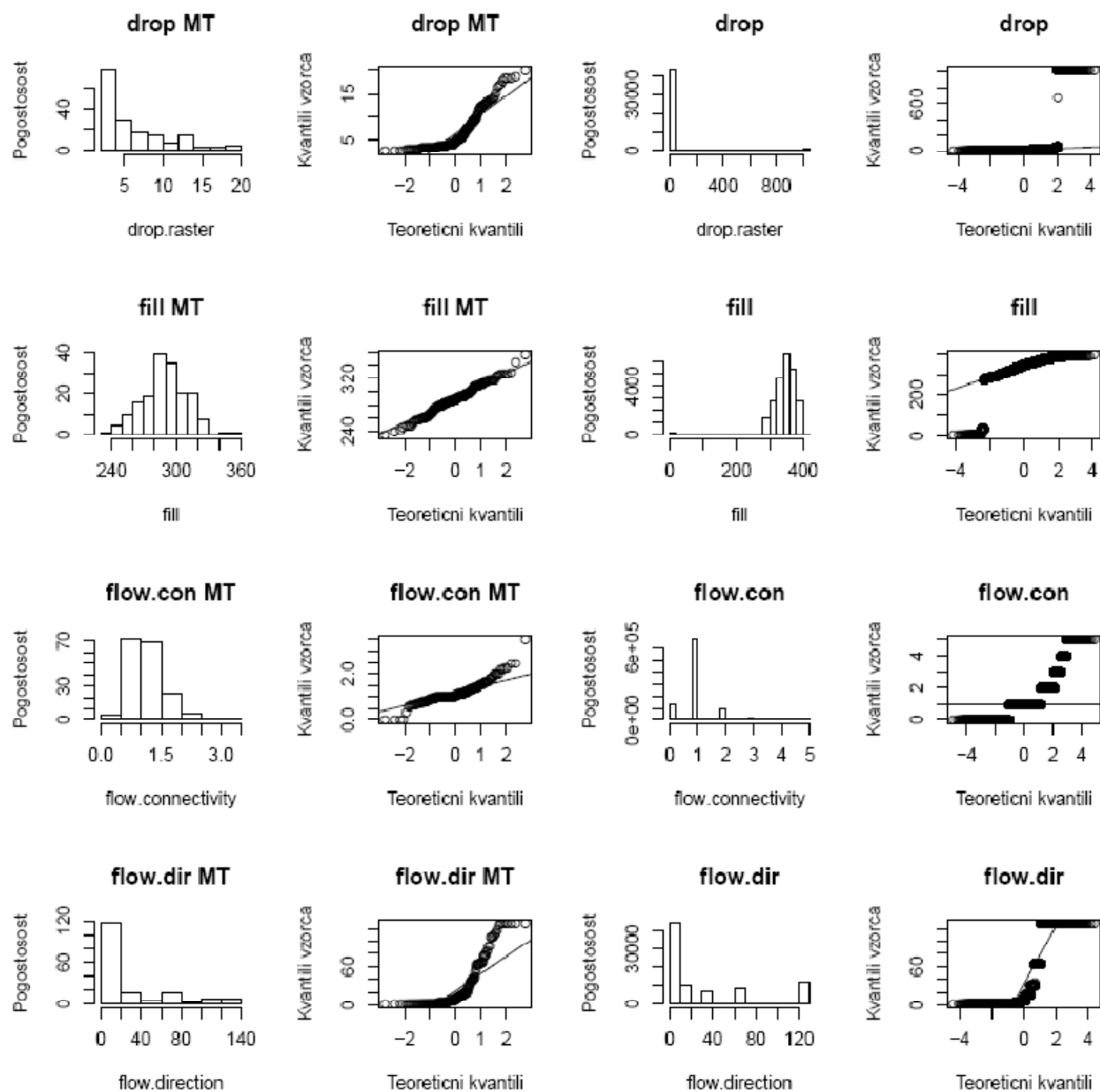


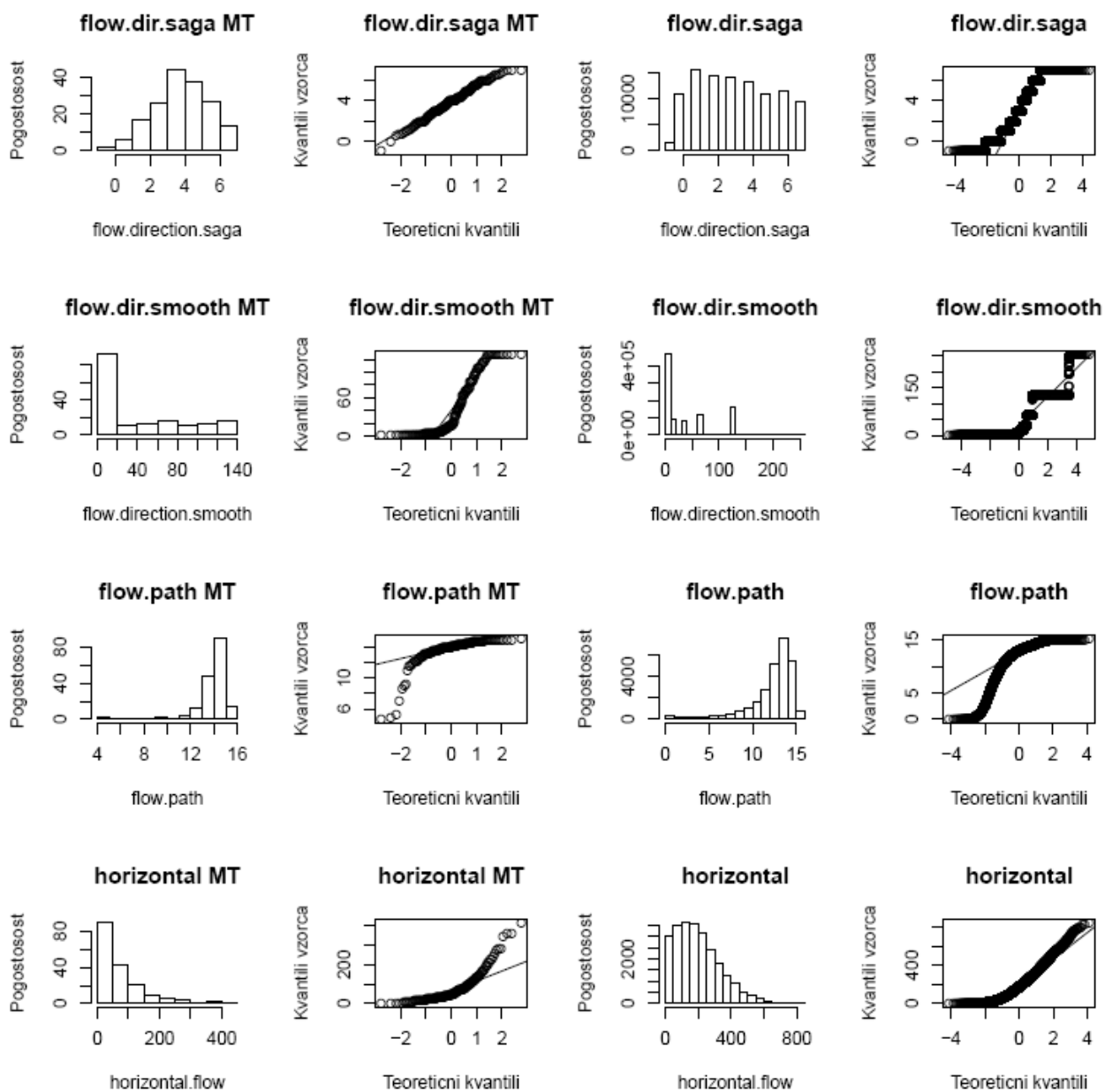


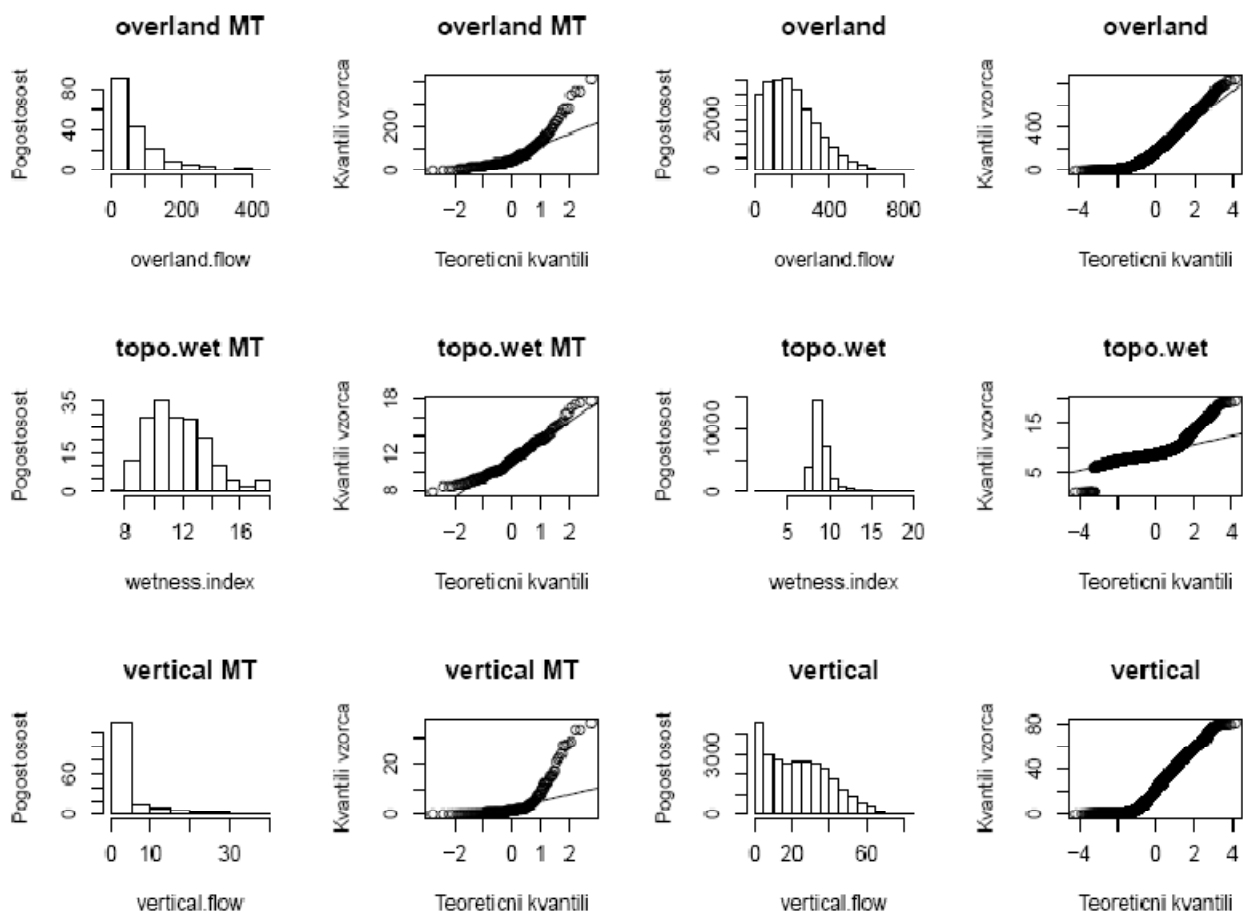




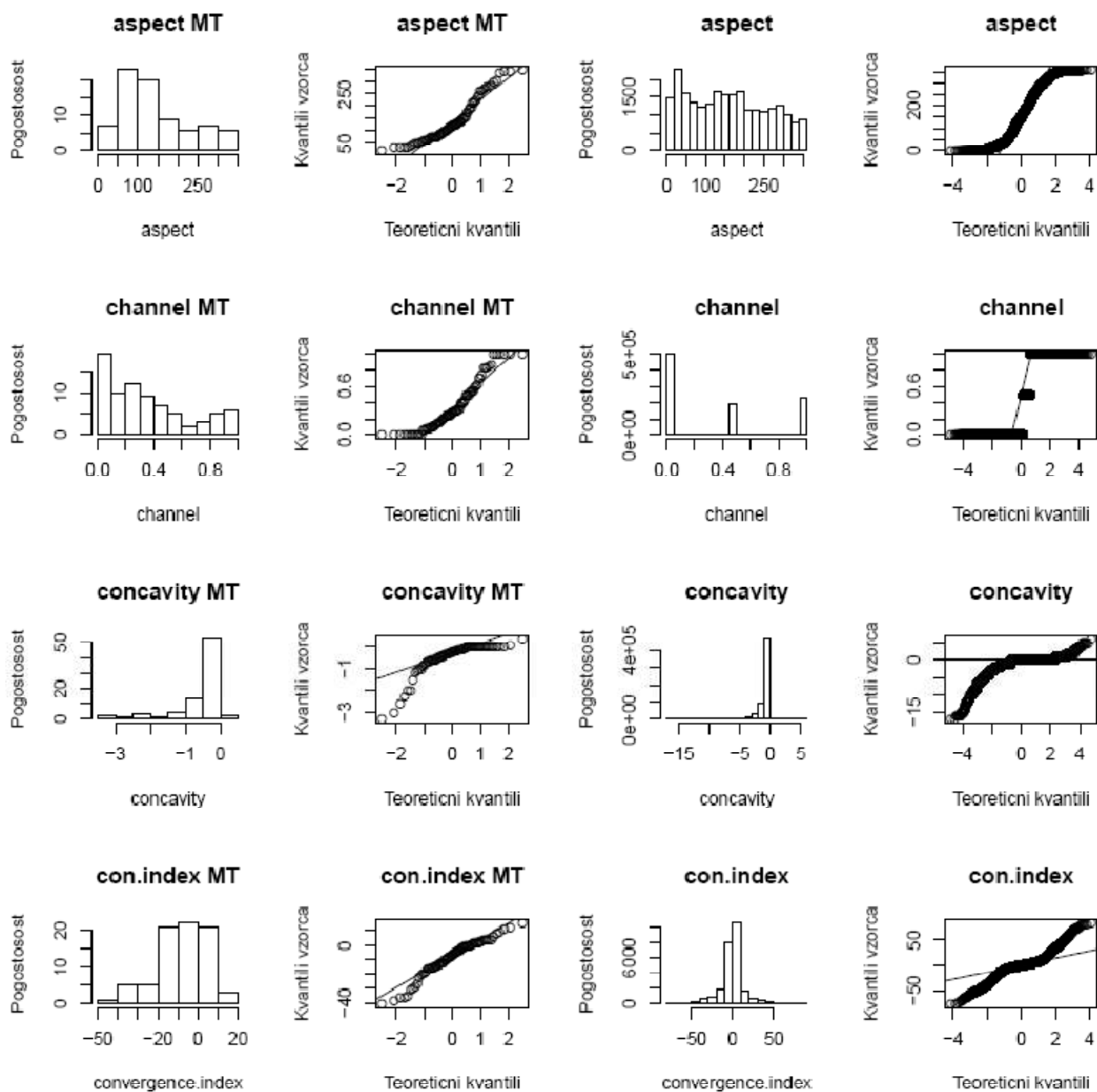


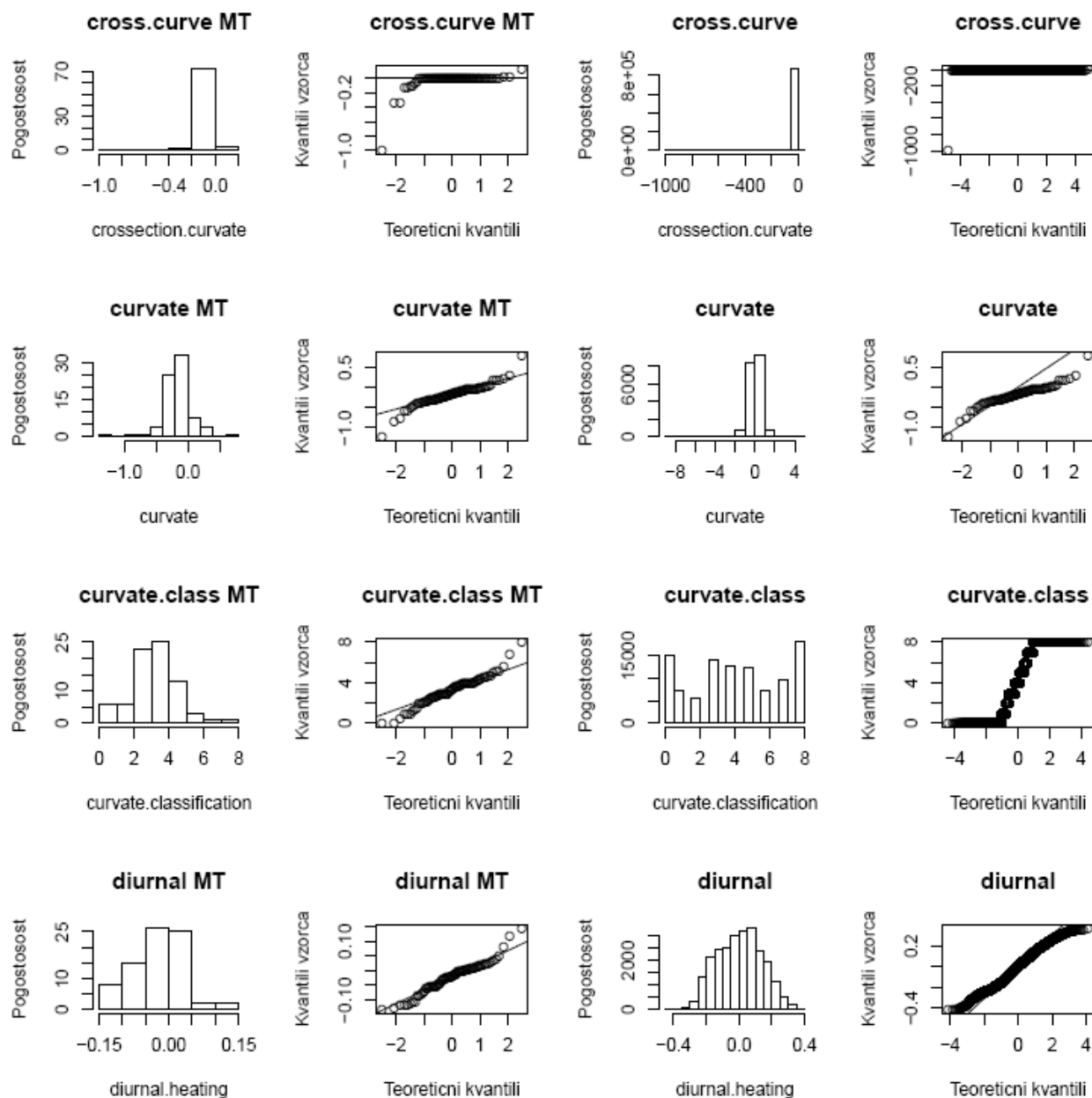


