

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Česnik, K., 2014. Masna bilanca nitratnega dušika v porečju potoka Padež. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rusjan, S., somentor Mikoš, M.): 66 str.

Datum arhiviranja: 07-07-2014

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Česnik, K., 2014. Masna bilanca nitratnega dušika v porečju potoka Padež. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rusjan, S., co-supervisor Mikoš, M.): 66 pp.

Archiving Date: 07-07-2014

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM VODARSTVO IN  
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

**KATARINA ČESNIK**

**MASNA BILANCA NITRATNEGA DUŠIKA V POREČJU  
POTOKA PADEŽ**

Diplomska naloga št.: 237/VKI

**NITRATE MASS BALANCE IN THE PADEŽ STREAM  
WATERSHED**

Graduation thesis No.: 237/VKI

**Mentor:**  
doc. dr. Simon Rusjan

**Predsednik komisije:**  
izr. prof. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**  
prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 04. 07. 2014

### STRAN ZA POPRAVKE (ERRATA)

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## **IZJAVE**

Podpisana Katarina Česnik izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Masna bilanca nitratnega dušika v porečju potoka Padež«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 12. 5. 2014

Katarina Česnik

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 556.5(497.4)(043.2)

**Avtor:** Katarina Česnik

**Mentor:** doc. dr. Simon Rusjan

**Somentor:** prof. dr. Matjaž Mikoš

**Naslov:** Masna bilanca nitratnega dušika v porečju potoka Padež

**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – univerzitetni študij

**Obseg in oprema:** 66 str., 2 preg., 53 sl., 1 en.

**Ključne besede:** hidrologija, biogeokemija, masna bilanca, atmosferski vnos, porečje Padež

### **Izvleček:**

Diplomska naloga obravnava spremembe masne bilance nitratnega dušika na gozdnatih prispevnih območjih. Le-te nastanejo pod vplivom hidroloških in biogeokemijskih mehanizmov. Območje obravnave, prispevno območje potoka Padež je skoraj v celoti prekrito z gozdom. Med leti 2006 in 2007 so se zvezno spremljale hidrometeorološke razmere in potekale meritve kemizma vode in velikosti pretokov potoka Padež. S pomočjo podatkov o spremembah koncentracij nitratnega dušika v vodotoku in padavinah ter podatkov o letnih količinah padavin na območju porečja in letnih pretokih potoka Padež, smo opredelili masno bilanco nitratnega dušika. Podana je kot razlika med količino vnesenega in izpranega nitratnega dušika na hektar prispevne površine. V spremenljivosti masne bilance so opazni sezonski vplivi. Porečje nekaj časa deluje kot izvor in nekaj časa kot ponor za nitratni dušik, odvisno od hidroloških razmer in količin mobilnega nitratnega dušika v sistemu tal in njegovih koncentracij v padavinah. Nadalje smo poskušali napovedati, kako bodo predvidene spremembe v okolju vplivale na biogeokemijsko kroženje duška in gibanje masne bilance na gozdnatih prispevnih območjih.

**»Ta stran je namenoma prazna.«**



## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UKD:** 556.5(497.4)(043.2)

**Author:** Katarina Česnik

**Supervisor:** doc. dr. Simon Rusjan

**Cosupervisor:** prof. dr. Matjaž Mikoš

**Title:** Nitrate mass balance in the Padež stream watershed

**Notes:** 66 p., 53 fig., 2 tab., 1 eq.

**Key words:** hydrology, biogeochemistry, mass balance, atmospheric deposition, the Padež stream watershed

### **Abstract:**

Graduation thesis analyzes changes in nitrate mass balance in a forested watersheds. The nitrate mass balance changes occur mainly because of hydrological and biogeochemical mechanisms. The studied area, the Padež stream watershed, is mainly covered with forest. Between years 2006 and 2007 the hydrometeorological conditions and streamwater chemistry of Padež stream were continuously monitored. The differences in streamwater nitrate concentrations and nitrate concentrations in precipitations and measurements of precipitations and Padež stream discharge helped us to calculate nitrate mass balance. Mass balance is analysed as a difference between inputs and outputs of nitrate per hectare of catchment area. The seasonal differences in mass balance were observed. Watershed behaves as a sink or as a source of nitrate depending on hydrological conditions and amount of mobile nitrate in soil and its concentrations in precipitations. We also try to describe the impact of global environmental changes on biogeochemical cycling of nitrate and variations in its mass balance in forested catchments.

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## **ZAHVALA**

Diplomsko delo sem opravila pod mentorskim vodstvom doc. dr. Simonu Rusjanu in pri somentorju prof. dr. Matjažu Mikošu. Za pomoč pri pridobivanju podatkov in številne strokovne nasvete se obema iskreno zahvaljujem.

Obenem bi se za pomoč zahvalila Marijani Muravec iz Agencije RS za okolje.

Posebna zahvala gre moji družini in prijateljem za podporo in spodbudo v času študija in med izdelavo diplomskega dela, ter podjetju Misel d.o.o. in RRA Notranjsko-Kraške regije, ki so me med študijem finančno podprli.

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK .....	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION .....	VII
ZAHVALA .....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI.....	XXI
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Opredelitev obravnavane teme .....	1
1.2 Cilji diplomske naloge .....	2
<b>2 TEORETIČNE OSNOVE.....</b>	<b>3</b>
2.1 Analiza ekosistema.....	3
2.2 Kroženje hranil v terestičnem ekosistemu .....	3
2.2.1 Kroženje dušika .....	4
2.2.2 Dušik v tleh gozdnih ekosistemov .....	6
2.2.3 Atmosferski dejavniki vnosa hranil .....	7
2.3 Računanje masne bilance dušika .....	9
2.3.1 Vnos dušika v porečje.....	10
2.3.2 Izpiranje dušika iz porečja.....	10
<b>3 METODE DELA.....</b>	<b>12</b>
3.1 Opis porečja .....	12
3.1.1 Geologija in geomorfologija .....	12
3.1.2 Pedologija in pokrovnost tal.....	13
3.1.3 Klimatske razmere .....	14
3.1.4 Hidrološke lastnosti porečja .....	15
3.1.5 Značilni vetrovi.....	16

3.1.6	Kakovost zraka na širšem območju Brkinov .....	16
3.2	Metode zajema podatkov .....	17
3.2.1	Padavine.....	17
3.2.2	Pretoki .....	17
3.2.3	Kemizem vode .....	17
3.2.4	Kakovosti padavin.....	18
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>21</b>
4.1	Sezonske vrednosti .....	21
4.1.1	Padavine.....	21
4.1.2	Pretoki .....	22
4.2	Mesečne vrednosti.....	24
4.2.1	Padavine.....	24
4.2.2	Pretoki .....	24
4.2.3	Koeficient odtoka .....	25
4.2.4	Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku .....	26
4.2.5	Koncentracije nitratnega dušika v padavinah .....	27
4.2.6	Masna bilanca nitratnega dušika v letih 2006 in 2007 .....	29
4.3	Mesečni deleži padavin in odtoka vode ter izpranega in vnesenega nitratnega dušika .....	34
4.4	Pregled opazovalnih obdobj v letih 2006 in 2007 .....	38
4.4.1	Masna bilanca nitratnega dušika v času padavinskih dogodkov.....	39
4.4.2	Povprečne dnevne vrednosti masne bilance spranega in vnesenega nitratnega dušika v času opazovalnih obdobji leta 2006 in 2007.....	42
4.4.3	Masna bilanca spranega nitratnega dušika v času opazovalnih dogodkov v letu 2006 .....	44
4.4.4	Masna bilanca spranega nitratnega dušika v času opazovalnih dogodkov v letu 2007 .....	51

<b>5 RAZPRAVA.....</b>	<b>56</b>
5.1    Okoljske spremembe in njihov vpliv na gibanje masne bilance nitratnega dušika ..	59
<b>6 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>61</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>63</b>

**»Ta stran je namenoma prazna.«**



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zahtevane natančnosti in detekcije posameznih parametrov pri določanju kakovosti padavin (Bolte, 2007). .....	20
Preglednica 2: Koncentracije nitratnega dušika (mg/l-N) v padavinah za leto 2006 in 2007 na merilni postaji Škocjan. ....	27

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## KAZALO SLIK

Slika 1: Kroženje hranil v terestičnem ekosistemu. ....	4
Slika 2: Shematični prikaz kroženja dušika. ....	5
Slika 3: Kroženje dušika v vodotoku.....	7
Slika 4: Dušikov oksid, glede na vir onesnaženja.....	8
Slika 5: Porečje reke Reke (svetlomodra) in Padeža (temnomodra). ....	12
Slika 6: Prispevno območje Padež in hidrografska mreža vodotoka.....	13
Slika 7: Prostorska razporeditev pokrovnosti tal na prispevnem območju Padež. ....	13
Slika 8: Deleži posamezne pokrovnosti tal na prispevnem območju Padež.....	14
Slika 9: Povprečne, minimalne in maksimalne padavine na padavinski postaji Tatre. ....	15
Slika 10: Dežemer na Tatrah. ....	17
Slika 11: Osnovna merilna mreža z merilnimi mesti za meritve kakovosti padavin.....	19
Slika 12: Količina padavin na padavinski postaji Tatre v letih 2006 in 2007.....	22
Slika 13: Urne intenzitete padavin in urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež, leto 2006. ....	22
Slika 14: Urne intenzitete padavin in urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež, leto 2007. ....	23
Slika 15: Povprečne sezonske vrednosti pretokov v letih 2006 in 2007.....	23
Slika 16: Mesečna količina padavin na padavinski postaji Tatre v letih 2006 in 2007.....	24
Slika 17: Mesečni pretoki na vodomerni postaji Padež v letih 2006 in 2007. ....	25
Slika 18: Koeficient odtoka v vodotoku Padež v letih 2006 in 2007. ....	25
Slika 19: Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku Padež, leto 2006. ....	26
Slika 20: Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku Padež, leto 2007. ....	27
Slika 21: Povprečne mesečne vrednosti koncentracije nitratov v padavinah na porečju Padež v letih 2006 in 2007.....	28
Slika 22: Vnesen in izpran nitratni dušik iz porečja Padež v letu 2006. ....	30
Slika 23: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v različnih letnih časih iz porečja Padež v letu 2006.....	30
Slika 24: Vnesen in izpran nitratni dušik iz porečja Padež v letu 2007. ....	31

Slika 25: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih letnih časih iz porečja Padež v letu 2007.....	31
Slika 26: Mesečna masna bilanca vnesenega in izpranega nitratnega dušika za porečje Padež v letu 2006. ....	32
Slika 27: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih mesecih iz porečja Padež v letu 2006.....	33
Slika 28: Mesečna masna bilanca vnesenega in izpranega nitratnega dušika za porečje Padež v letu 2007. ....	33
Slika 29: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih mesecih iz porečja Padež v letu 2007.....	34
Slika 30: Mesečni deleži padavin in masna bilanca odtoka vode za porečje Padež v letu 2006.....	35
Slika 31: Mesečni deleži padavin in masna bilanca odtoka vode za porečje Padež v letu 2007.....	35
Slika 32: Delež masne bilance izpranega nitratnega dušika iz porečja Padež v posameznem mesecu glede na letne količine izpranega nitrata, leto 2006. ....	36
Slika 33: Delež mase bilance vnesenega nitratnega dušika v porečje Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2006.....	36
Slika 34: Delež masne bilance izpranega nitratnega dušika iz porečja Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2007.....	37
Slika 35: Delež mase bilance vnesenega nitratnega dušika v porečje Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2007.....	38
Slika 36: Masna bilanca izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na porečju Padež v času padavinskih dogodkov, leto 2006.....	40
Slika 37: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v letu 2006 na porečju Padež. ....	41
Slika 38: Masna bilanca izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na porečju Padež v času opazovalnih obdobji, leto 2007.....	41
Slika 39 : Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v letu 2007 na porečju Padež. ....	42
Slika 40: Povprečne dnevne vrednosti masne bilance vnesenega in izpranega nitratnega dušika v času padavinskih dogodkov za porečje Padež v letu 2006.....	43

Slika 41: Povprečne dnevne vrednosti masne bilance vnesenega in izpranega nitratnega dušika v času opazovalnih obdobj v letu 2007.....	44
Slika 42: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, marec.....	46
Slika 43: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, april.....	47
Slika 44: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj-junij .....	48
Slika 45: Opazovalno obdobje v poletnem času, avgust .....	49
Slika 46: Opazovalno obdobje v jesenskem času, november.....	50
Slika 47: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj 2007 .....	51
Slika 48: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj - junij 2007.....	52
Slika 49: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, junij 2007.....	53
Slika 50: Opazovalno obdobje v poletnem času, avgust 2007.....	54
Slika 51: Opazovalno obdobje v jesenskem času, september.....	55
Slika 52: Povprečne mesečne temperature in razlika masnih bilanc v letu 2006 .....	58
Slika 53: Povprečne mesečne temperature in razlika masnih bilanc v letu 2007 .....	58

**»Ta stran je namenoma prazna.«**

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
C	Ogljik
EEA	Evropska agencija za okolje
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
GAW	Global Atmosphere Watch
MOPE	Ministerstvo za okolje in prostor
N <sub>2</sub>	Dušik [mg/L]
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrit [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Nitratni dušik [mg/L]
NO <sub>x</sub>	Dušikovi oksidi [mg/L]
NO	Dušikov monoksid [mg/L]
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PM10	Trdni delci

**»Ta stran je namenoma prazna.«**



## 1 UVOD

### 1.1 Opredelitev obravnavane teme

Čista in neoporečna voda je ključna za zdravje ljudi in delovanje naravnih ekosistemov, zato je varstvo kakovosti voda eden od temeljev evropske okoljske politike. To potrjuje tudi dejstvo, da je bila že leta 1991 sprejeta direktiva o nitratih, ki je eden izmed prvih zakonodajnih aktov v EU, katerih namen je nadzorovati onesnaževanje voda in izboljševati njihovo kakovost. Direktiva o nitratih je tesno povezana tudi z drugimi politikami EU na področju voda, zraka, podnebnih sprememb in kmetijstva. Zmanjševanje stopnje koncentracije nitratov je obenem sestavni del okvirne direktive o vodah (iz leta 2000), ki določa celovit čezmejni pristop do varstva voda, organiziran glede na vodna območja, da bi dosegli dobro stanje evropskih vodnih teles do leta 2015 (Evropska unija, 2010).

Če želimo sonaravno in trajnostno gospodariti z vodotoki, je potrebno poznati procese, ki se odvijajo na celotnem prispevne območju (porečju) vodotoka (Fogg in Wells, 1998), saj je poznavanje in razumevanje razmer v vodotoku kot posledica širšega dogajanja v porečju ključnega pomena pri načrtovanju vodnogospodarskega upravljanja ter planiranja ukrepov za izboljšanje ekološkega stanja vodotokov (Rusjan, 2008). Poznavanje in razumevanje dinamike glavnih mehanizmov, ki kontrolirajo masno bilanco nitratnega dušika v rečnem ekosistemu, nam pomaga pri napovedovanju vpliva okoljskih sprememb na količine nitrata, ki se mobilizira znotraj hidrološkega kroga.

V diplomskem delu smo se posvetili obravnavi porečja, ki predstavlja prostorski okvir, znotraj katerega se odvijajo intenzivni procesi transporta snovi in energije (Stanford, 1996). Pozornost smo posvetili kroženju nitratnega dušika znotraj eksperimentalnega porečja Padež. Želeli smo pridobiti vpogled v masno bilanco »naravnega ozadja« količin nitratnega dušika in ugotoviti, v katerih primerih in kdaj porečje deluje kot potencialni izvor in kdaj kot ponor nitratnega dušika. Prav procesi biogeokemijskih pretvorb in transporta hranil na nivoju posameznih prostorskih in ekosistemskih enot so že vrsto let predmet raziskav znanstvenikov z različnih znanstvenih področij. Ob tem je dušik zaradi splošne okoljske razširjenosti in kritične vloge kot dejavnik biološke produkcije bil, in prav gotovo bo tudi v prihodnje, deležen posebne pozornosti (Vitousek et al., 1997).