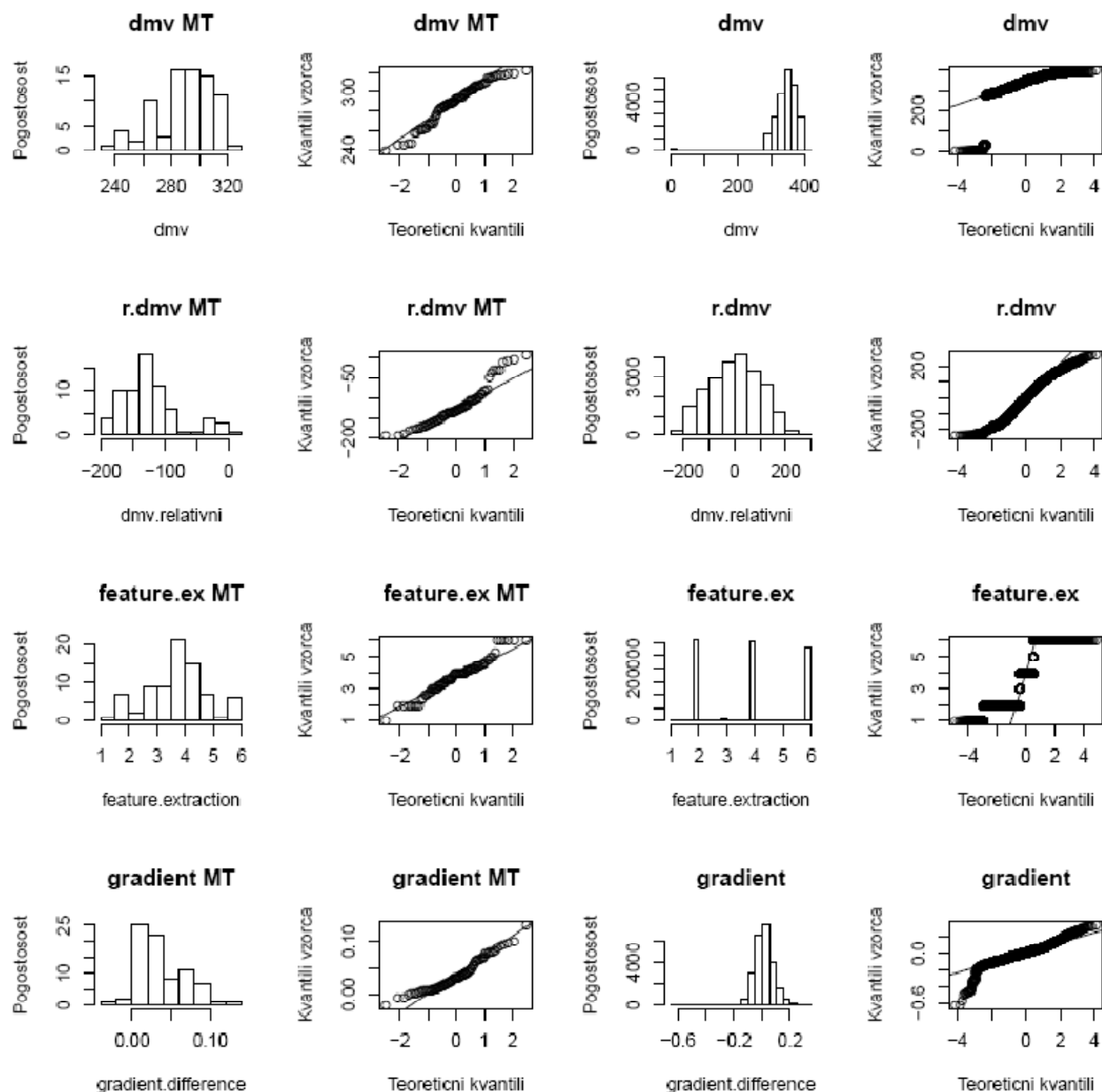


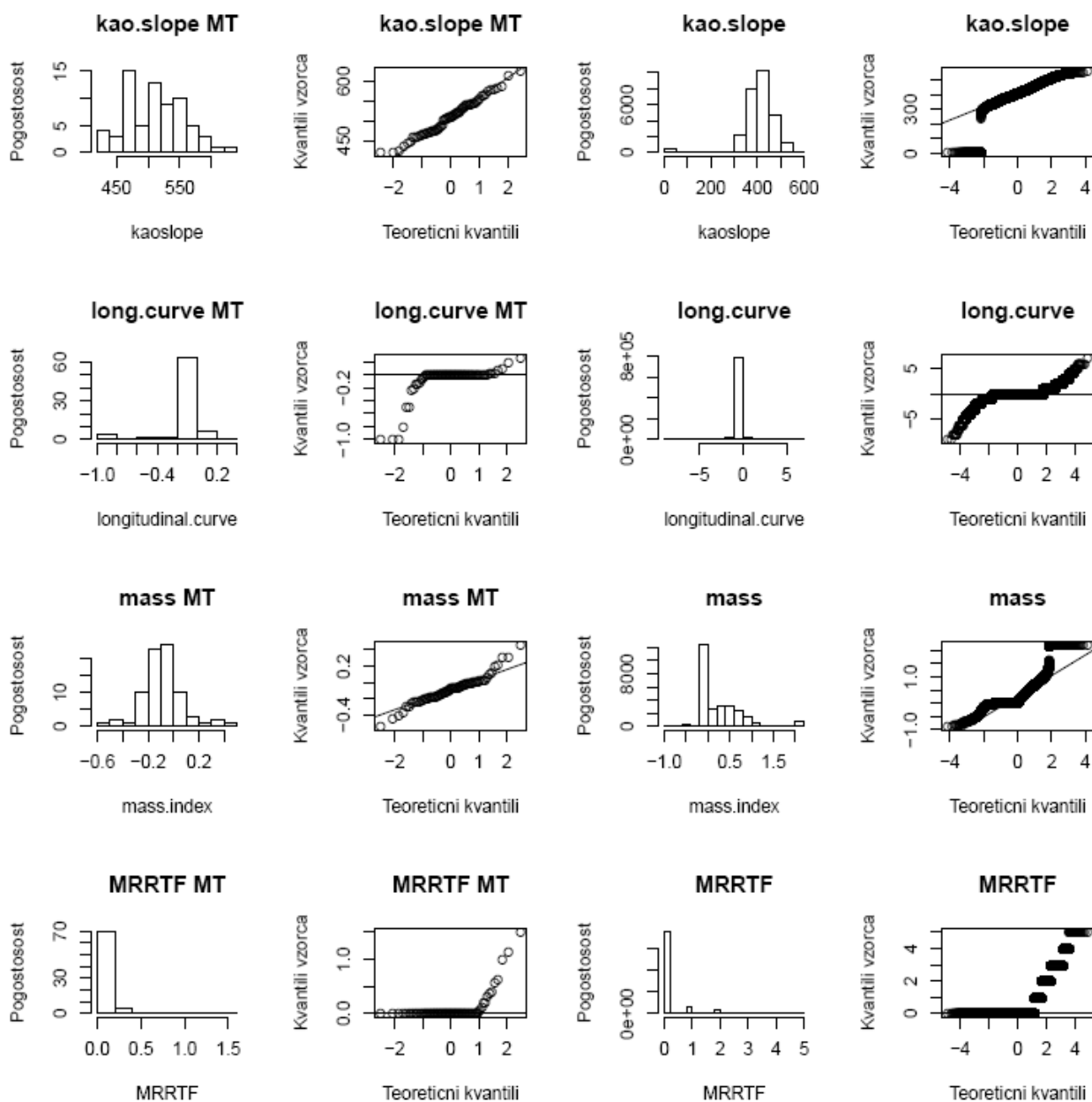


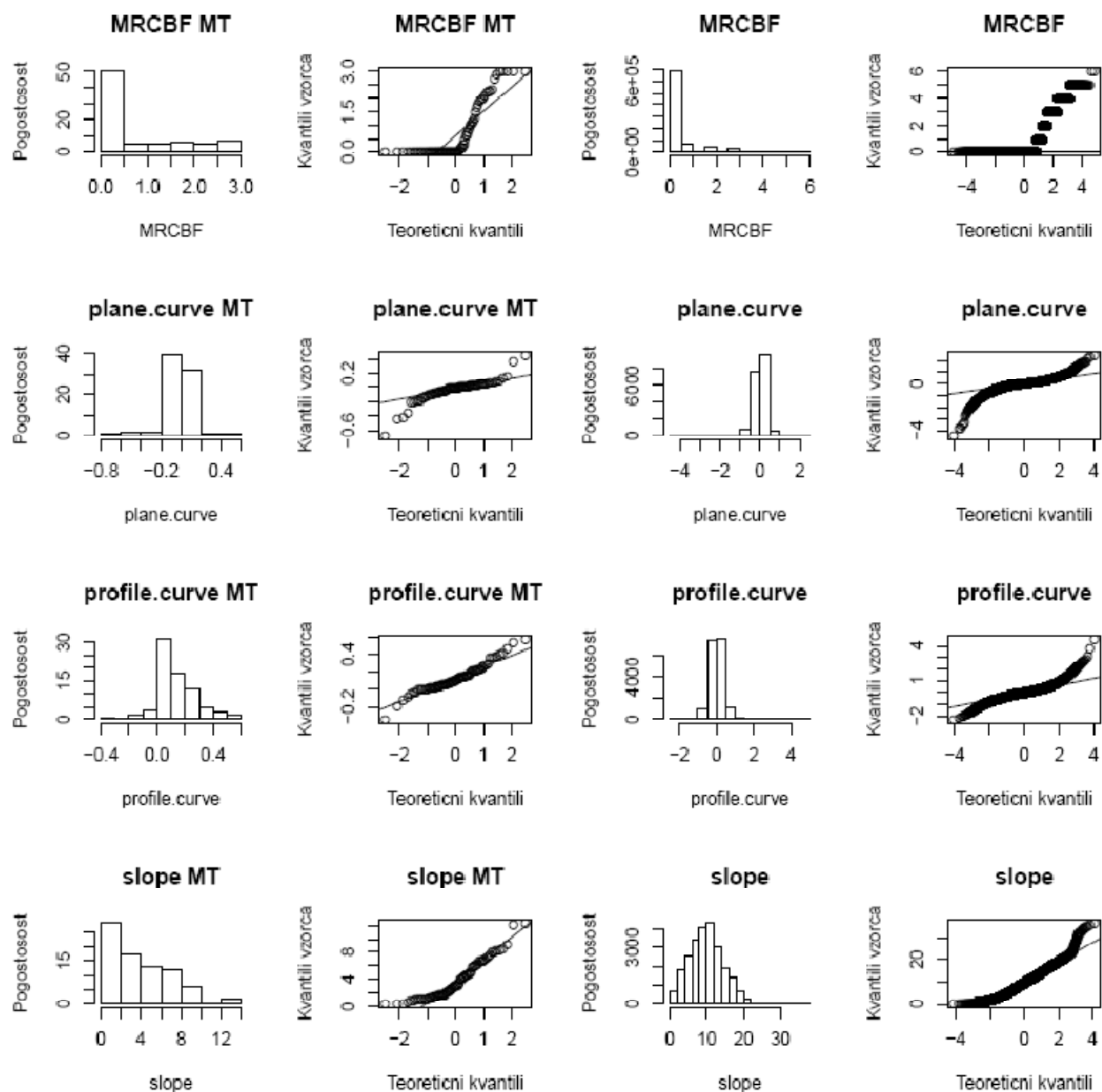
Spremenljivke za mokrotne travnike 37.313 brez vzorčenja