Za obdobje dveh let (2006 in 2007), smo imeli na voljo podatke o hidrometeoroloških razmerah in kemizmu vode ter stanju ozračja na gozdnatem prispevnem območju potoka Padež. S pomočjo danih podatkov smo izračunali masno bilanco vnesenega in izpranega nitratnega dušika v tem času in opredelili letno, sezonsko in mesečno masno bilanco

nitratnega dušika v gozdnatem porečju Padež. Ker se količine nitratnega dušika v okolju zaradi naravnih dejavnikov in antropogenih dejavnosti nenehno spreminjajo, smo pridobljeno znanje uporabili pri napovedi odziva porečja ob spremembi količin atmosferskega vnosa, spremenjeni pokrovnosti tal in v primeru klimatske spremenljivosti, ter posledičnega povišanja povprečnih letnih temperatur in količine padavin.

## 1.2 Cilji diplomske naloge

- Opredeliti masno bilanco nitratnega dušika v porečju na letni, sezonski in mesečni ravni
- Opredeliti mehanizme, ki uravnavajo spiranje nitratnega dušika iz porečja
- Opredeliti mehanizme, ki uravnavajo vnos nitratnega dušika v porečje
- Določiti obdobja, ko porečje deluje kot izvor in obdobja, ko deluje kot ponor za nitratni dušik
- Opredeliti sezonski vpliv na intenzivnost biološke fiksacije dušika
- Ugotoviti spremembe masne bilance v času posameznih padavinskih dogodkov
- Opredeliti vpliv splošnih okoljskih sprememb na gibanje masne bilanc dušika v porečjih

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Analiza ekosistema

Ekosistem je interakcija med živim in neživim svetom oziroma z drugimi besedami biotopa in biocenoze, njegovo delovanje je odvisno od medsebojnega prepletanja različnih dejavnikov (McDonnell in Tanaka, 2001). Pomanjkanje natančnih informacij o povezavah in gibanju snovnih in energijskih tokov v ekosistemu vodi v napačne pristope pri reševanju problemov njihove onesnaženosti. Tradicionalna praksa poudarja strategije, ki rešujejo probleme tako, da povečujejo izhod nezaželenega produkta ne da bi preučili sekundarne posledice, ki jih lahko tako dejanje povzroči. Naravne prehranjevalne verige so zato velikokrat močno obremenjene s pesticidi, odtok in pronicajoča voda posledično vsebujeta velike količine onesnažil iz gnojnic in odpadnih kmetijskih vod. Zaželen je nov konceptualni pristop, ki temelji na ideji, da je ekosistem enotna vzajemno delujoča enota, ki jo je potrebno celostno obravnavati (Wade et al., 2002). Ukrepi tako ne smejo biti usmerjeni na spremljanje le posameznih komponent ekosistema. Spremljati je potrebno tako biološko strukturo in njeno diverzitetu, geološko heterogenost, klimo in sezonske spremenljivosti ter kontrolirati vodne in kemijske tokove v in izven ekosistema. Primer neupoštevanja kompleksnosti ekosistemov je sečnja gozdov brez vnaprej predvidenih posledic, ki jih ima tak poseg na regionalne zaloge in kakovost vode, življenje divjih živali in estetske vrednosti ali nekontrolirano izsuševanje mokrišč in njihova nadaljnja uporaba v komercialne namene brez konkretne presoje izgub hidrološke, biološke, estetske in komercialne vrednosti (Likens, 1995).

### 2.2 Kroženje hranil v terestičnem ekosistemu

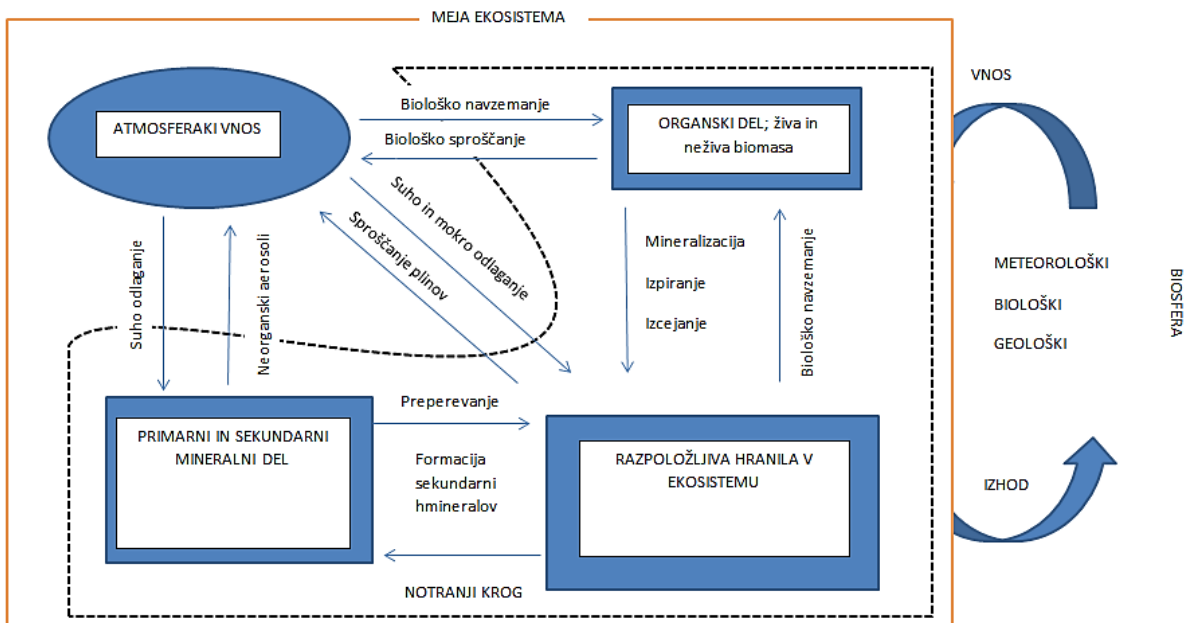
Kroženje elementov med biotopom (atmosfera, tlemi in vodo) in biocenozo imenujemo biogeokemično kroženje elementov. Ekosistemi neprestano izmenjujejo (pridobivajo ali izgubljajo) snovi in energijo z drugimi ekosistemi in biosfero in zato so biogeokemični krogi ključni pri vzdrževanju zdravja ekosistemov (Trudinger in Swaine, 1979). Na sliki 1 je prikazano kroženje hranil v terestičnem ekosistemu. Vnos in izhod snovi v in izven obravnavanega ekosistema določajo tokovi energije, vode, hranil in ostalih materialov, ki so odvisni od meteoroloških, geoloških in bioloških dejavnikov (Likens, 1995).

Meteorološki dejavniki vplivajo na izmenjavo snovi z vetrnim nanašanjem in odnašanjem delcev, vnosom raztopljenih delcev v dežju in snegu, aerosolov in plinov.

Geološki dejavniki vključujejo prenos trdnih in raztopljenih snovi s površinskimi in podpovršinskimi vodnimi tokovi ter koluvijalnim gibanjem materialov.

Biološki dejavniki predstavljajo prehod živih organizmov iz enega ekosistema v drugega, kar vpliva na spreminjanje tokov energije in elementov.

Pri preučevanju porečij je biogeokemijsko kroženje elementov tesno povezano s hidrološkim krogom, saj biogeokemijski tokovi v ekosistemu vplivajo na sestavo pronicajoče vode. Pri določanju masne bilance snovi (npr. nitrata) v porečju moramo zato simultano meriti kakovost in pretok odtekle vode (Likens, 1995).

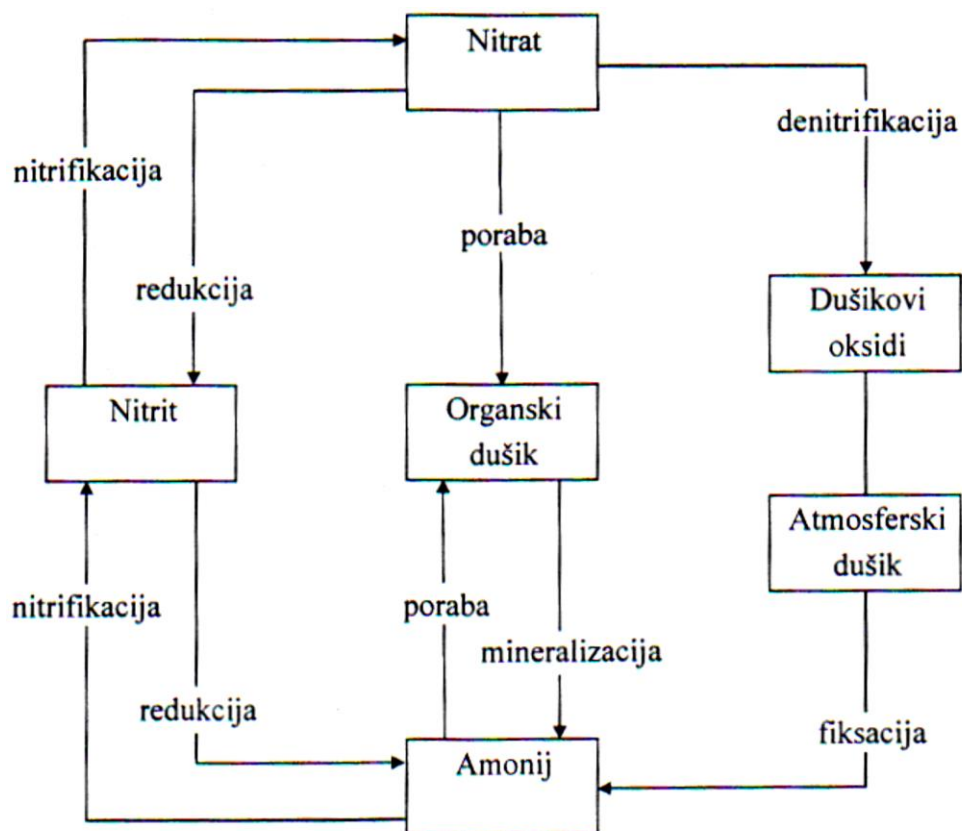


Slika 1: Kroženje hranil v terestičnem ekosistemu (povzeto po Likens, 1995).

### 2.2.1 Kroženje dušika

Kroženje dušika v naravi (slika 2) opišemo z dušikovim ciklom, ki predstavlja enega izmed pomembnejših biogeokemičnih ciklov v naravi. Glavni biološki procesi na dušiku v biosferi so (Stopar, 2013):

- biološka fiksacija dušika
- mineralizacija dušika (amonifikacija)
- nitrifikacija (heterotrofna in autotrofna)
- denitrifikacija
- asimilacija dušika (imobilizacija)



Slika 2: Shematični prikaz kroženja dušika (Grando, 2008).

Biološka fiksacija dušika predstavlja z ekološkega stališča enega najpomembnejših procesov v biologiji, saj omogoča vračanje atmosferskega dušika v organsko obliko. Da bi iz organskih oblik dušika pridobili anorganske oblike mora priti do mineralizacije dušika. Običajno je glavni produkt mineralizacije amonij zato temu procesu z drugimi besedami rečemo tudi amonifikacija. Gonilno silo mineralizacije dušika predstavlja mineralizacija ogljika. Pri razgradnji ogljika mikroorganizmi razgradijo organsko snov pri tem pa se sprostijo tudi drugi elementi (npr. dušik), del teh se porabi za sintezo nove biomase. Mineralizacije dušika so sposobni skoraj vsi mikroorganizmi, zato je potencialna mineralizacija vedno prisotna, njena hitrost pa je odvisna od (Stopar, 2013) :

- vlage
- aeracije
- pH
- temperature
- anorganskih hranil
- talnih koloidov

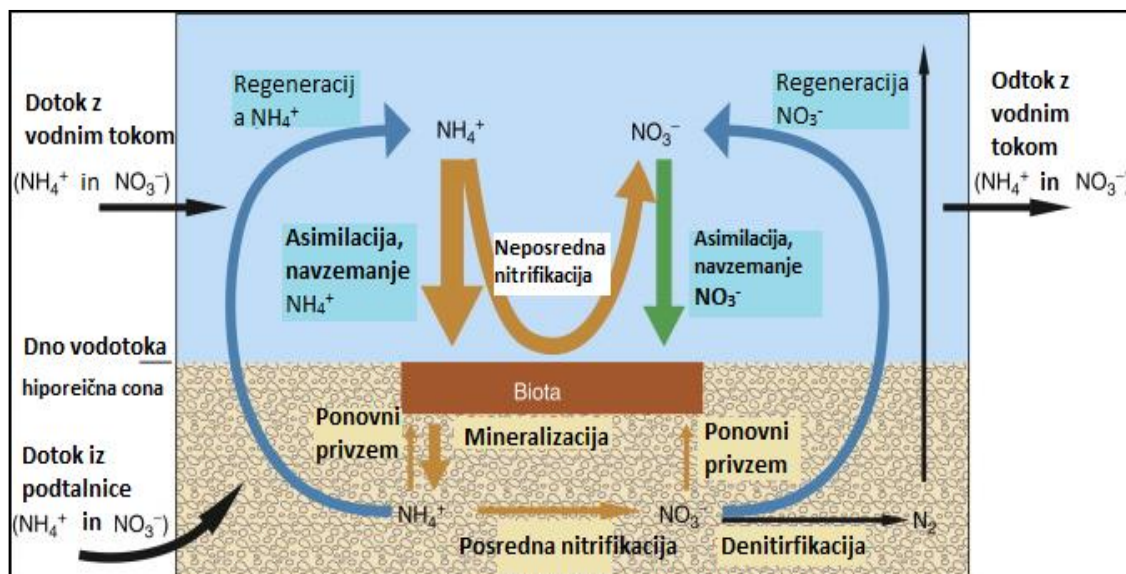
Ko mikroorganizmi mineralizirajo organsko snov potrebujejo pri tem procesu vir energije, ogljika, dušika in ostalih hranil. Če dušika v mineralizirani organski snovi ni dovolj za rastne

potrebe mikroba potem ga le ta asimilira iz raztopine. Mineralni dušik, ki je bil z asimilacijo vgrajen v organsko snov je imobiliziran in ni dostopen drugim organizmom (npr. rastlinam). Ali bo prišlo do neto mineralizacije ali imobilizacije je odvisno od tega ali je heterotrofna produkcija limitirana z ogljikom. Če je ogljik limitni faktor potem običajno pride do neto mineralizacije, v kolikor je limitni faktor dušik pride do neto imobilizacije, to naj bi se zgodilo pri razmerju C : N je 20 : 1 (Stopar, 2013).

Razpadajoča organska snov se v procesu mineralizacije oziroma amonifikacije spremeni v amonijev ion  $\text{NH}_4^+$ , ki predstavlja izhodiščno spojino za nadaljnje pretvorbe. V vodnih okoljih ob prisotnosti kisika poteče mikrobni proces nitrifikacija. Pri tem procesu pride do pretvorbe amonijevega dušika v oksidirane oblike. Proces nitrifikacije poteka v dveh stopnjah, v prvi stopnji kot produkt nastane nitrit  $\text{NO}_2^-$  v drugi nitrat  $\text{NO}_3^-$ . Nitrat je hranilna snov za vse primarne producente, ki ga kot vir dušika asimilirajo in vežejo v organske snovi. Povečana asimilacija v vodnem sistemu pospeši rast alg in makrofitov ter potencialno evtrofnost. V obdobju nizkih temperatur druga stopnja ne poteče, zanjo je namreč značilna prisotnost nitrobakterij, ki optimalno delujejo pri bazičnem pH in temperaturi  $20^\circ\text{C}$ . Če so temperature prenizke, nitrobakterije ne delujejo, kar privede do nepopolne nitrifikacije. V okolju se pojavi povečana količina nitrita, ki velja za škodljivo snov, saj lahko z zaviranjem privzema kisika pri otrocih povzroči smrt, z dotokom v podtalnico pa ta postane nepitna. Pride lahko tudi do obratnega anaerobnega mikrobnegega procesa denitrifikacije (redukcije) v katerem bakterije pretvarjajo organske dušikove spojine nazaj v elementarni dušik ( $\text{N}_2$ ) (Gradno, 2008).