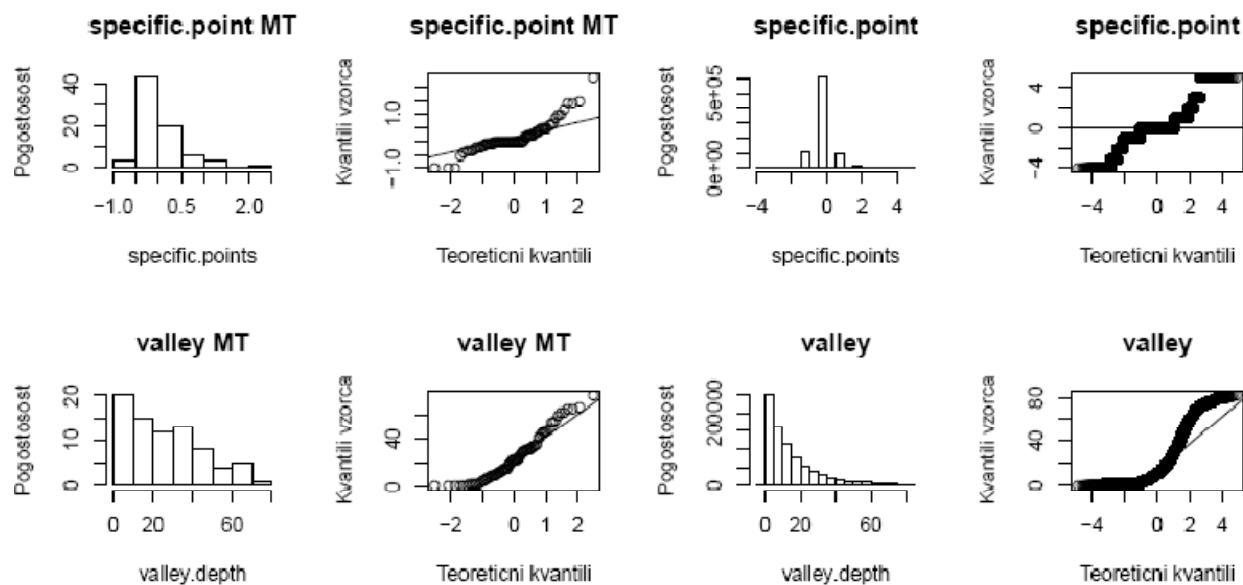


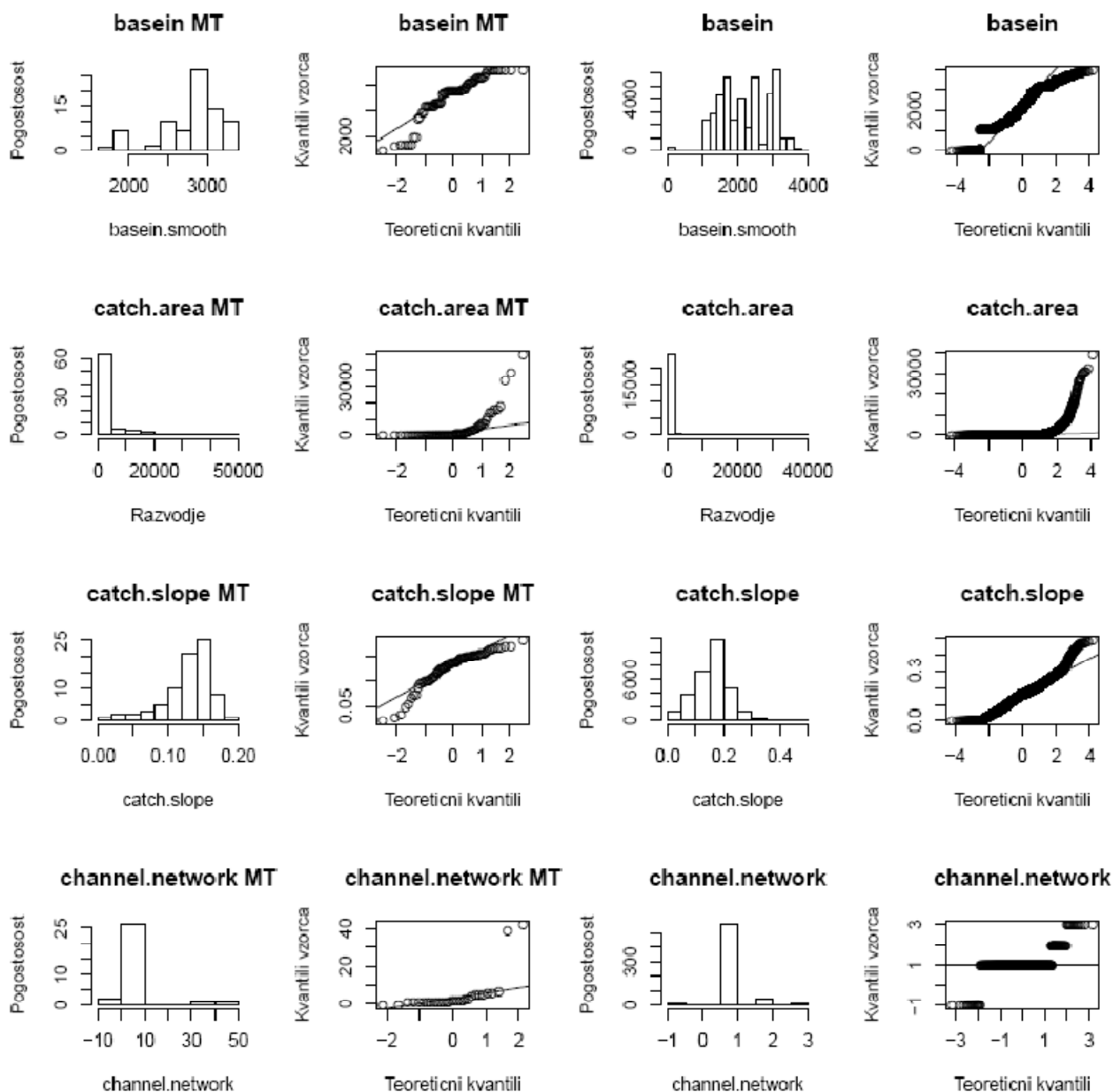


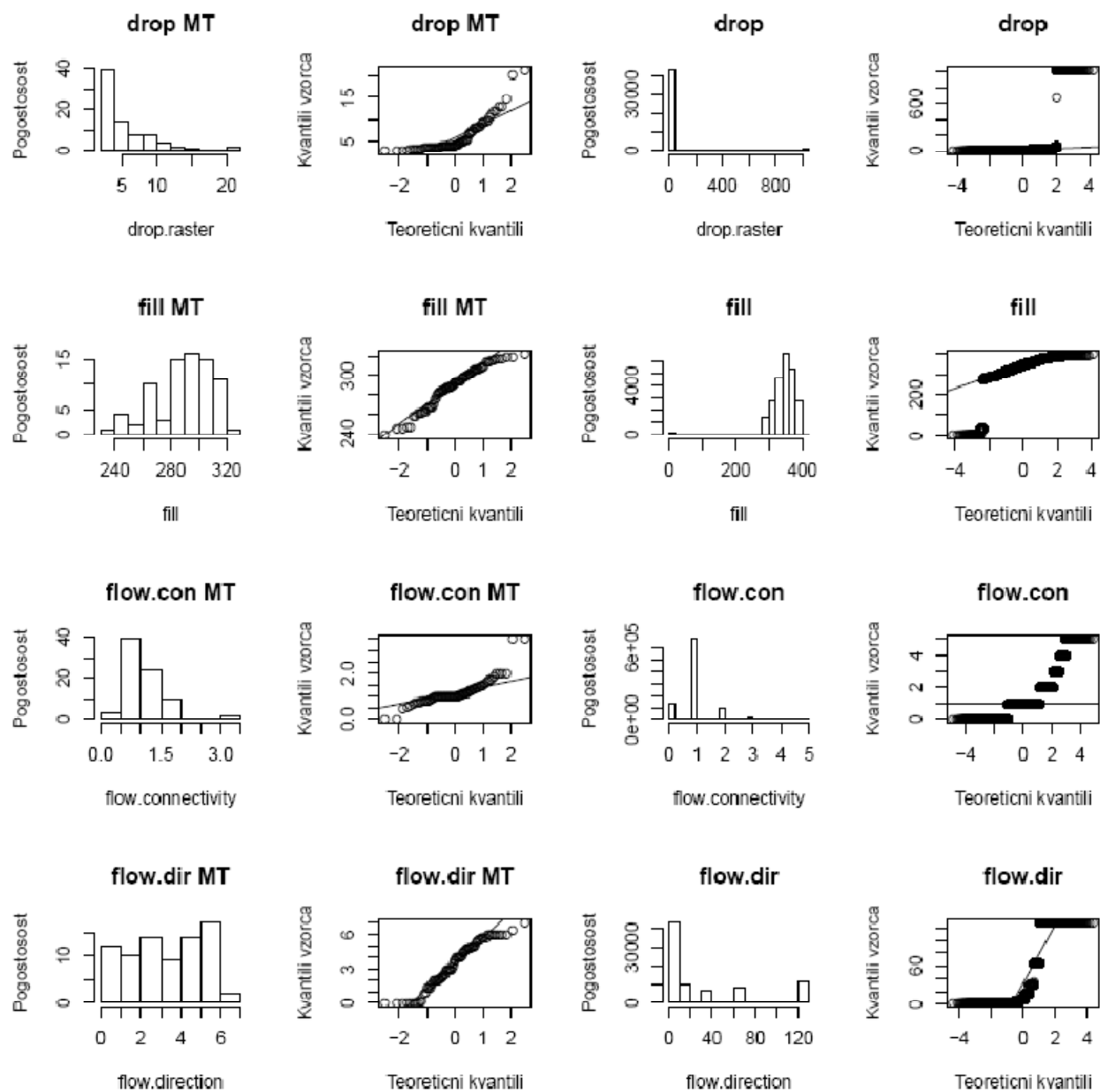


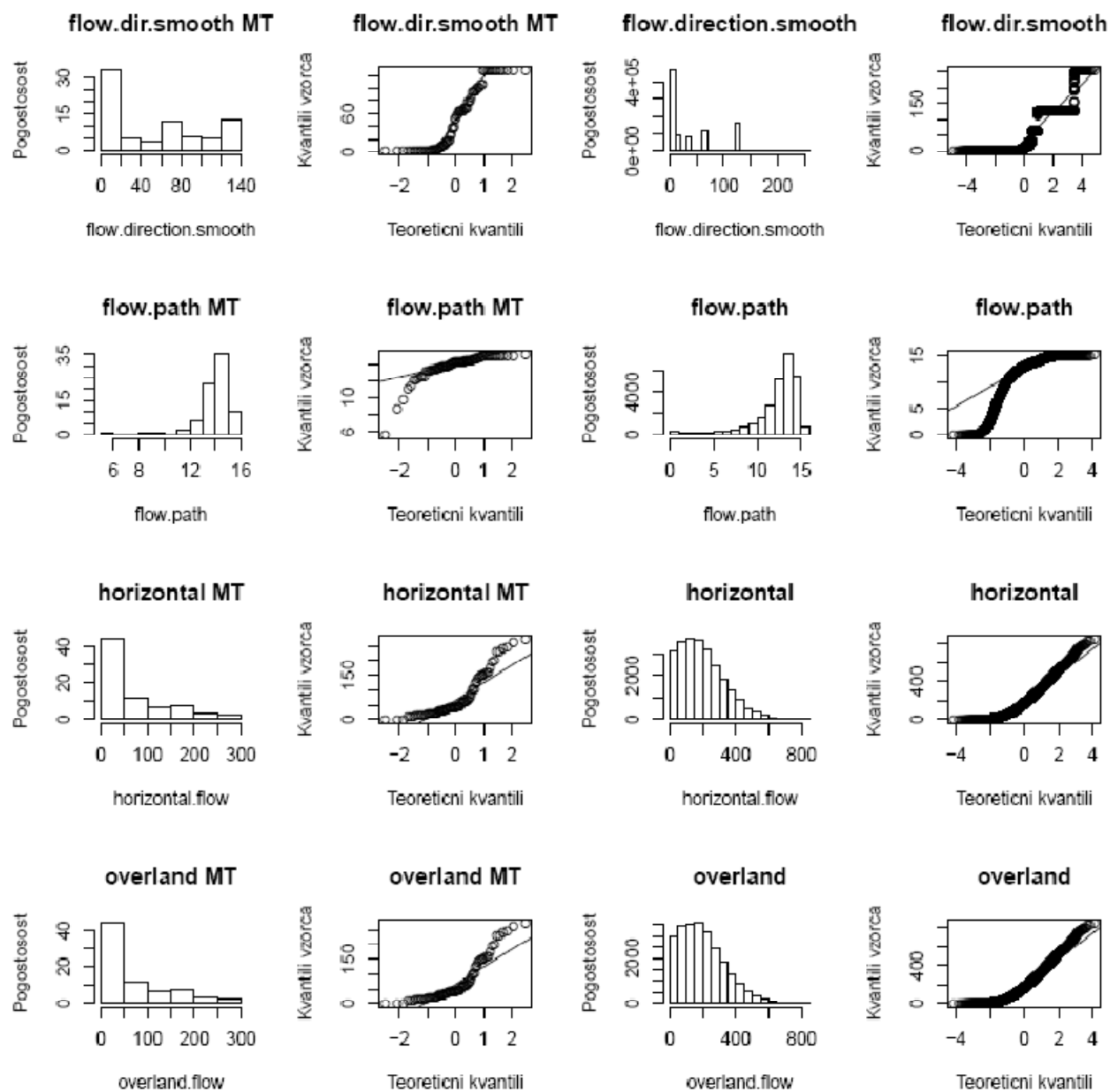


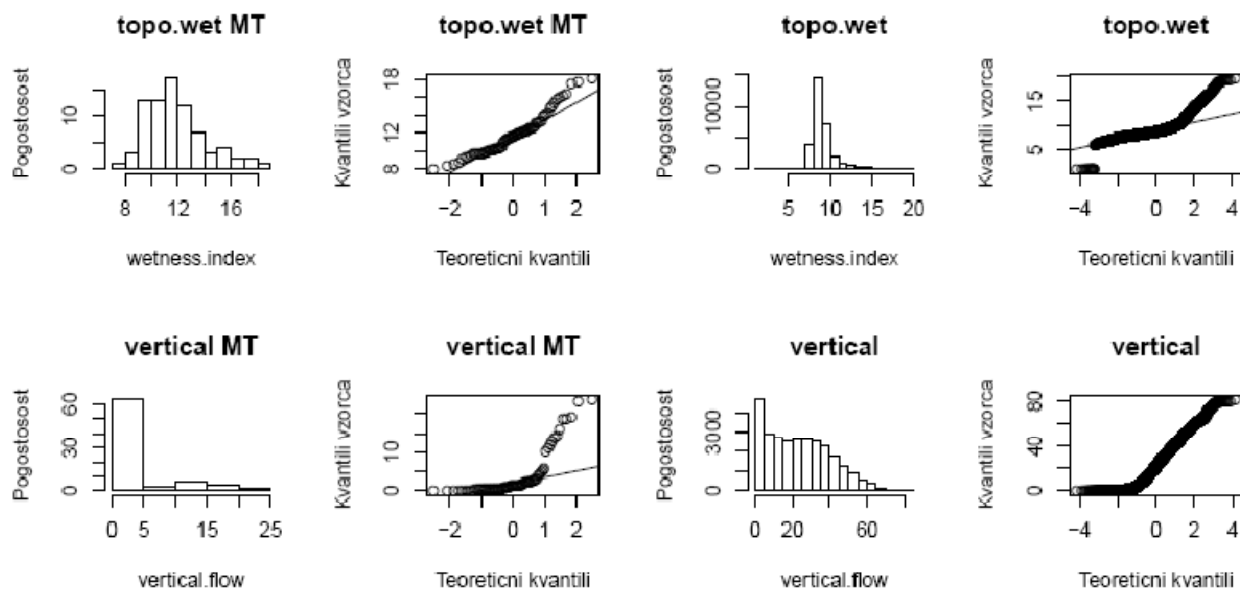




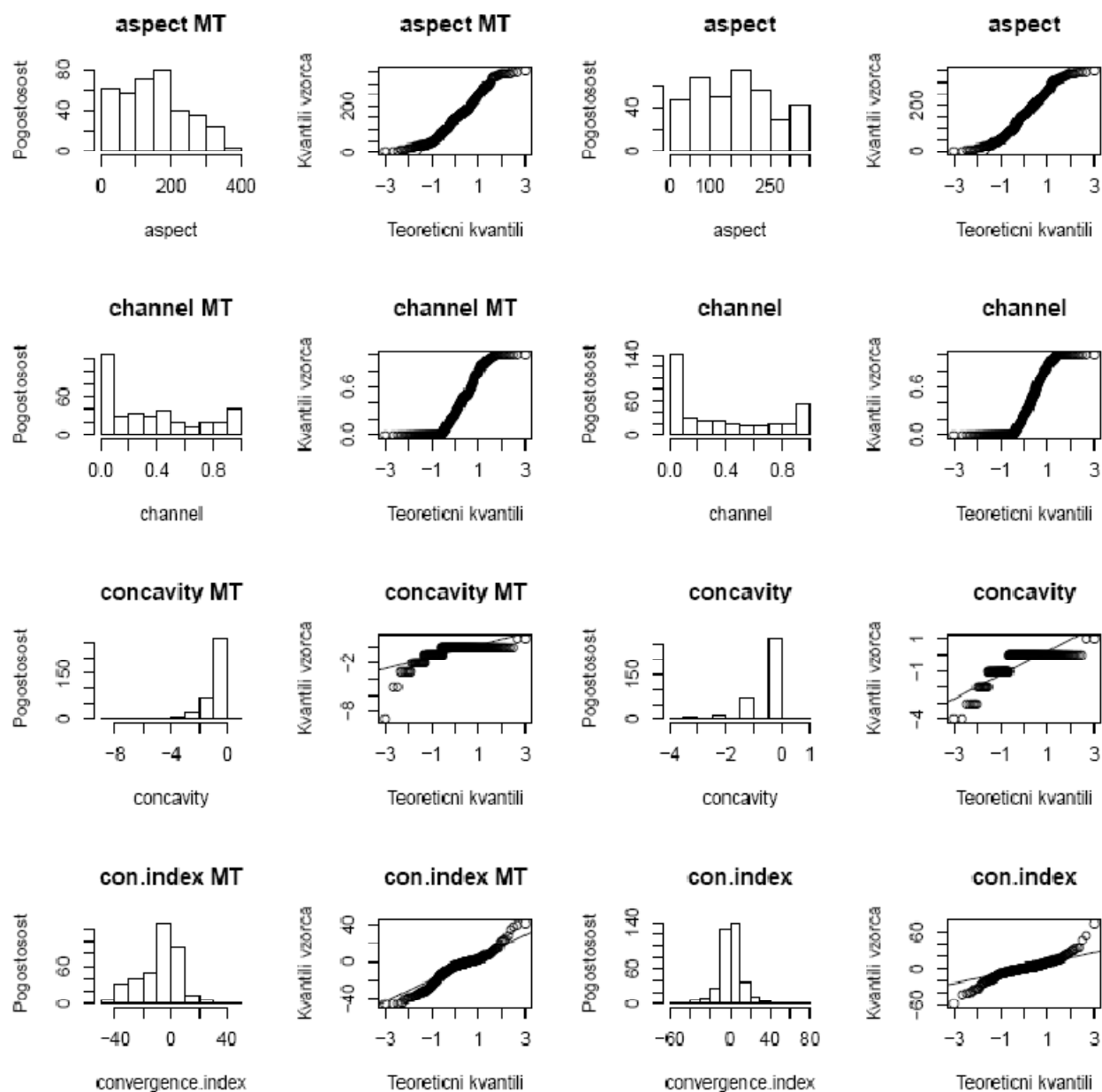