### **2.2.2 Dušik v tleh gozdnih ekosistemov**

Količina dušika v tleh, ki je dostopna rastlinam za navzem ali nadaljnjo mobilizacijo s padavinskim odtokom je odvisna od bioloških in kemičnih transformacij, med katerimi sta najpomembnejši imobilizacija in mineralizacija (Merrington, 2002). Mineralizacija organskih dušikovih spojin ter nadaljnja nitrifikacija se najintenzivneje odvija v zgornjih talnih horizontih, posledica tega je, da z globino vsebnost dušikovih spojin upada (Bishop et al., 2004; Worrall in Burt, 1999, cit. po Rusijan, 2008). Za mineralizacijo dušika so odgovorni mikroorganizmi, zato mora biti prst dovolj vlažna in topla in vsebovati dovolj ogljika, da je delovanje mikroorganizmov optimalno (Merrington, 2002). Velja da se poraba dušika s strani heterotrofnih mikrobov ob višjih vrednostih razmerja C/N poveča. Pride do imobilizacije dušika v tleh in zmanjšanja razpoložljivih količin za nadaljnjo nitrifikacijo in odtok s pronicajočo vodo. Poti kroženja dušika v vodotoku so prikazane na sliki 3.



Slika 3: Kroženje dušika v vodotoku (povzeto po Heggie, 1999).

Biogeokemijski procesi v tleh veljajo za enega glavnih kontrolnih dejavnikov, ki uravnavajo količino zaloge in s tem dostopnost različnih oblik dušikovih spojin gozdni vegetaciji (Beachtold et al., 2003). Kroženje dušika je sezonsko pogojeno glede na stopnjo aktivnosti vegetacije. V obdobju neaktivnosti vegetacije pozno jeseni, pozimi in zgodaj spomladi so bile v številnih gozdnih ekosistemih v vodotokih opazne povišane koncentracije raztopljenega neorganskega dušika (večinoma nitrata). Če v istem obdobju prihaja do zmanjšane sposobnosti navzemanja, obenem pa poteka intenzivnejša mineralizacija dušikovih organskih spojin, pride do velikih izgub dušika s padavinskim odtokom (Vanderbilt et al., 2003; Lajtha et al., 1995; Johnson in sod., 1997, cit. po Rusjan, 2008). V razvitih gozdnih zmernih geografskih širin se je v gozdnih tleh sposobna akumulirati velika količina organskih in neorganskih dušikovih spojin (Lovett et al., 2000; Goodale, 2002; Fitzhugh et al., 2003). Do povečanja velikosti zaloge neorganskih oblik dušika v tleh pride, ko stopnja mineralizacije preseže sposobnost flore in favne gozdnih tal ter gozdne vegetacije, da imobilizirajo oz. asimilirajo dodatne količine neorganskega dušika. Te dodatne količine neorganskega dušika v gozdnih tleh predstavljajo presežek neorganskega dušika za gozdni ekosistem in se akumulirajo v sistemu gozdnih tal, dokler hidrološki pogoji ne omogočijo njihove mobilizacije (Rusjan, 2008).

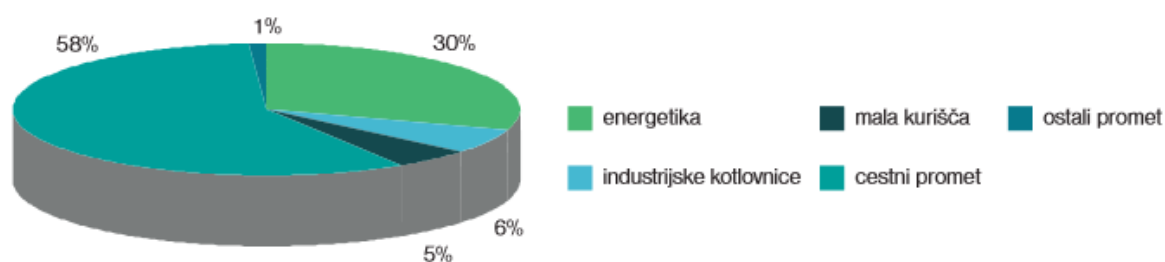
### 2.2.3 Atmosferski dejavniki vnosa hranil

Človekova dejavnost od industrijske revolucije dalje vedno bolj ogroža zemeljski ekosistem. Ena od njenih posledic je onesnaževanje zraka. Vsaka snov v zraku še ni onesnaževalo. Na splošno onesnaženost zraka opredeljujemo kot obstoj nekaterih onesnaževal v ozračju v količinah, ki negativno vplivajo na zdravje ljudi, okolje in kulturno dediščino (zgradbe,

spomenike in druge materiale) (EEA, 2013). Poznamo onesnaževala biogenega (emisije iz gozdov, morja, delujočih vulkanov ipd.) ali antropogenega (industrija, promet, termoelektrarne ipd.) izvora, v okviru zakonodaje pa se upošteva le onesnaženost iz antropogenih virov. Na kakovost zraka močno vpliva zgorevanje fosilnih goriv, izhlapevanje hlapnih organskih spojin ter njihove fotokemijske reakcije z drugimi onesnaževali v atmosferi.

Merilne postaje, s katerimi spremljamo kakovost zraka, nam lahko v nekaj minutah pokažejo kemijsko sestavo zraka na izbranem merilnem mestu ter dolgoročna gibanja (trende) posameznih onesnaževal. Zavedati se moramo, da so meritve odvisne od lokacije in časa, posebno vlogo pri meritvah onesnaževal imajo vremenski vzorci, krajinske značilnosti, čas zajema podatkov ter razdalja od vira izpusta (EEA, 2013).

Globalni in lokalni vetrovi vplivajo na kroženje onesnaževal zraka. Del onesnaženosti je tako posledica daljinskega transporta onesnaževal na velike razdalje. V Slovenijo vetrovi prinašajo onesnaženje, ozon in delce, predvsem iz Italije, območji Padske nižine in Tržaškega zaliva. Posledično so merjene koncentracije najvišje na območju Primorske. Omeniti moramo tudi onesnaženje zraka s prizemnim ozonom. Le-ta nastaja pri fotokemijskih reakcijah v interakciji z drugimi onesnaževali v atmosferi. Med predhodnike ozona uvrščamo tudi dušikove okside (Brencelj in Kušar, 2003). Na sliki 4 je prikazana sestava dušikovega oksida glede na vir onesnaženja v letu 2008. Največ dušikovih oksidov pride iz cestnega prometa, sledita mu energetika in kmetijstvo.



Slika 4: Dušikov oksid, glede na vir onesnaženja (ARSO, 2004).

Na gibanje zračnih mas v Sloveniji vplivajo predvsem geografska lega, Alpe in razgibanost površja. Slovenija leži v zmernih širinah severne poloble in je pod vplivom zahodne zračne cirkulacije zato prevladujejo zahodni vetrovi (Bertalanič, 2005). Značilno je menjavanje ciklonskega in anticiklonskega vremena. Pozimi se cikloni pomaknejo proti jugu, kar vpliva na razporeditev padavin v sredozemskem podnebnju, le-te se pojavijo večinoma pozimi,



medtem ko se poleti v južnih delih Evrope pojavijo predvsem konvekcijske padavine, poletni cikloni pa so posledica gibanja zračnih mas iz jugozahoda (Ogrin, 2012).

Burja prične pihati po prehodu hladne fronte, ko se hladnejši, gostejši zrak, potem ko je zapolnil nižinski svet na celinski strani visokih dinarskih planot, začne prelivati na primorsko stran. Ob močni, ciklonalni burji lahko obilno dežuje ali celo sneži do obale. Topel in vlažen veter, ki se v hladni polovici leta pogosto izmenjuje z burjo je jugo. Gre za jugovhodni veter, ki piha med Dinaridi in Apenini. Prinaša oblačno in deževno vreme, nastane pa pred hladno fronto ob prečkanju sredozemskega ciklona (Ogrin, 2012).

Obvladovanje in zmanjševanje izpustov zraka je eden glavnih ciljev Nacionalnega programa varstva okolja 2005-2012. Eno onesnaževalo običajno ureja več kot le en pravni predpis. Pomembni dokumenti, ki urejajo kakovost zraka so CLRTAP oziroma Konvencija o onesnaženosti zraka na velike razdalje preko meja ekonomske komisije Združenih narodov za Evropo, Direktiva 2001/81/ES o nacionalnih zgornjih mejah izpustov za nekatera onesnaževala zraka ter protokol o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona (Kovač in Zupan, 2009).

### **2.3 Računanje masne bilance dušika**

Povečano število antropogenih dejavnosti v zadnjem stoletju je privedlo do povečanja količin dušika v okolju, po nekaterih ocenah, naj bi se vnos dušika na globalni ravni v drugi polovici 20. stoletja podvojil (Vitousek et al. 1997). Veliko nevarnost za ekosistem predstavljajo predvsem povečane količine nitratnega dušika, ki predstavlja enega izmed najpomembnejših hranil v okolju saj ga rastline potrebujejo za zdravo rast in razvoj (OECD, 2007). Kmetje z uporabo gnojil obogatijo tla z dušikom, le-ta se v vodi raztopi in rastline ga prek svojega koreninskega sistema absorbirajo, presežki pa se s padavinskim odtokom iz prispevnega območja izperejo. Prevelika količina hranil v občutljivih ekosistemih lahko popolnoma spremeni ravnovesje med vrstami, kar vodi v izgubo biotske raznovrstnosti na prizadetem območju, v sladkovodnih in obalnih ekosistemih pa prispeva k cvetenju alg (EEA, 2013.). Če želimo predvideti vplive spremenjenih količin dušika v obtoku na ekosisteme je poznavanje njegove masne bilance ključnega pomena.

Z masno bilanco dušika opišemo spreminjanje njegovih količin v nekem časovnem ali prostorskem okvirju. Izražamo jo v kilogramih dušika na hektar prispevne površine. Pri računanju sezonskih zalog dušika v ekosistemu upoštevamo dva kriterija. Kot prvo določimo usmerjenost izmenjave snovi torej ali se neto gledano, dušik v ekosistem vnaša ali se iz njega izgublja, kot drugo določimo magnitudo izmenjave oziroma spremembo v količini med neto vnosom in izgubo dušika v ekosistemu (Likens, 1995).

Masna bilanca dušika v posameznih komponentah hidrološkega kroga letno, predvsem pa sezonsko močno varira, zato so za analizo spremenljivosti potrebna dolgoletna merjenja in spremljanja hidrološke bilance in vsebnosti dušika (Likens, 1995).

### **2.3.1 Vnos dušika v porečje**

Največ dušika se v porečje vnese s padavinami (mokra depozicija - odlaganje) manjši del pa s suho depozicijo nekaterih dušikovih spojin ter biološko fiksacijo dušika. Povprečne ocene vnesenega dušika iz atmosfere se gibljejo od 1 do 5 kg-N/ha/leto na območjih brez industrijskega onesnaženja do več kot 25 kg-N/ha/leto na intenzivno kmetijskih in industrijskih območjih v Evropi (Binkley, 2000). Biološko fiksacijo dušika omejujejo okoljske razmere in zaloge ogljikovega substrata. Stopnja biološko fiksiranega dušika je letno manjša od nekaj kilogramov na hektar površine (Mitchell, 1996). Na območju Slovenije so tako s spremljanjem kemijske sestave in količine padavin v letu 2010 na območju Brda določili količino vnosa nitratnega dušika v gozdnem ekosistemu in na prostem. Pod krošnjami drevja se je vneslo 5 kg/ha nitratnega dušika, količine pa so primerljive z naraščanjem oziroma padanjem vnosa nitratnega dušika v depozitih na prostem (4 kg/ha), vendar so za 1 kg/ha višje. Ta podatek nakazuje na to, da je pomembnejši doprinos nitrata iz atmosfere kot iz gozdnega sestaja (Simončič, 2011).

### **2.3.2 Izpiranje dušika iz porečja**

Variabilnost količin transportiranega dušika je pripisana številnim biotskim in abiotskim dejavnikom, med drugim povečanim količinam vnosa dušika iz atmosfere (Vitousek et al., 1997), pedološkim razmeram (Lovett et al., 2002), razvojni stopnji ter strukturi gozda (Goodale et al., 2002) ter hidrologiji in topografiji (Creed in Band, 1998a; Creed in Band, 1998b). Dušik se ob vstopu v ekosistem (porečje) veže na sorptivne dele tal in je kot tak podvržen izpiranju, obenem velja, da je od vseh za rastline potrebnih hranil, najbolj mobilan. Iz porečja se izgublja zaradi (Grando, 2008):

- absorpcije rastlin in mikroorganizmov (biotična fiksacija)
- denitrifikacije (v anaerobnih razmerah)
- izpiranja
- izhlapevanje

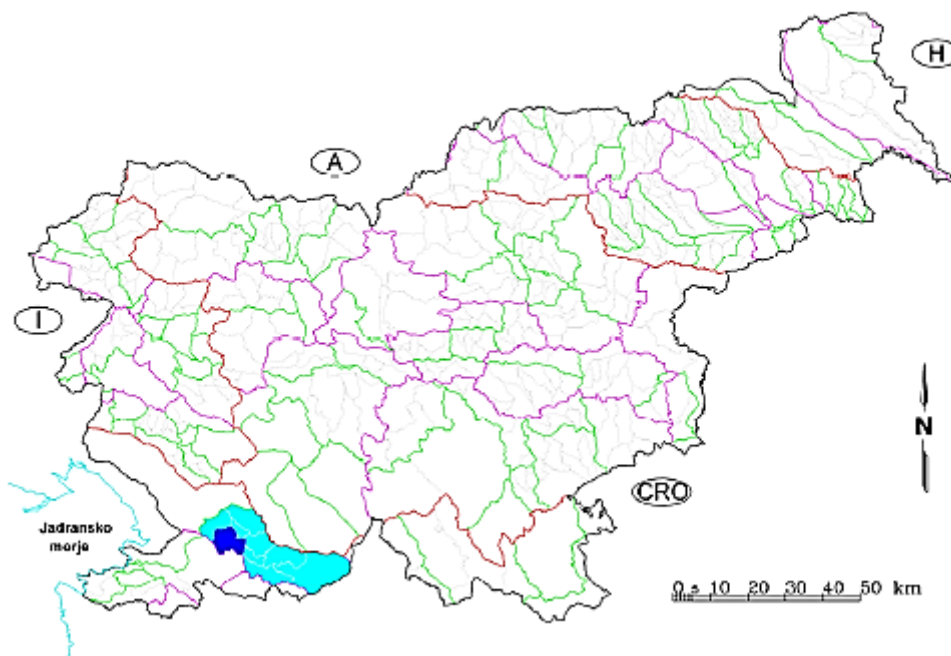
Hidrološki kontrolni mehanizmi uravnavajo zadrževalne čase padavinskega odtoka in s tem interakcijski čas med padavinskim odtokom in produkti biogeokemijskih transformacij v talnih horizontih ter znotraj samega vodnega telesa (vodotoka), zato imajo ključno vlogo pri opredeljevanju količin dušika, ki dosežejo vodotok in se po njem spirajo (Rusjan, 2008). Količine dušika, ki se z odtokom sperejo z gozdnatih prispevnih območij in dejansko

predstavljajo izgubo ali presežek hranila za gozdni ekosistem, so zelo različne v odvisnosti od strukture gozda in klimatskih razmer, večinoma pa se gibljejo med 5 in 10 kg-N/ha/leto (Cirmo in McDonnell, 1997; Lewis et al., 1999; Binkley et al., 2000; Binkley et al., 2004, cit. Rusjan, 2008). V Sloveniji se prekoračitve pojavljajo zelo raztreseno vendar površinsko v zelo majhnem obsegu. Izračuni kažejo, da prihaja do prekoračitev na manj kot 1 % gozdnih območij Slovenije (Eler et al., 2010).