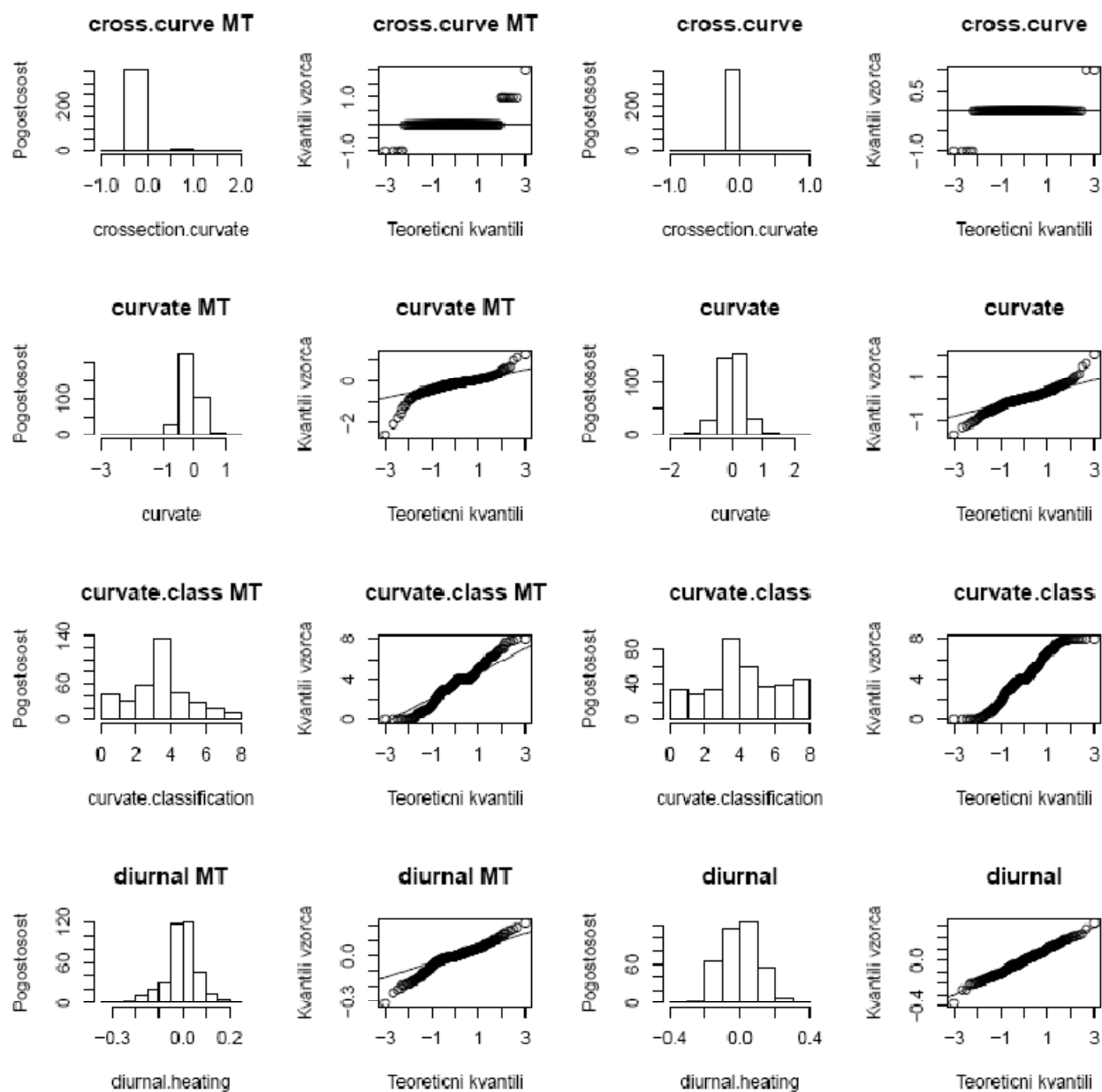


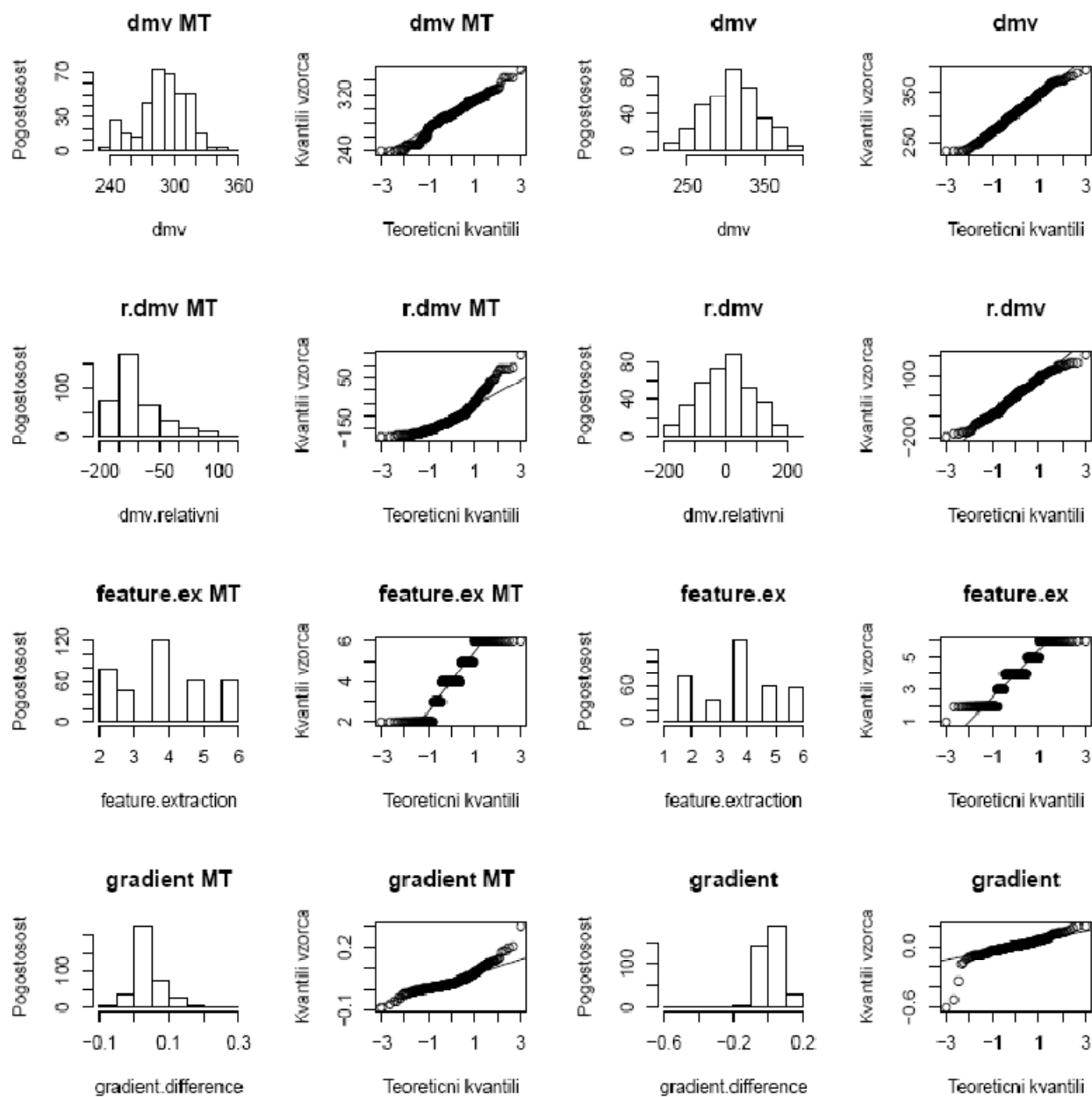


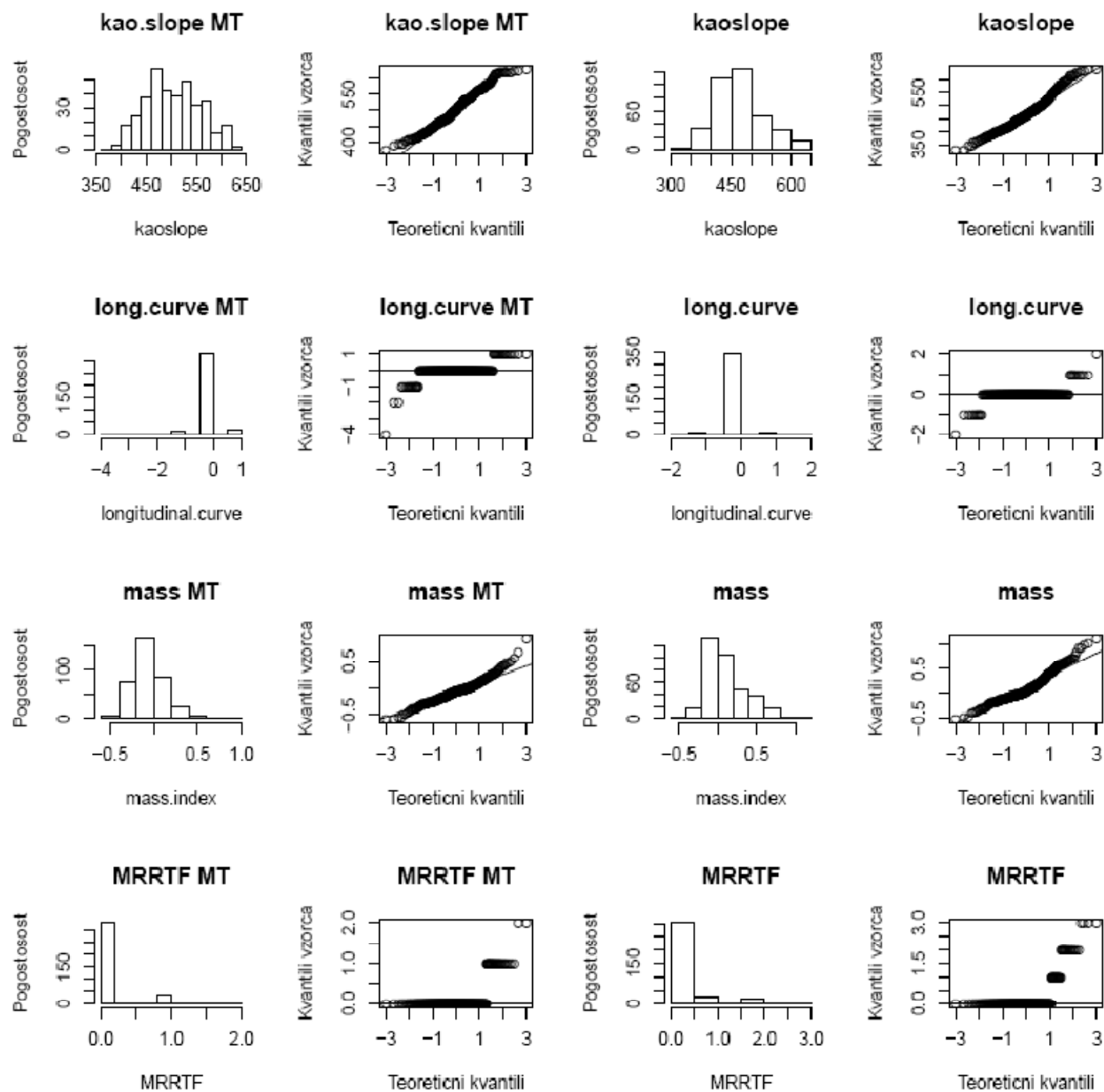


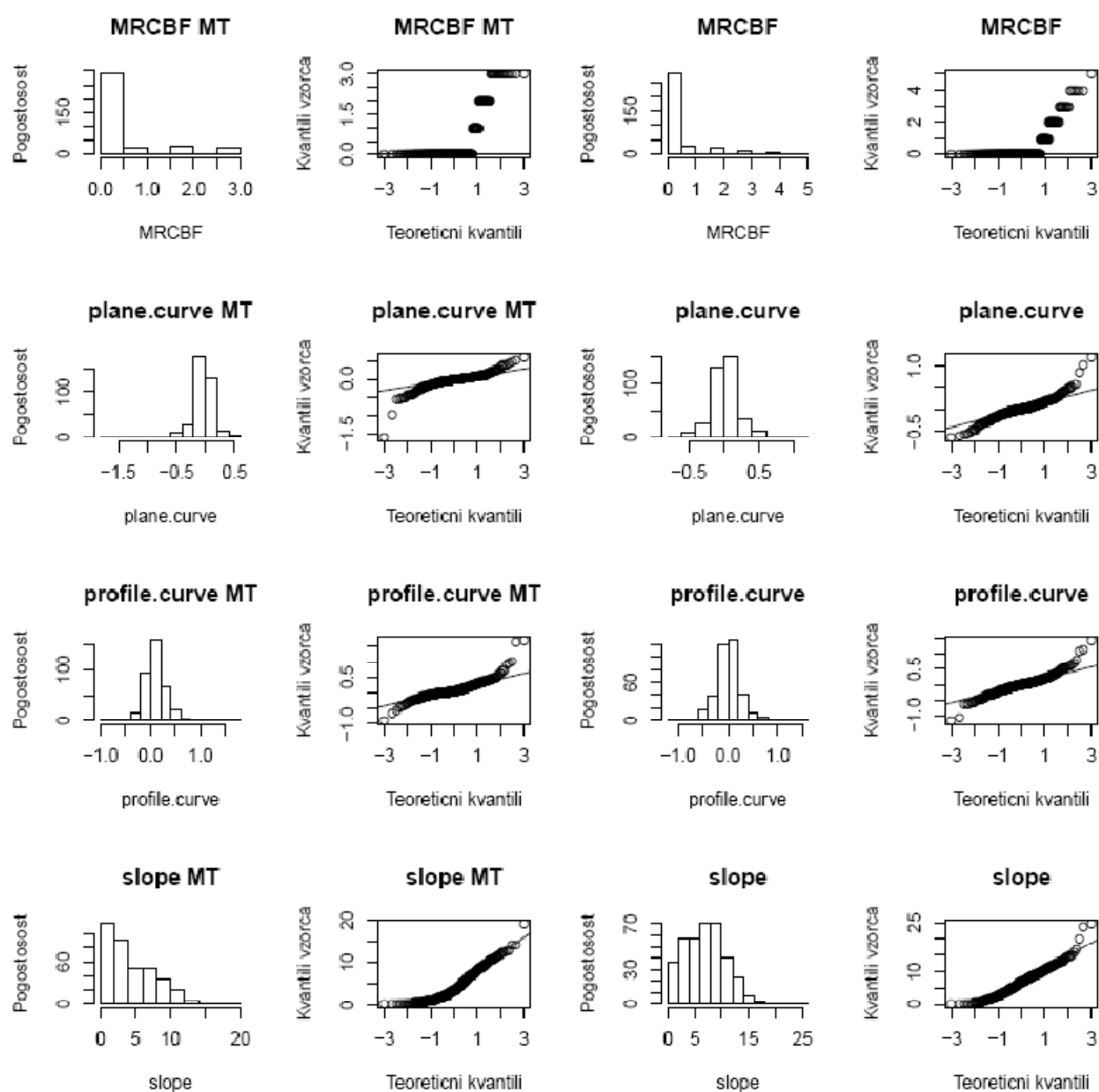
Spremenljivke za mokrotne travnike 37.311 – vzorčenje