### 3 METODE DELA

#### 3.1 Opis porečja

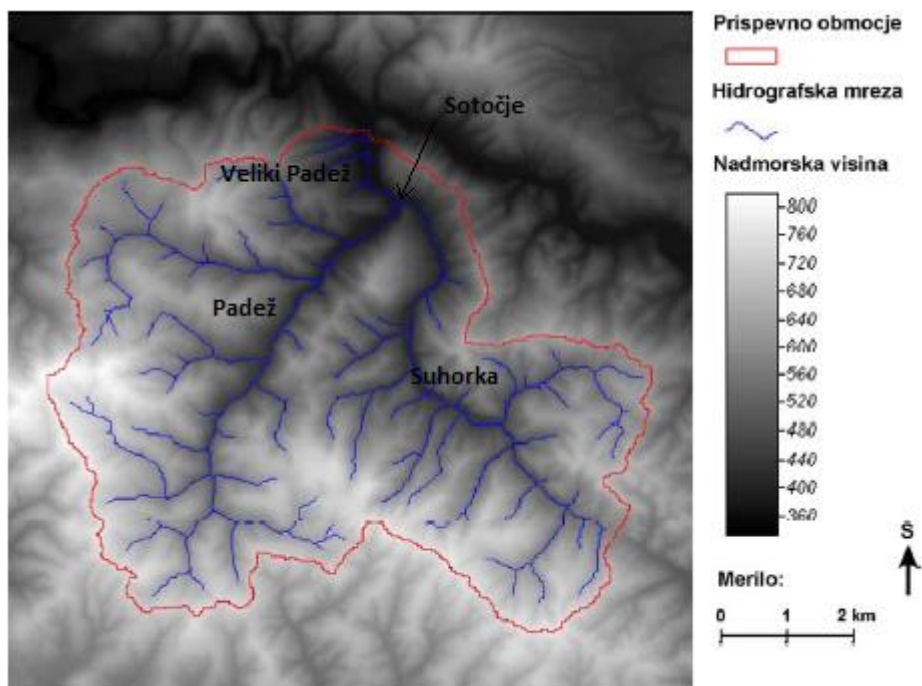
Porečje Padež se nahaja na območju Brkinov, na samih obronkih Brkinskega gričevja, se nahajajo manjša naselja (Prelože, Tatre, Kozjane). Povprečna gostota poselitve znaša pod 5 ljudi/km<sup>2</sup>. Porečje reke Reke obsega 422 km<sup>2</sup> od katerih 43,7 km<sup>2</sup> zavzame porečje Padež. Na sliki 5 padavinskih območji vodotokov Republike Slovenije je s temnomodro označen položaj porečja Padež in s svetlomodro položaj porečja reke Reke (Rusjan, 2008).



Slika 5: Porečje reke Reke (svetlomodra) in Padeža (temnomodra) (Šraj, 2000).

##### 3.1.1 Geologija in geomorfologija

Prispevno območje Padeža leži v hribovitem območju Brkinov z najvišjo nadmorsko višino 811 m. Širše področje se v geološkem smislu označuje kot Brkinski terciarni bazen, ki ga sestavljajo eocenske kamnine, fliš. S hidrogeološkega vidika sodijo flišne plasti v skupino nepropustnih oz. slabo prepustnih kamnin na katerih se najpogosteje tvorijo površinski vodni tokovi (Geoinženiring, 2004). V osrednjem delu ozemlja se nahajajo najmlajši sedimenti, katere sestavljajo aluvialni nanosi potokov Padeža in Suhorke. Glede na zrnavostno sestavo se med aluvialnimi plavinami najpogosteje nahajajo prodi, peski in v manjši meri glineni delci. Potoka Padeža in Suhorka ter njuni pritoki so v erodibilno osnovno hribino vrezali globoke doline (Rusjan, 2008).

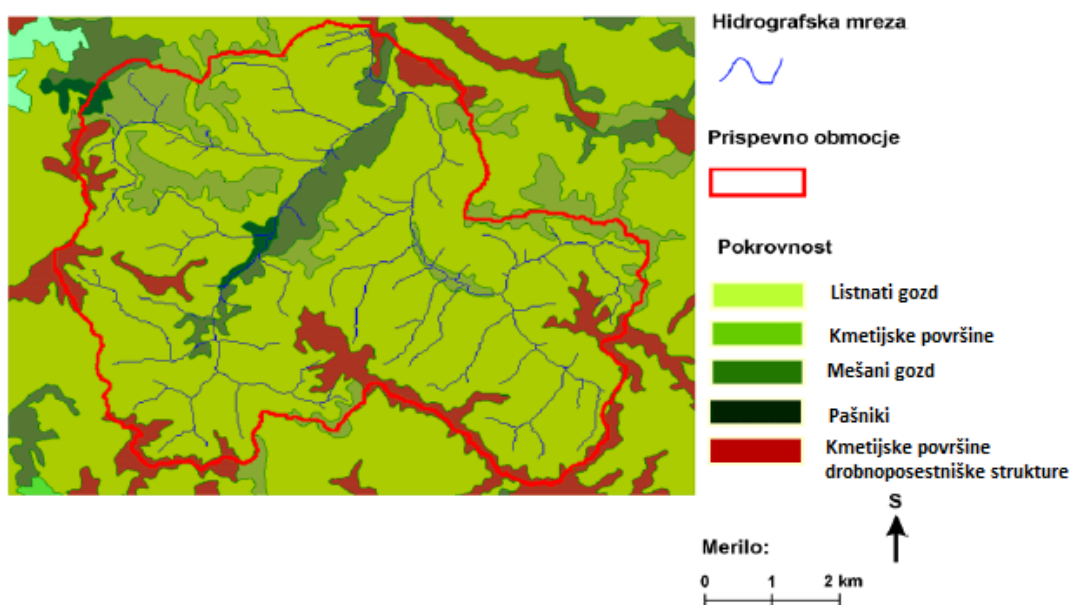


Slika 6: Prispevno območje Padež in hidrografska mreža vodotoka (Rusjan, 2008).

Na sliki 6 je prikazan digitalni model reliefa prispevnega območja Padež z generirano mrežo vodotokov, prostorska natančnost znaša 25 m (GURS, 2002).

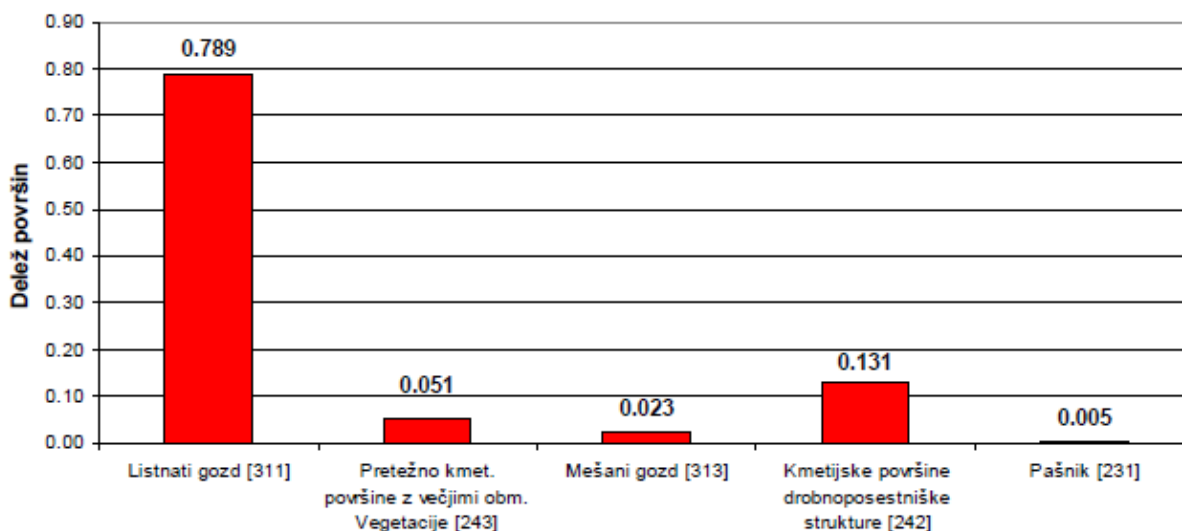
### 3.1.2 Pedologija in pokrovnost tal

Na območju Brkinov so se razvila tla kislega pH, gre za humusna silikatna tla, prisotni so tanki humusni sloji na flišni podlagi.



Slika 7: Prostorska razporeditev pokrovnosti tal na prispevnem območju Padež (Rusjan, 2008).

Slika 7 prikazuje razporeditev pokrovnosti tal na prispevnem območju Padež, ki je povzeta po klasifikaciji pokrovnosti tal CORINE. Deleži posamezne pokrovnosti so prikazani na sliki 8. Več kot 80 % območja prekrivajo gozdovi, preostali del pripada različnim kmetijskim površinam.



Slika 8: Deleži posamezne pokrovnosti tal na prispevnem območju Padež (Rusjan, 2008).