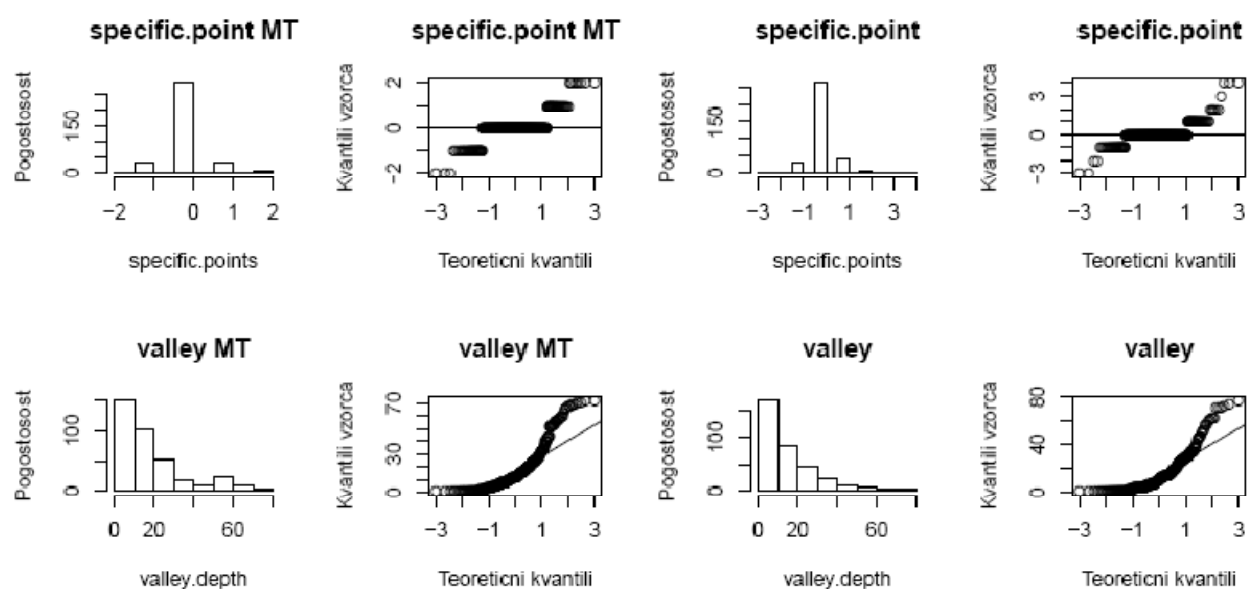


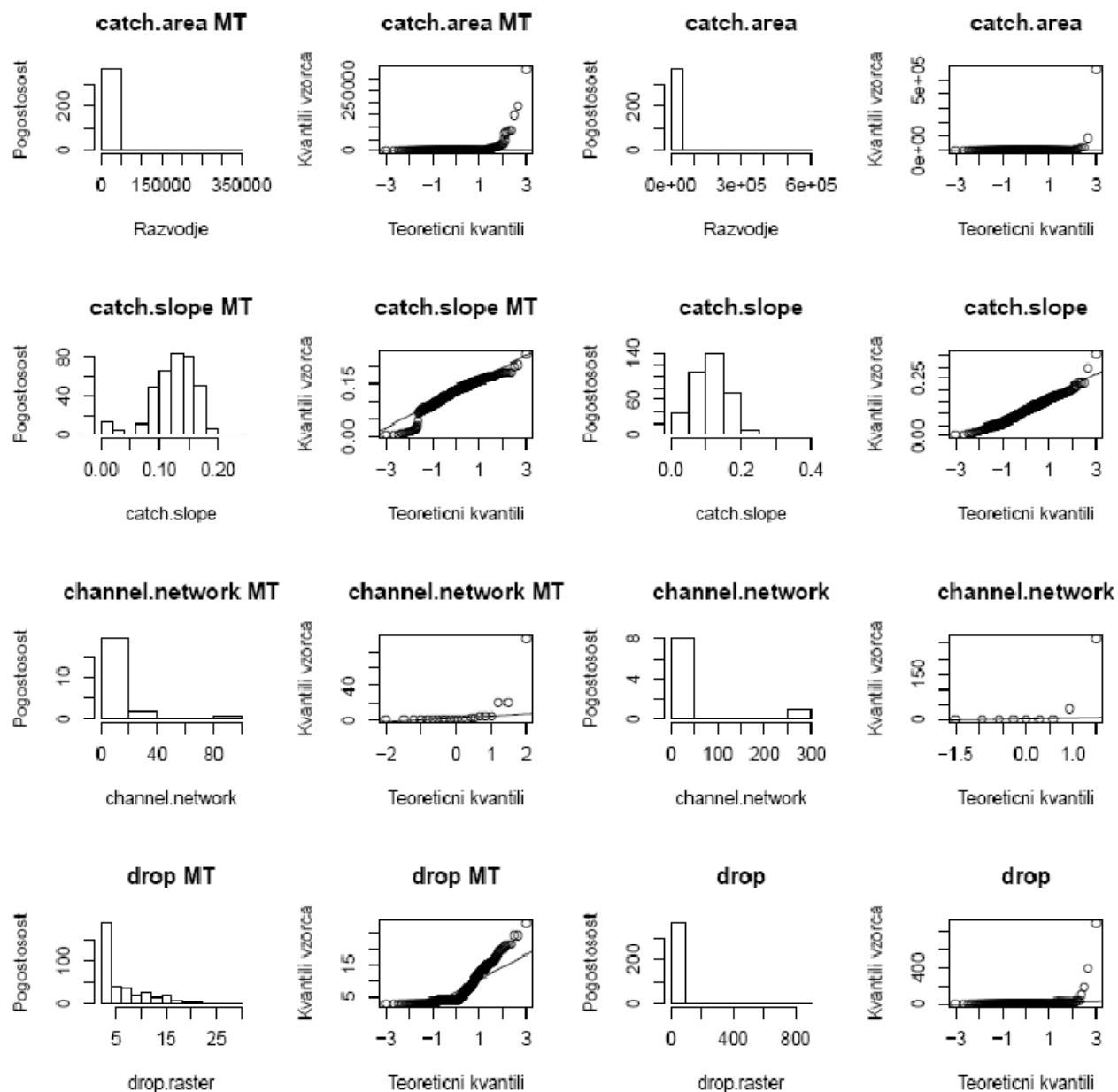


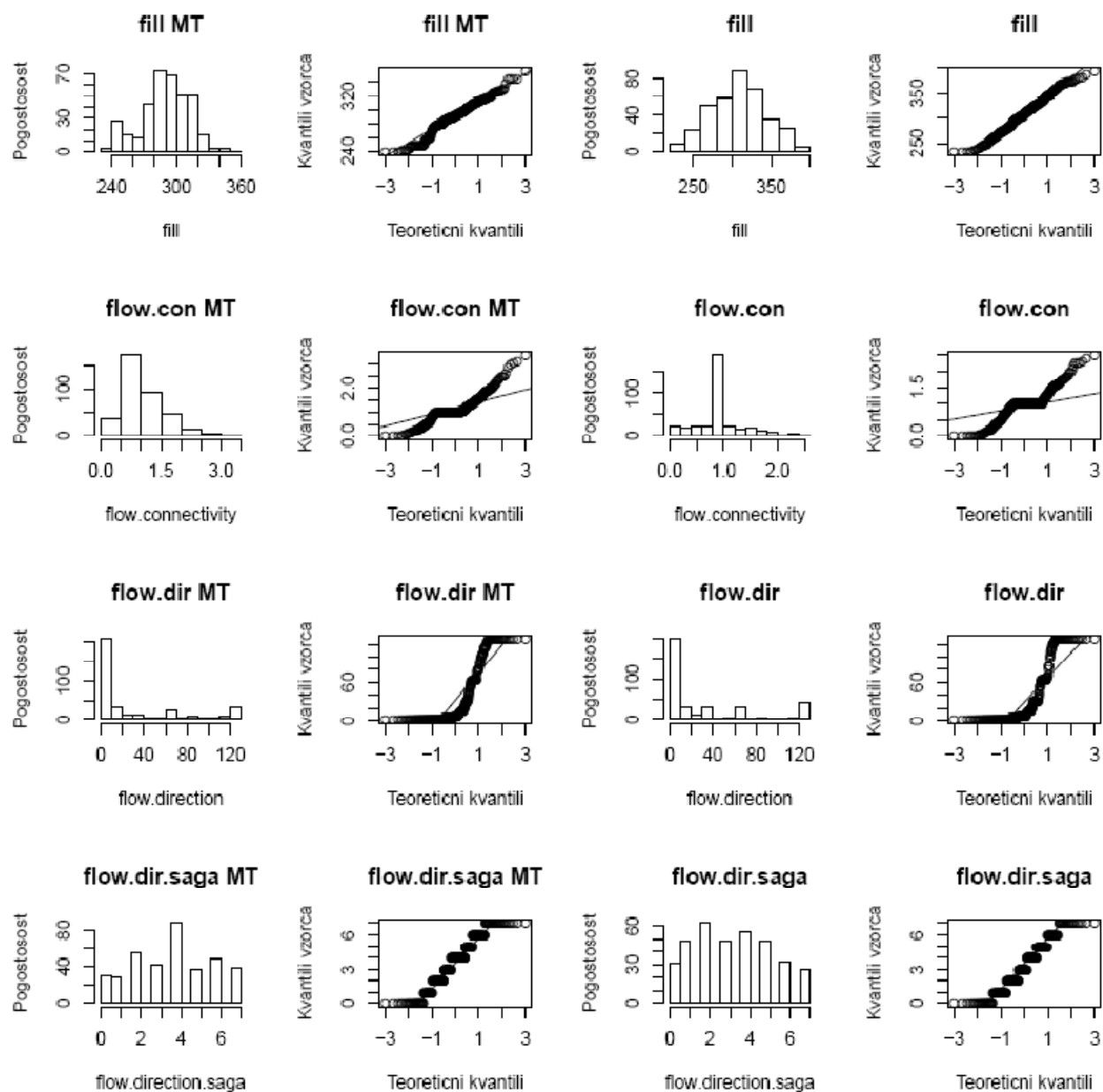


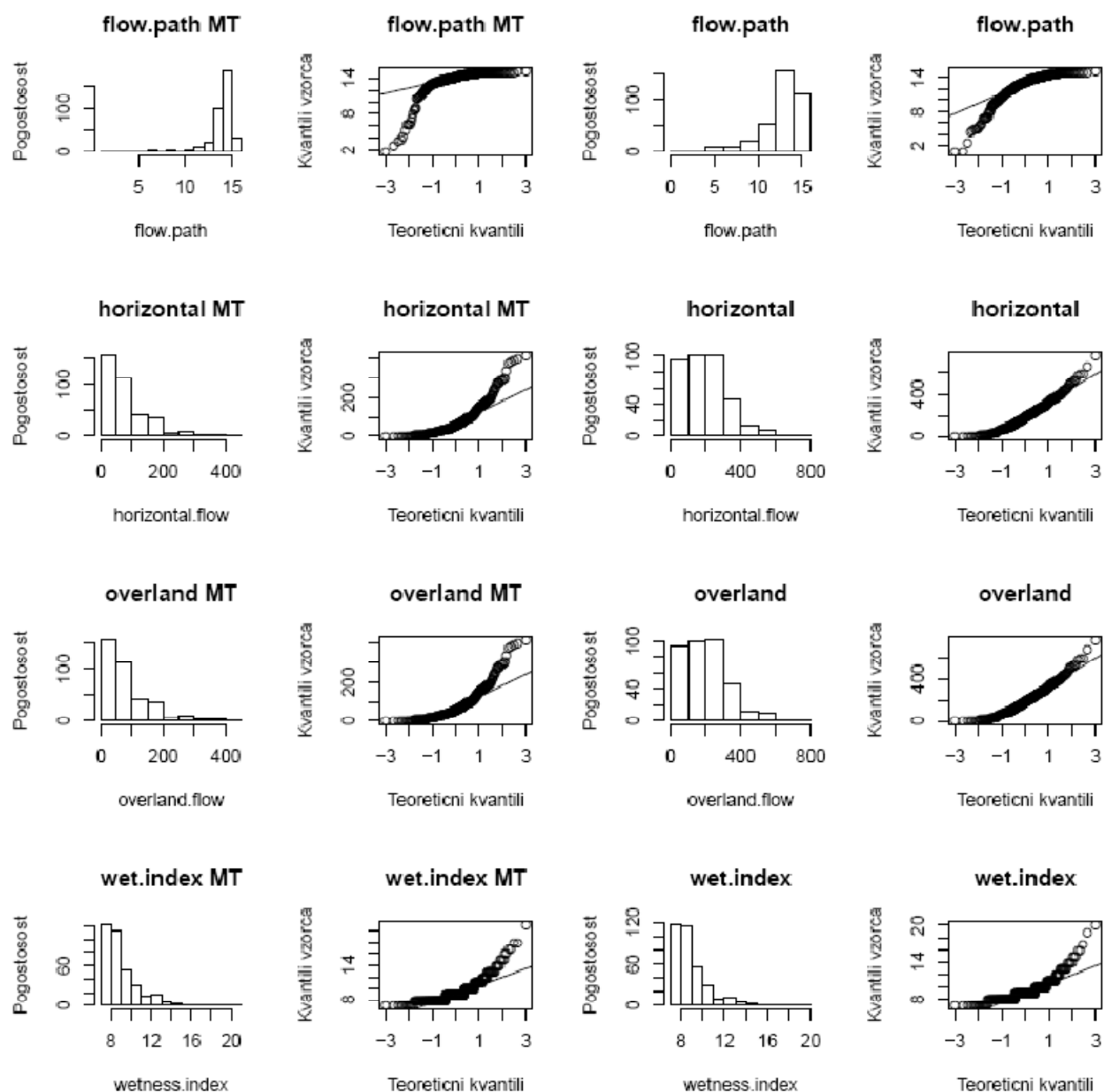


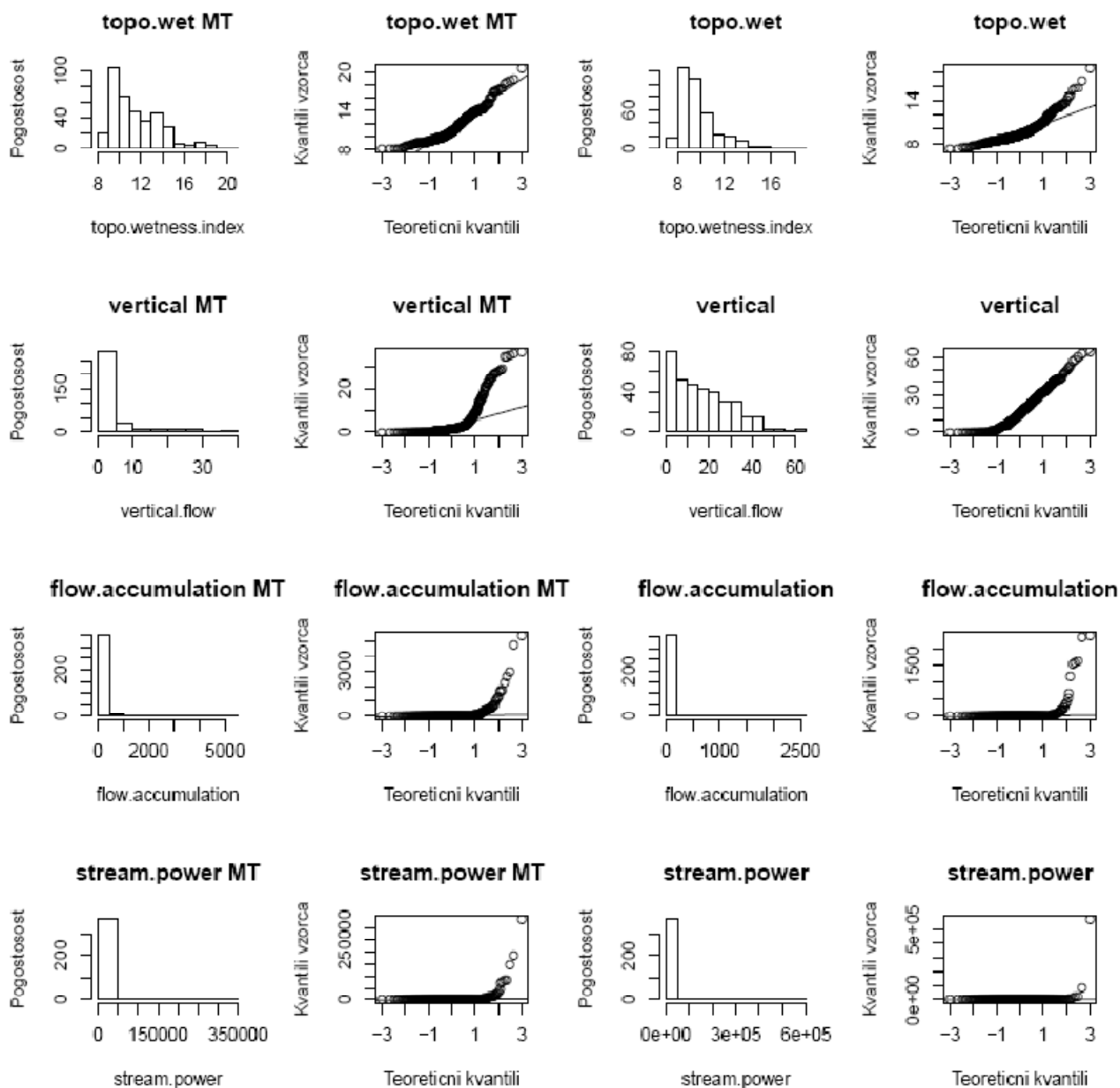




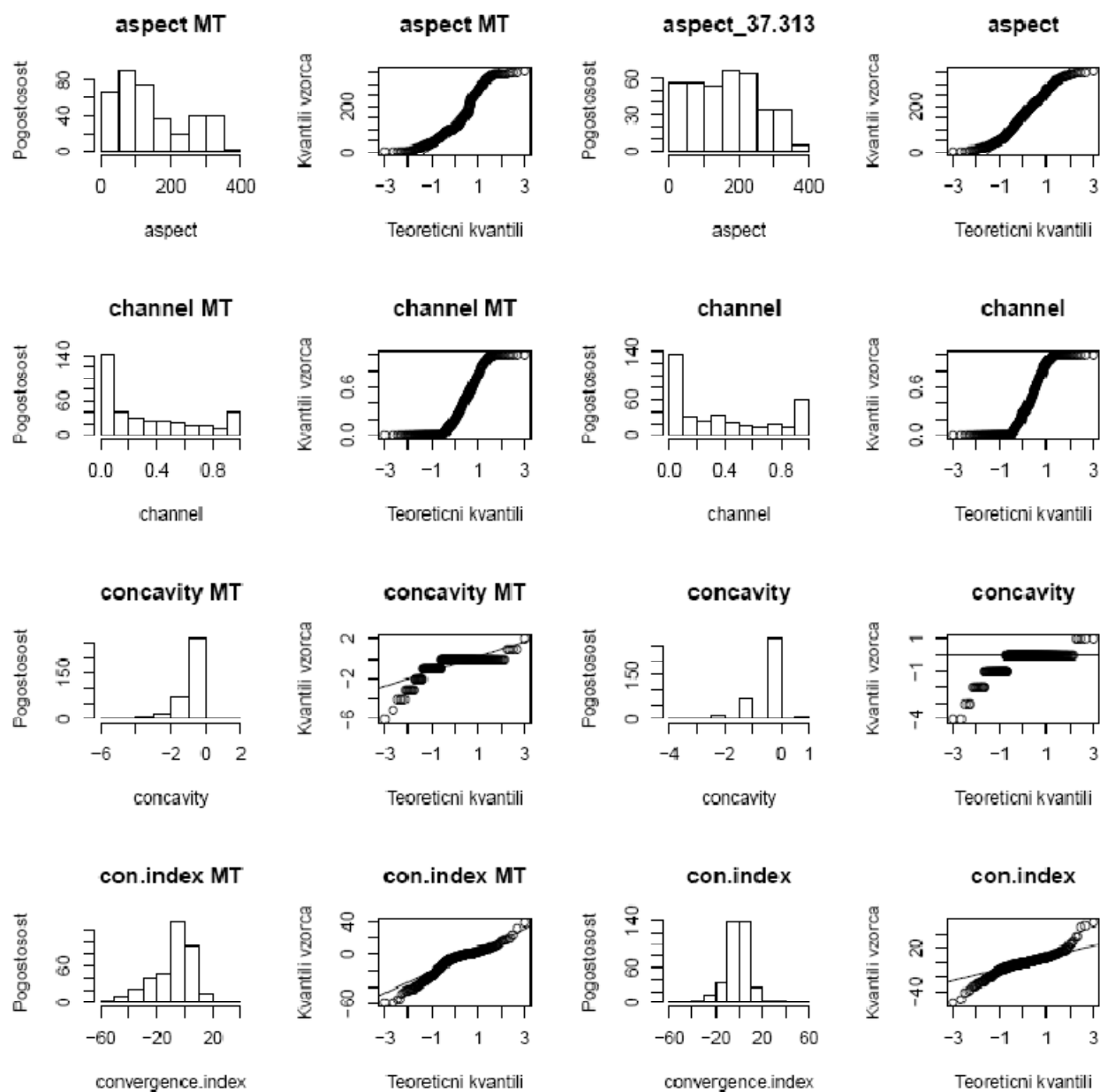


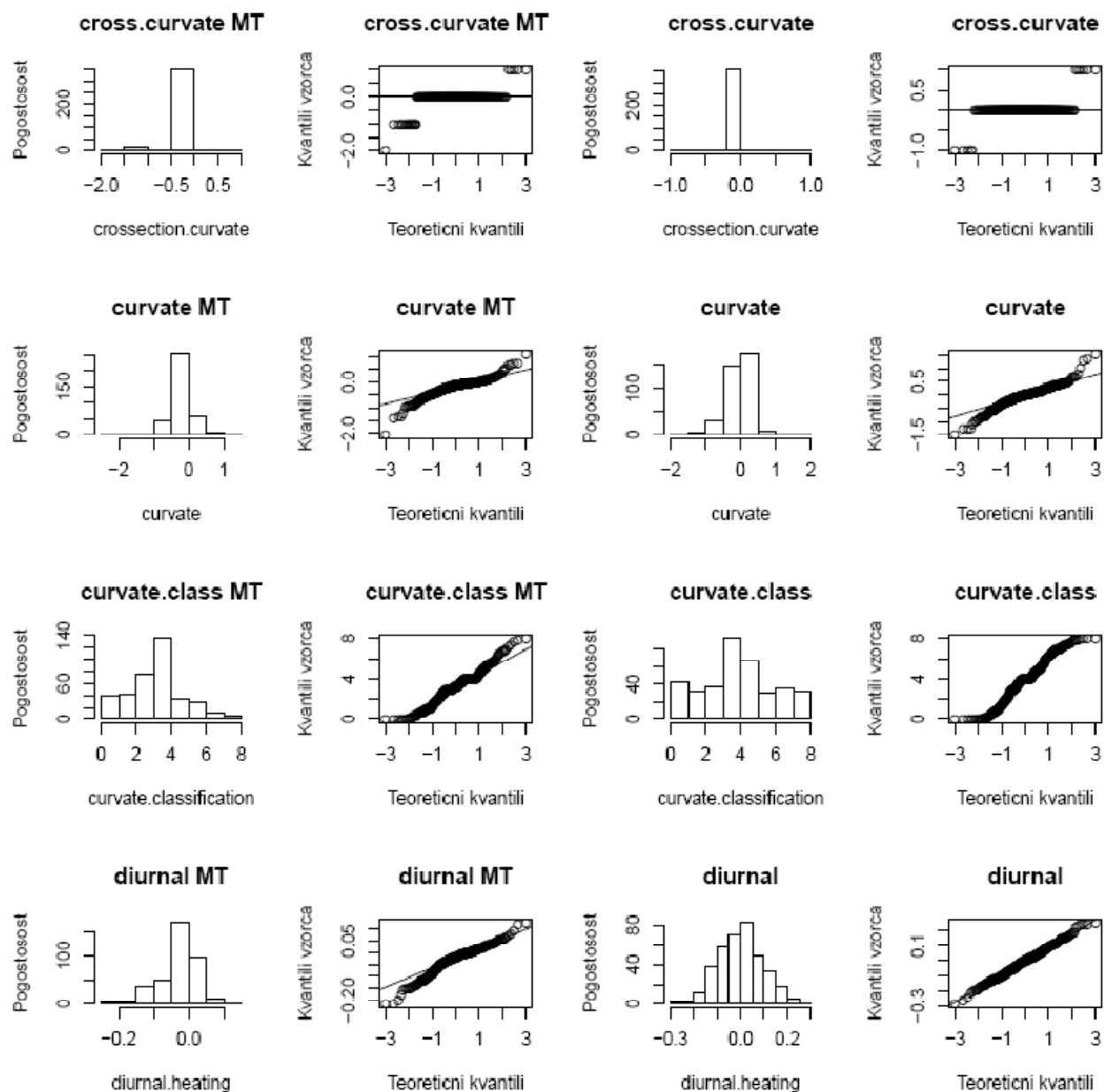


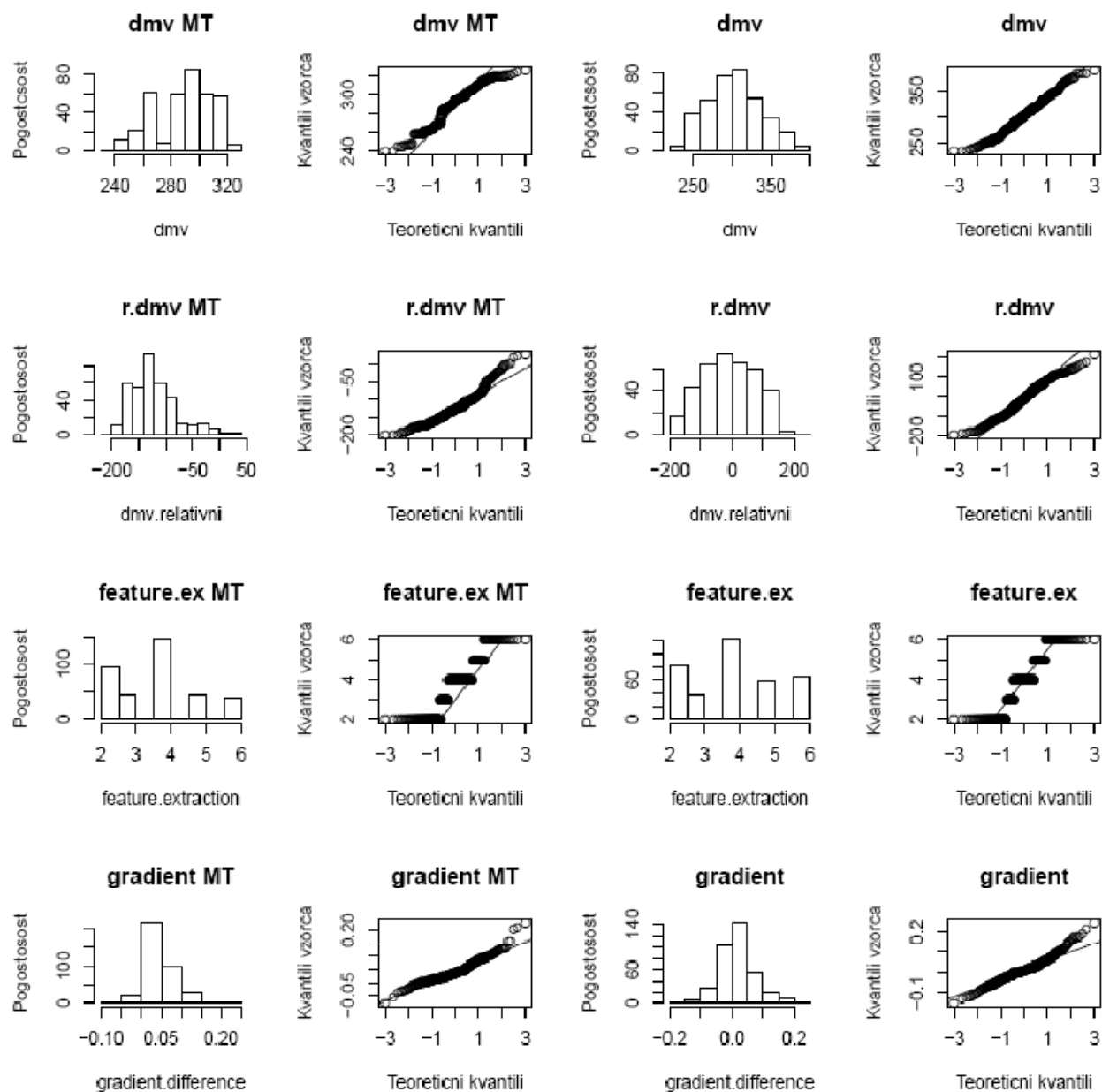


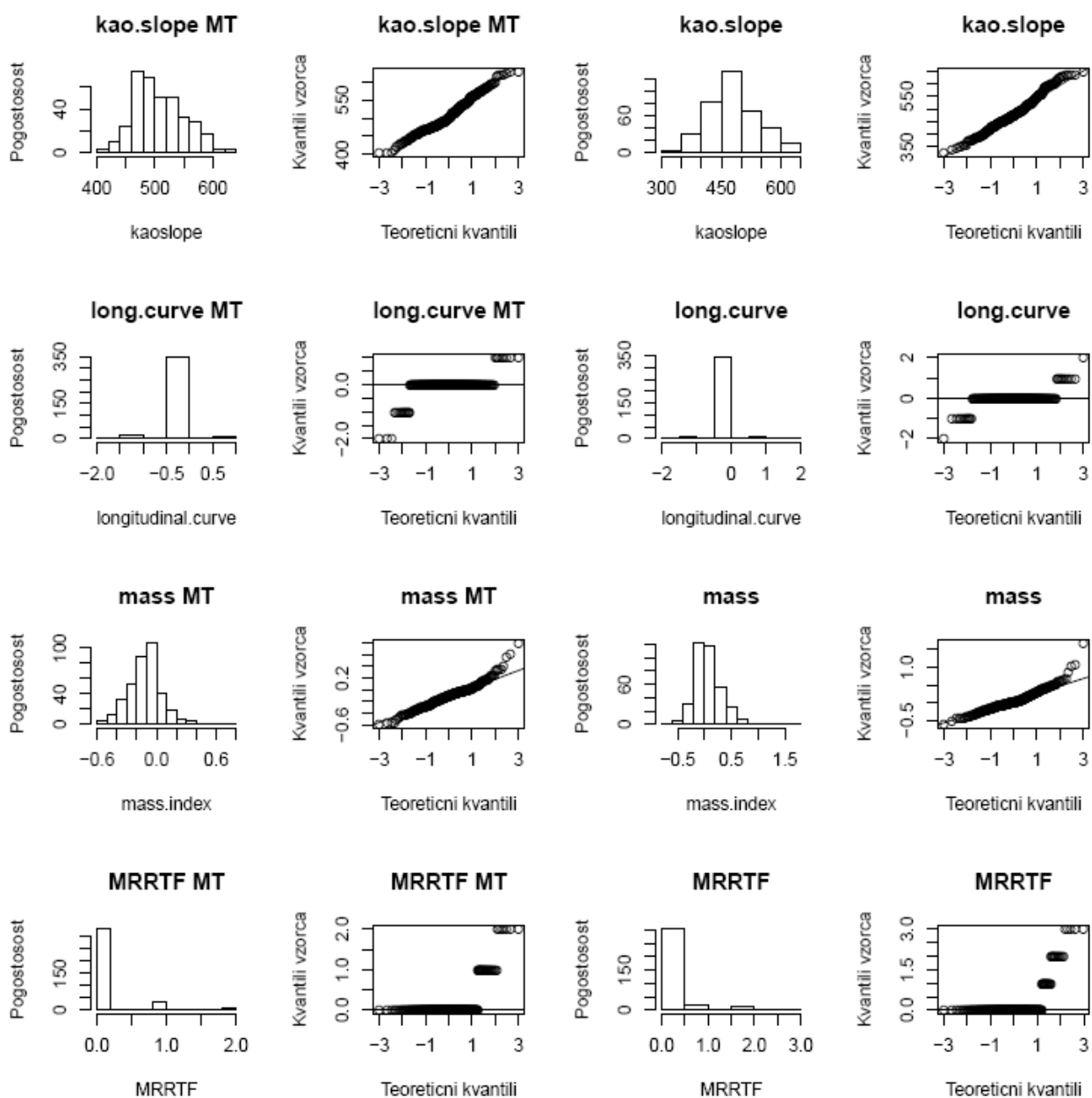


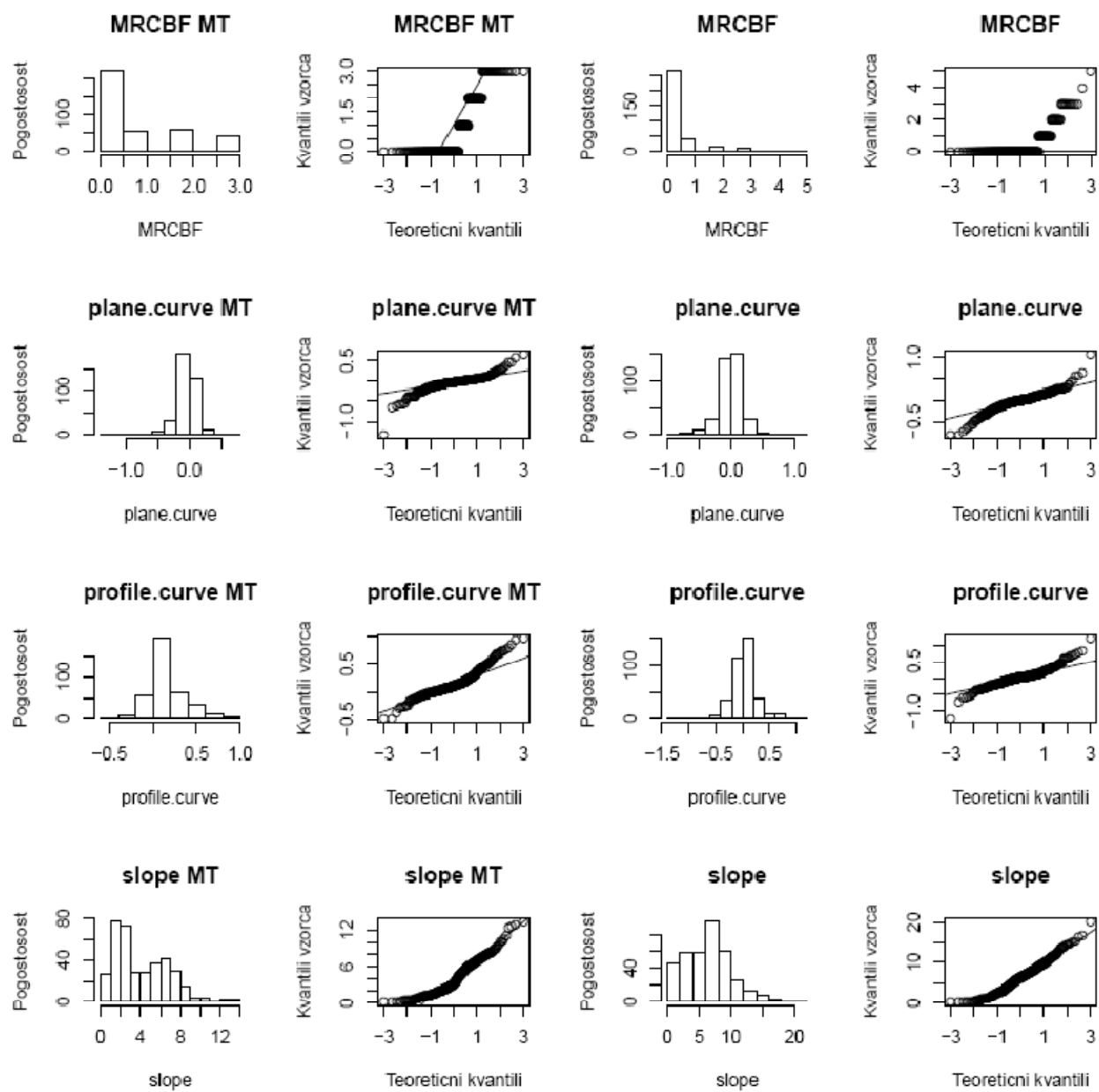
Spremenljivke za mokrotne travnike 37.313 – vzorčenje

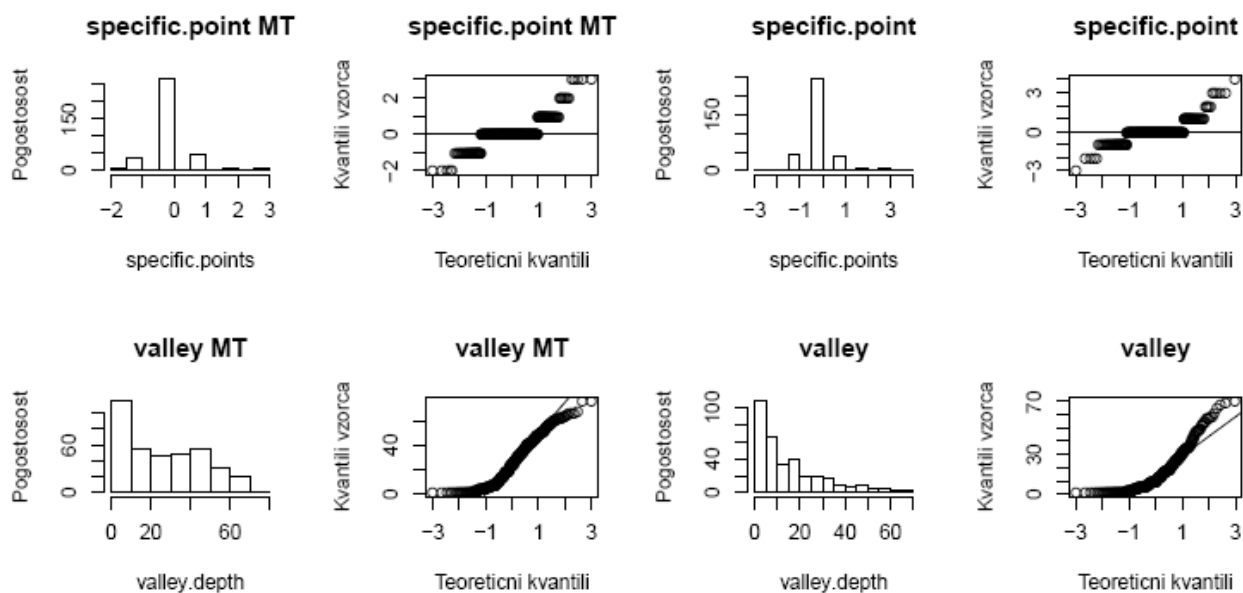


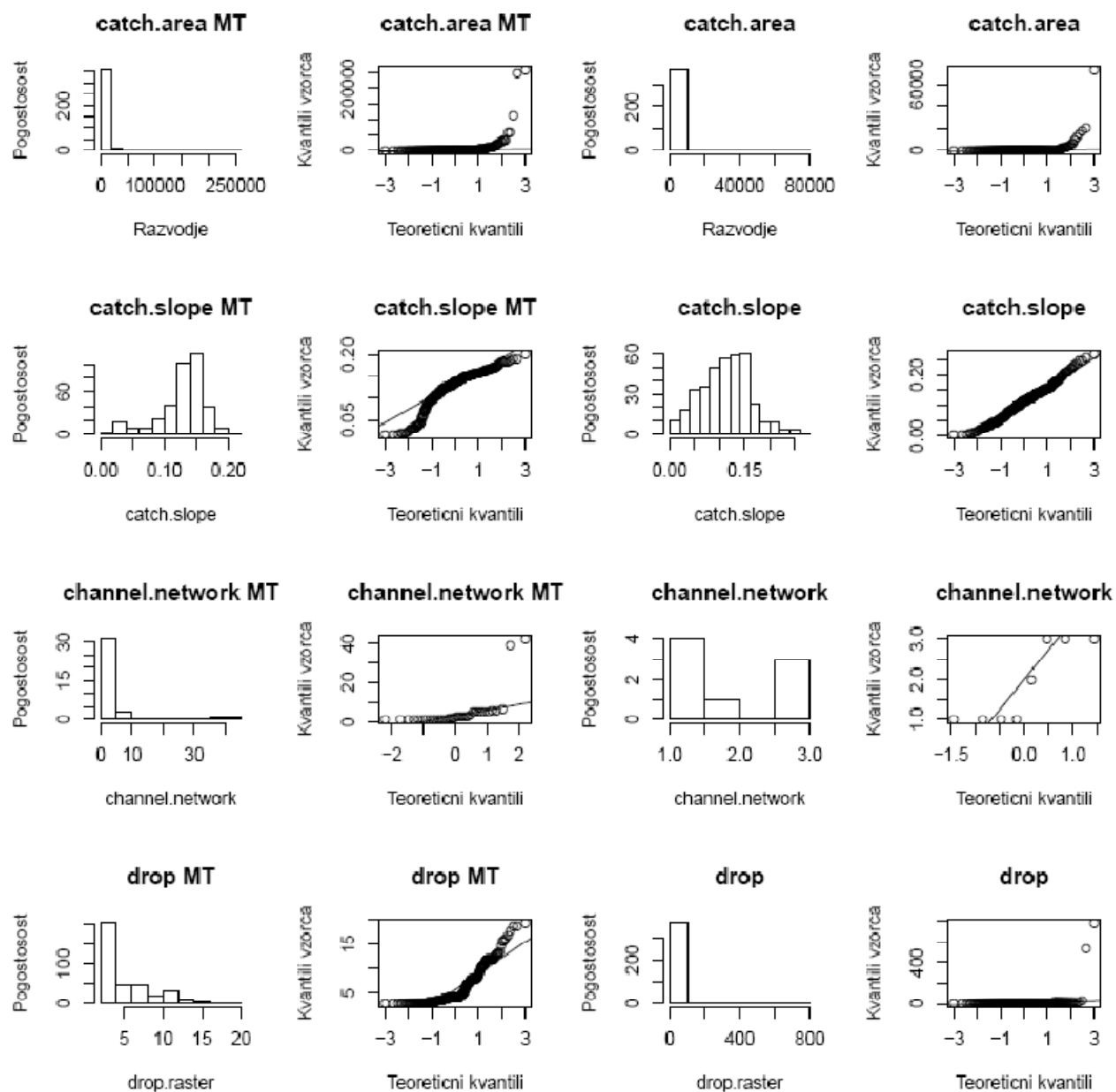


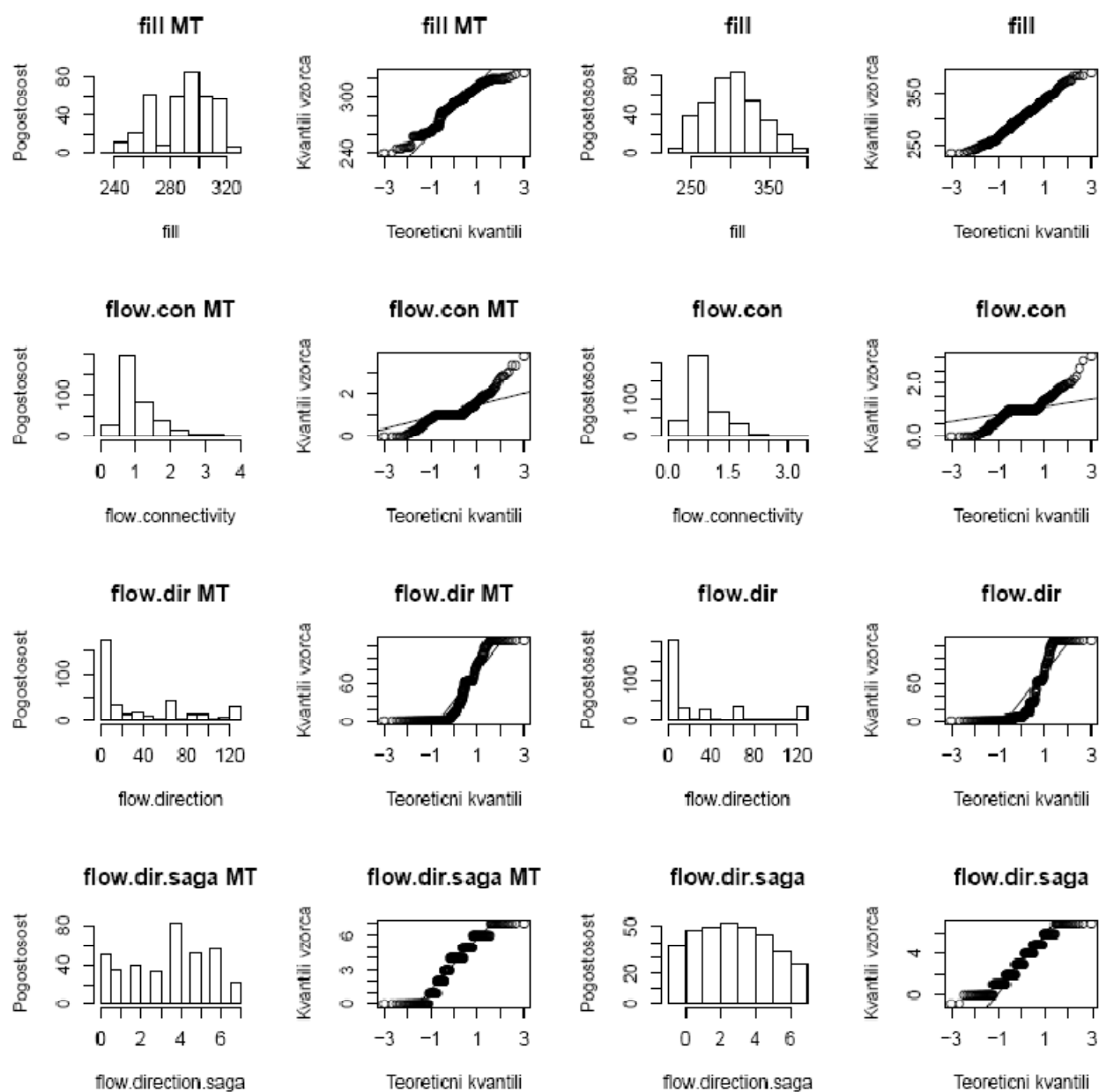


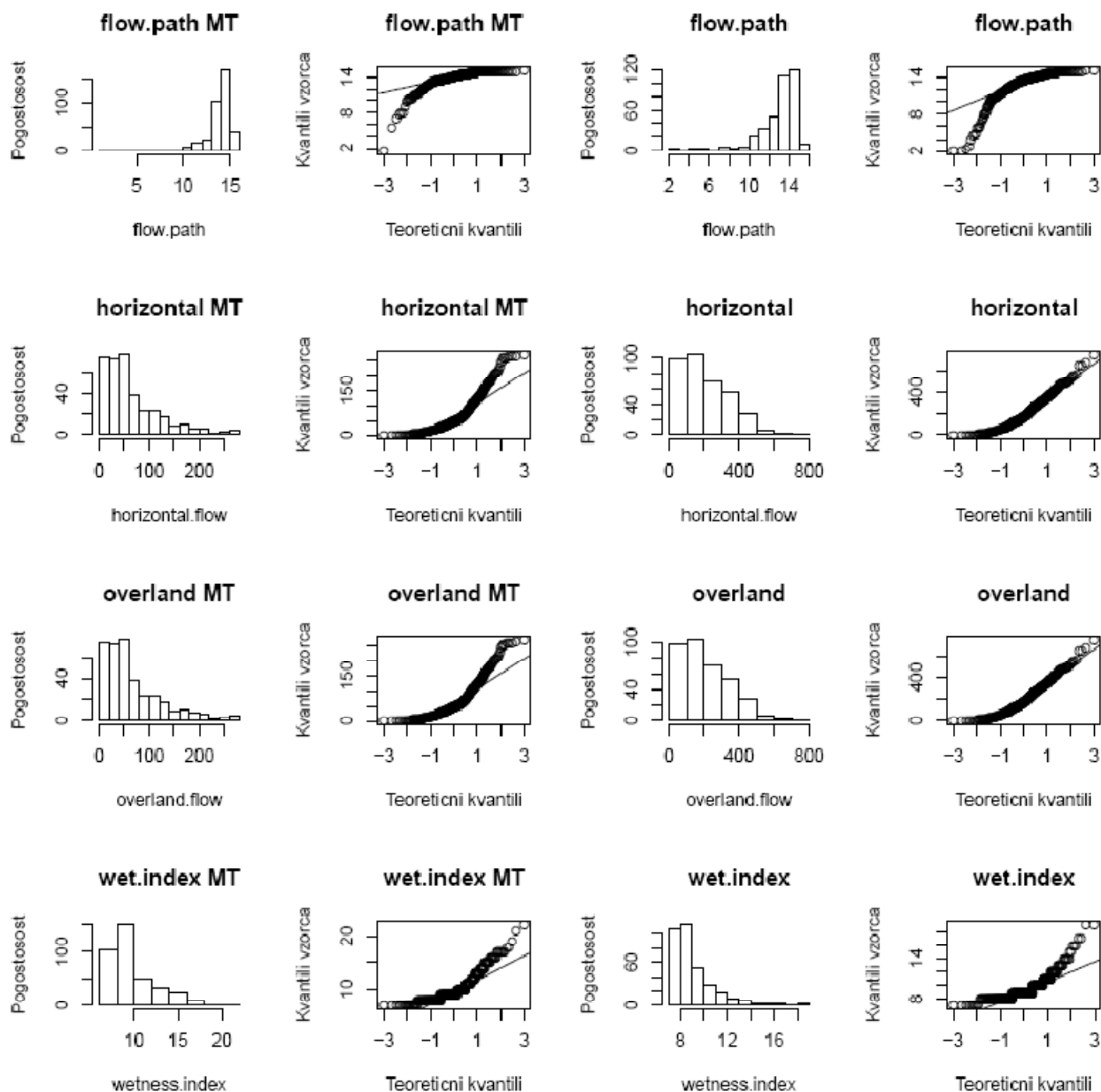


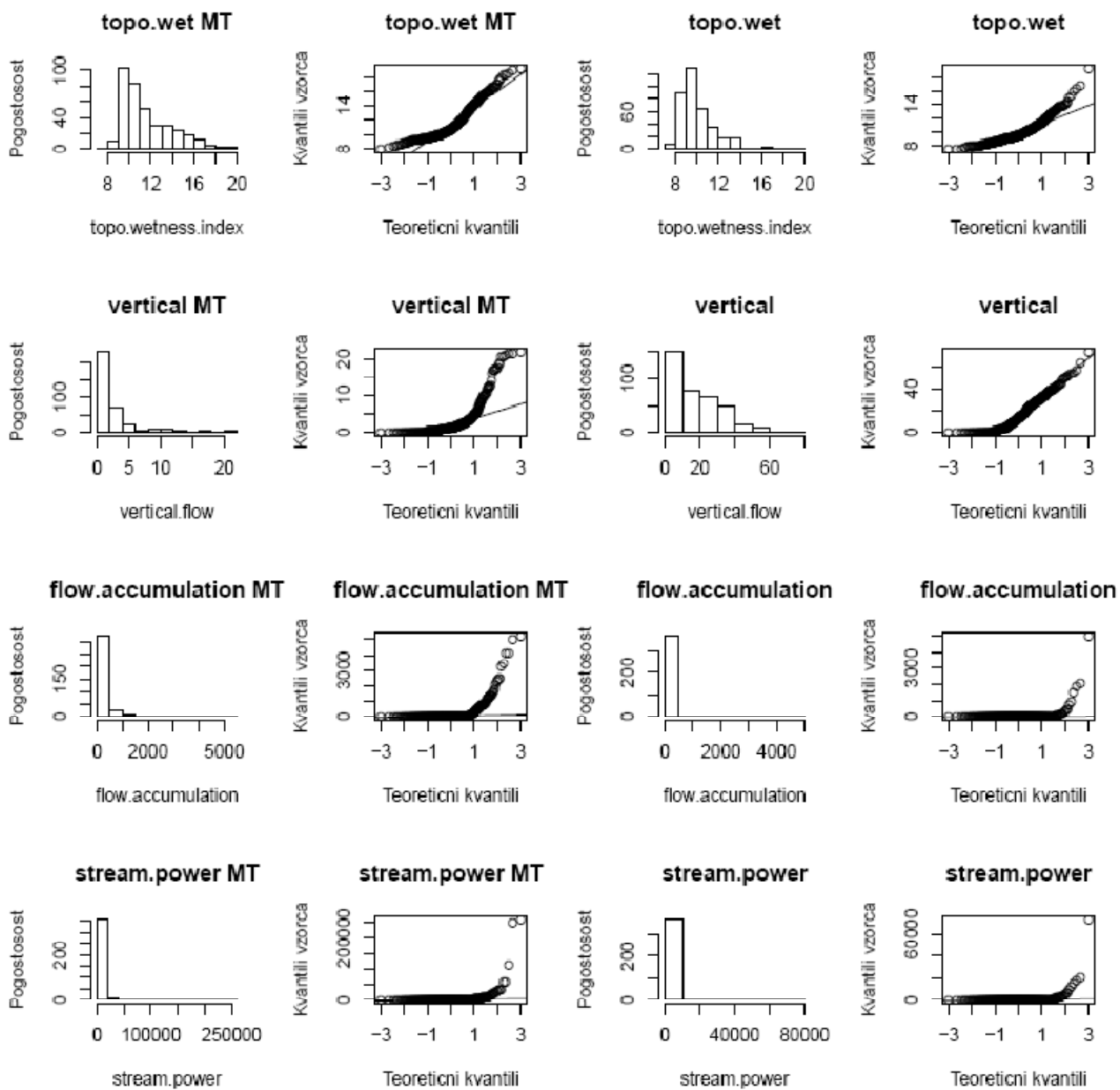










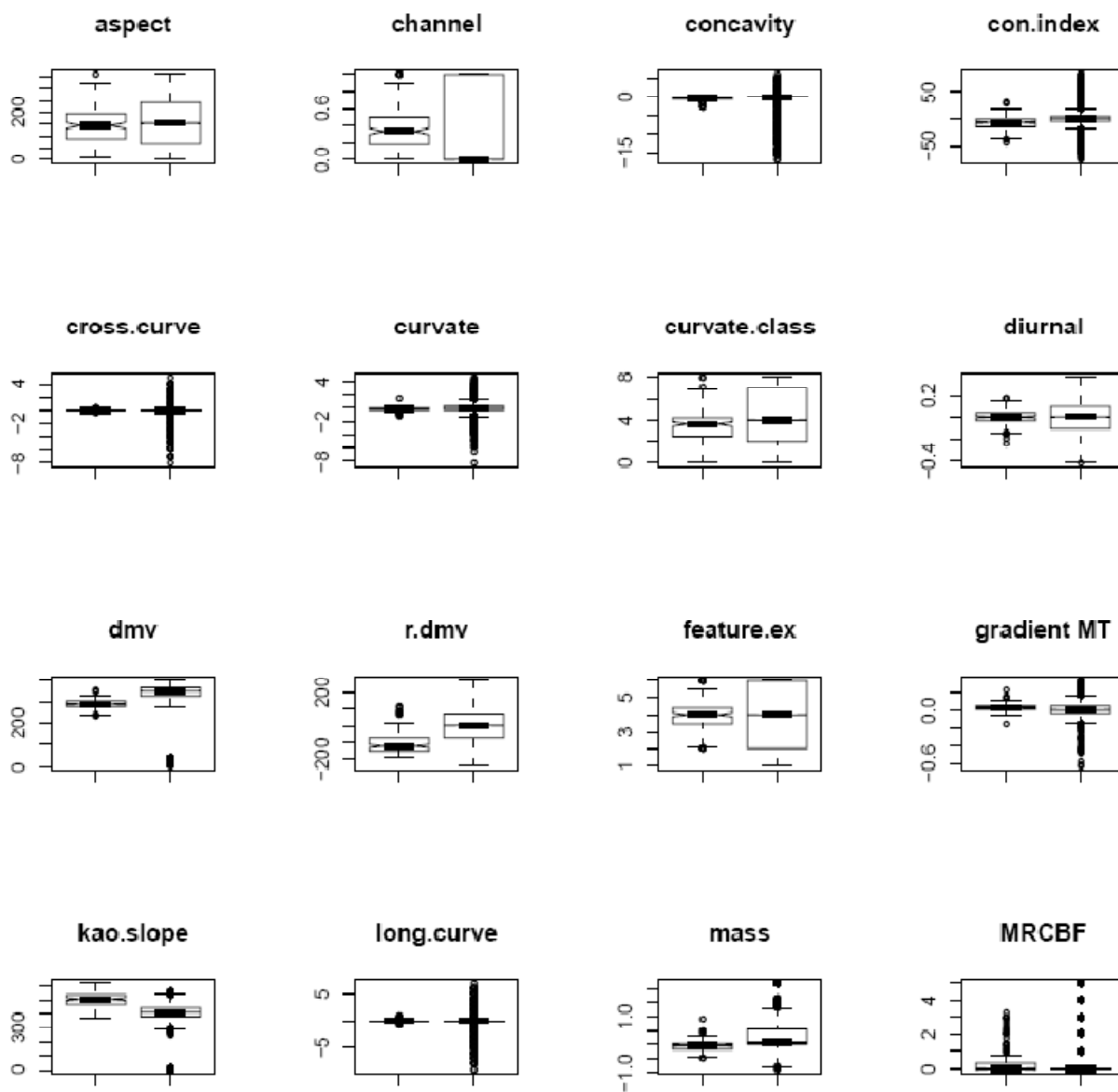


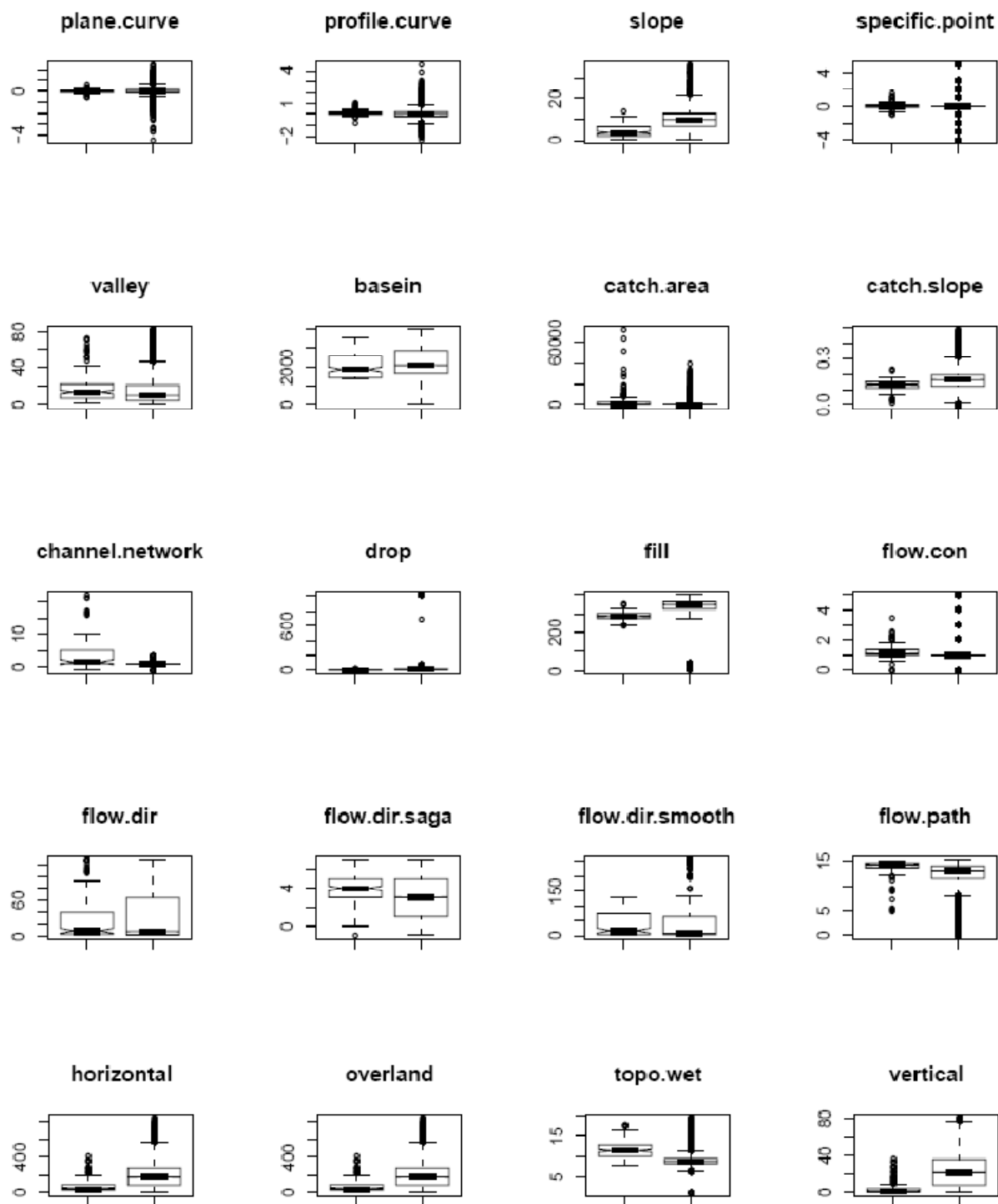
PRILOGA F

Grafični prikazi določanja značilnih spremenljivk

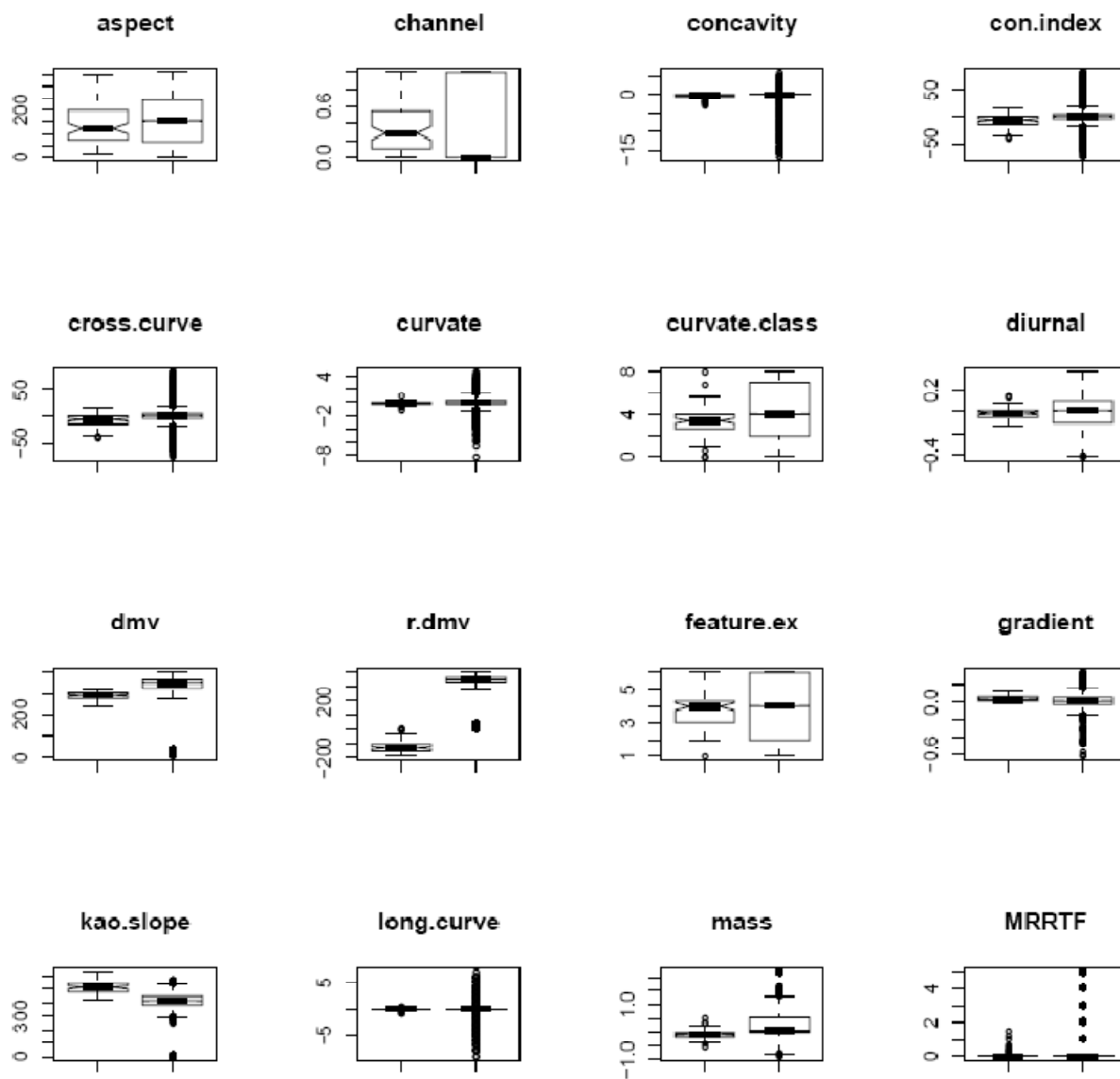
V Prilogi F so zbrani vsi grafični prikazi, ki smo jih uporabili pri opisni statistiki za določanje značilnih spremenljivk.

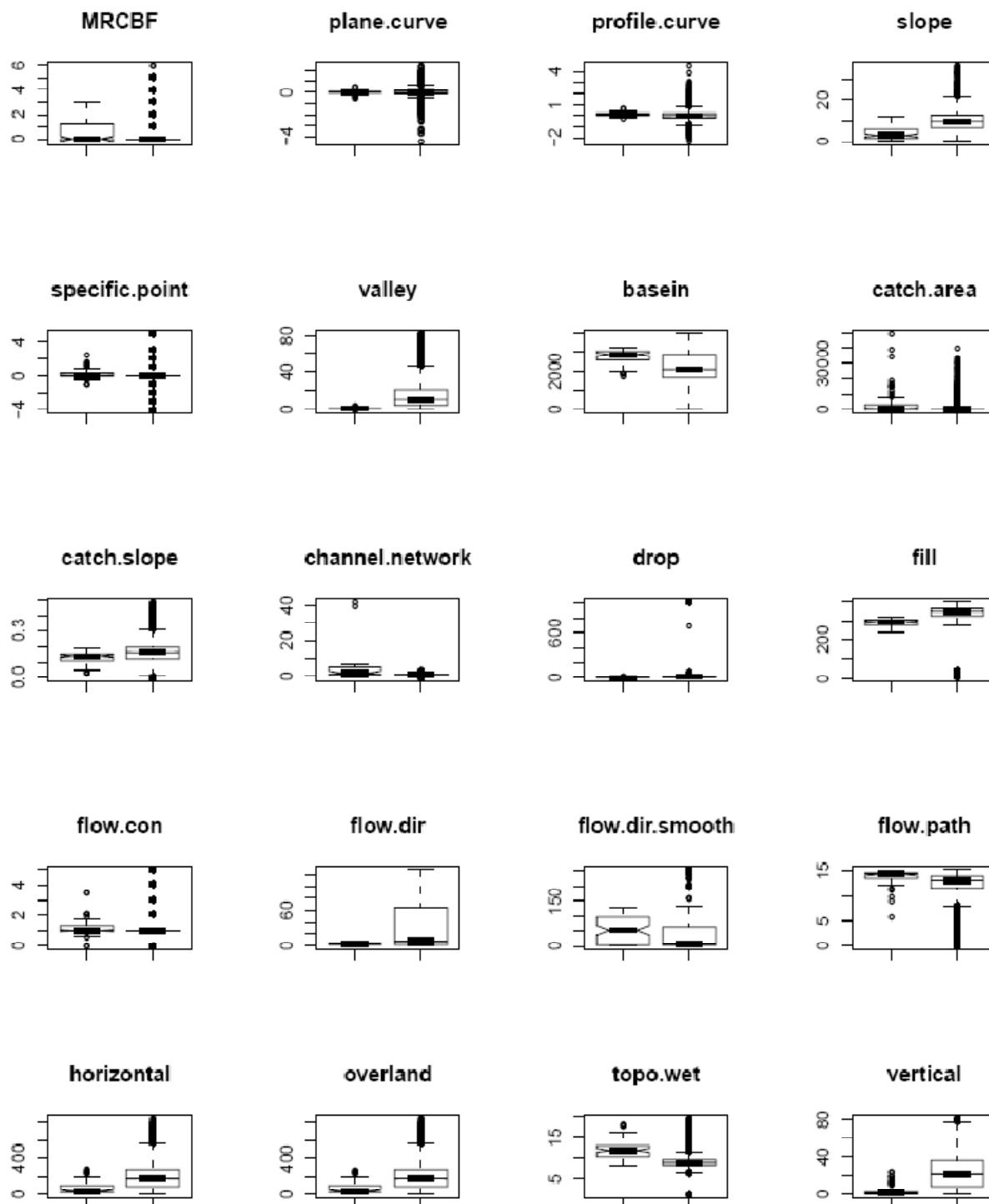
Škatla z brki za mokrotne travnike 37.311 brez vzorčenja



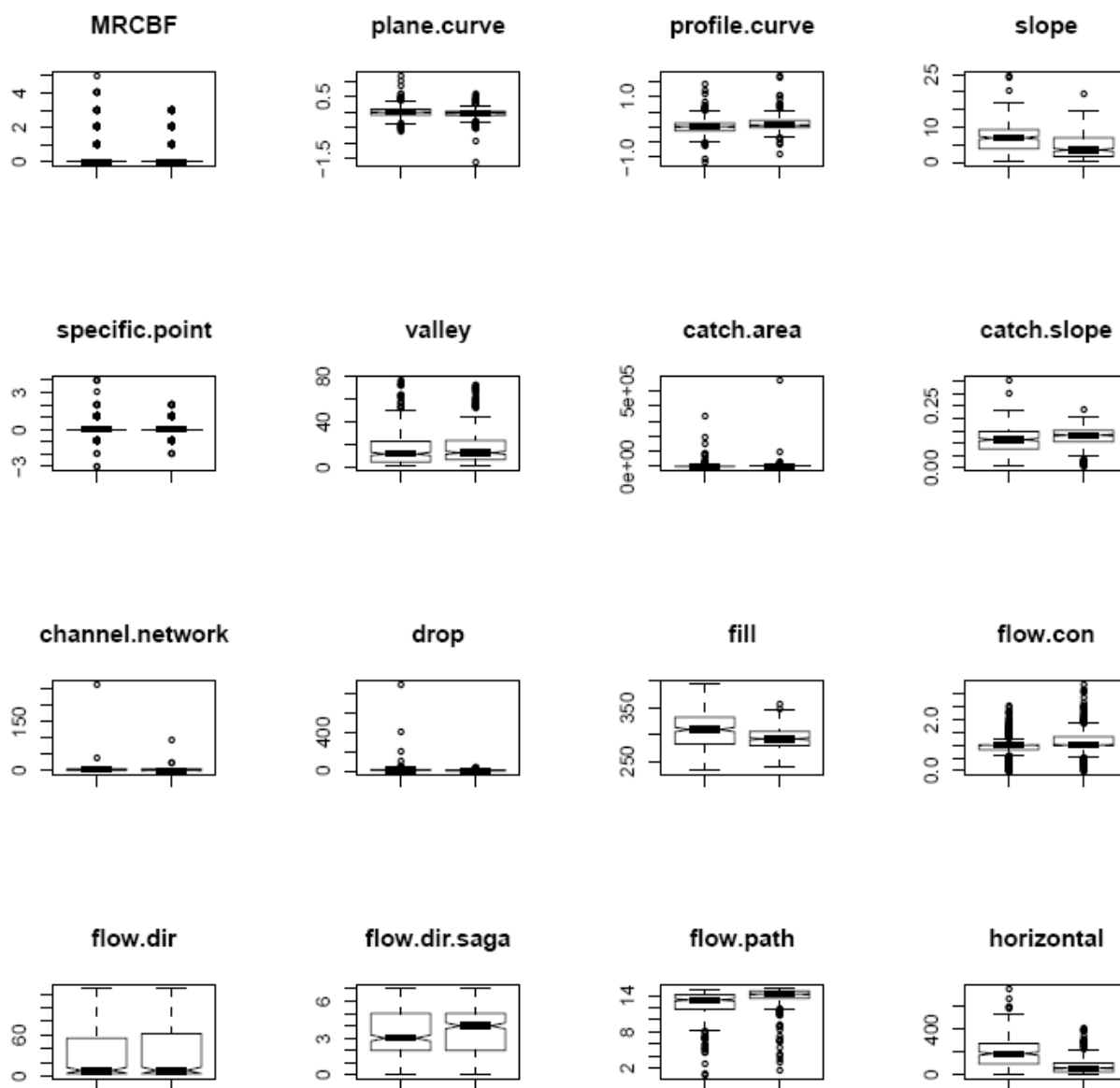


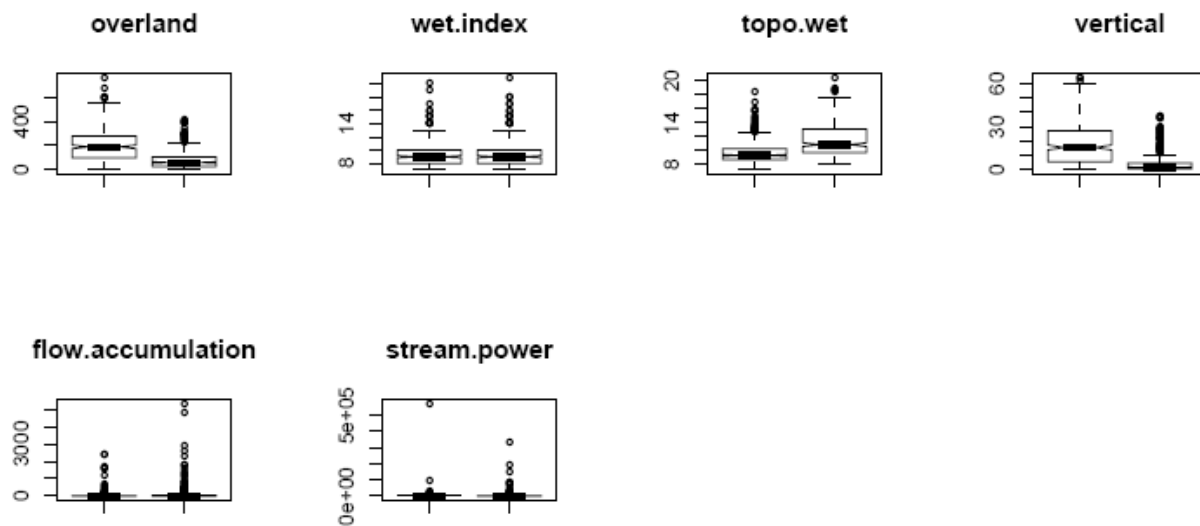
Škatla z brki za mokrotne travnike 37.313 brez vzorčenja





Škatla z brki za mokrotne travnike 37.311 – vzorčenje





Škatla z brki za mokrotne travnike 37.313 – vzorčenje