### 3.1.3 Klimatske razmere

Brkini predstavljajo klimatsko prehodno območje med primorsko in celinsko Slovenijo, ki se kaže v spremenljivosti podnebnih razmer na kratkih razdaljah. Prehodnost podnebja se najbolj odraža v temperaturah in značilni vetrovnosti. S celine piha burja, z morske strani pa toplejši vetrovi (Šebenik, 1996). Na klimatske razmere močno vpliva tudi orografska usmerjenost, različna nagnjenost pobočji v razmerju do kontinentalnih klimatskih vplivov s severovzhoda ter primorskih z južne in zahodne strani (Klemenčič, 1959). Najbližja meteorološka postaja se nahaja v Ilirski Bistrici, ta je od prispevnega območja Padež oddaljena 20 km, v neposredni bližini Škocjanskih jam deluje avtomatska meteorološka postaja (Rusjan, 2008).

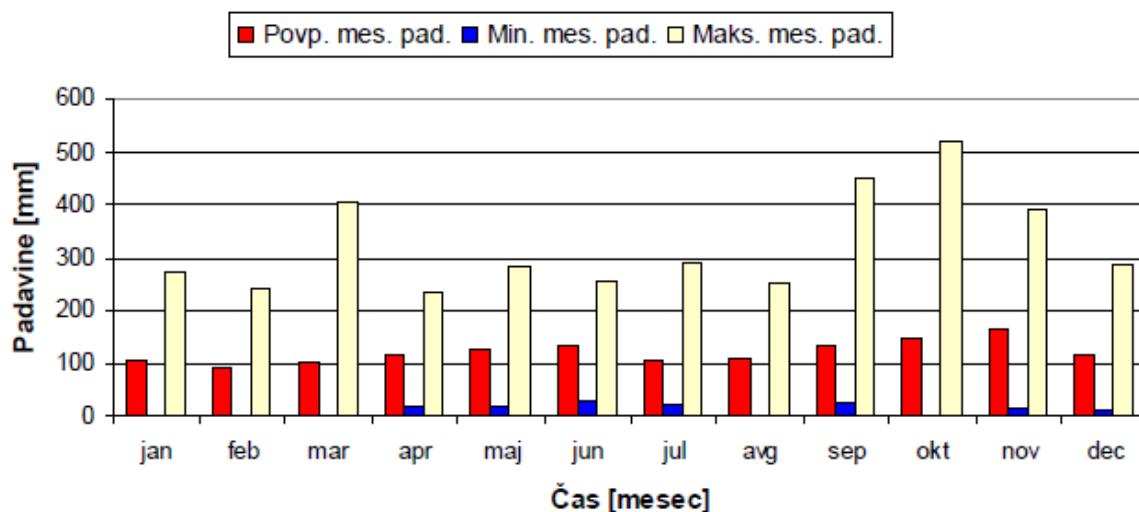
#### 3.1.3.1 Temperatura

Povprečna letna temperatura v Ilirski Bistrici znaša 9,6 °C, srednja januarska temperatura 0,8 °C, srednja julijska temperatura zraka pa 18,7 °C (Uljan, 2000). V Ilirski Bistrici znašajo povprečna minimalna letna/januarska/julijska temperatura zraka 4,4 °C/-3,4 °C/12,1 °C, povprečna maksimalna letna/januarska/julijska pa 15,5 °C/5,3 °C/25,5 °C (Klimatografija Slovenije, Temperature 1961–1990, 1995). V Brkinih nad 500 m n. v. znaša povprečna letna temperatura zraka 8 do 9 °C, srednja januarska temperatura je okrog 0 °C, izpostavljene grebene v Brkinih skoraj vedno hladi veter (Šebenik, 1996). V Ilirski Bistrici traja vegetacijska

doba pri pragu 5 °C od 14. 3. do 20. 11., kar znese 251 dni, medtem ko pri pragu 10 °C traja od 23. 4. do 18. 10. oziroma 178 dni (Meteorološki letopis, 1999).

### 3.1.3.2 Padavine

Najbolj reprezentativna padavinska postaja za prispevno območje Padež z dolgoletnim nizom podatkov (obdobje 1930 – 1983) je postaja Tatre. Maksimalne letne padavine v omenjenem merskem obdobju znašajo 2428 mm, minimalne 846 mm in povprečne 1447 mm. Viški padavin se pojavljajo predvsem v jesenskem času v obdobju september–december. Povprečne, minimalne in maksimalne mesečne količine padavin za padavinsko postajo Tatre so prikazane na sliki 9 (Rusjan, 2008).



Slika 9: Povprečne, minimalne in maksimalne padavine na padavinski postaji Tatre (Rusjan, 2008).

V najnižjih delih Brkinov, predeli z nadmorsko višino pod 500 m, znaša povprečna letna maksimalna debelina snežne odeje manj kot 20 cm, v višjih predelih z nadmorsko višino med 500 m in 600 m (osojna pobočja, severni del) oz. 700 m (prisojna pobočja, južni del) znaša povprečna letna maksimalna debelina snežne odeje med 20 do 30 cm. V najvišjih delih Brkinov se snežna odeja ohrani med 30–50 dni (Klemenčič, 1959), obdobja s snežno odejo pa so v zadnjih letih vse krajša (Rusjan, 2008).

### 3.1.4 Hidrološke lastnosti porečja

Za porečje Padež je zaradi nizke vodoprepustnosti flišne podlage značilna velika hidrološka odzivnost na padavinske dogodke. Zaradi topografskih lastnosti površja in dobro razvite hidrografske mreže prihaja do intenzivne formacije padavinskega odtoka. V spodnjem dolinskem delu, kjer je več aluvialnih naplavin, lahko Padež presahne. Prav tako kmalu po nastopu padavinskega dogodka zaradi hitrega padavinskega odtoka presahnejo manjši pritoki Padeža, katerih število je zaradi goste hidrografske mreže precejšnje. Ker porečje po

večini prekriva gozd, prihaja v vegetacijskem obdobju do velikih izgub zaradi evapotranspiracije (Rusjan, 2008).

### **3.1.5 Značilni vetrovi**

Že v uvodnem delu poglavja smo omenili, da je prispevno območje Padež pod vplivom različnih vetrov. Iz notranjosti piha burja iz morja pa toplejši veter jugo. Burja se pojavi za primorskimi grebeni po prehodu hladne fronte, ki dovede v deželo hladen zrak. Najmočnejša je takrat, ko je nad primorsko stranjo oz. Jadranom še topel zrak. Mrzel zrak, se preliva čez grebene in ustvarja vrtince, burja je zato hladen, suh in izrazito sunkovit veter, ki piha iz severovzhoda. Pojavlja se preko celotnega leta, najpogosteje pa v zimskem času. Jugo piha v vseh letnih časih, na severnem Jadranu najpogostejši spomladi. Prinaša toplino in zelo pogosto ga spremlja visoka vlaga, oblaki in dež. Najpogosteje piha iz jugovzhodne smeri, položaj naše obale in gorskih pregrad ob njej ga nekoliko kanalizira in okrepi (Petkovšek in Trontelj, 1987).

### **3.1.6 Kakovost zraka na širšem območju Brkinov**

Meritve kakovosti padavin, ki so v okviru merilne mreže ARSO v letu 2006 potekale na petih merilnih postajah po Sloveniji, so pokazale da imajo padavine na območju Škocjana najnižji pH in najvišjo koncentracijo nitratnih ionov. Onesnaženost zraka z delci PM10 ostaja problem, še posebno v zimskih mesecih, delci presežejo dovoljene koncentracije predvsem v hladnem delu leta ob suhem in stabilnem vremenu s temperaturnimi inverzijami po kotlinah in dolinah (Splichal, 2013). Severni, severozahodni in severovzhodni vetrovi so navadno hladni in suhi, po prehodu čez Alpe se še dodatno osušijo. K nam prinašajo onesnaženje iz severozahodnih območji Evrope. Burja povzroči, da se hladen in gostejši zrak iz severa, kot slap prelije pod toplejšega in redkejšega obmorskega in tako prenese onesnaženje iz severa (Petkovšek in Trontelj, 1987). Na območju primorske so bile izmerjene najvišje koncentracije ozona in njegovih predhodnikov (npr. dušikovih oksidov). Do tega pride zaradi delovanja zahodnih vetrov (MOPE, 2004), ki k nam transportirajo onesnaženja iz Padske nižine, ki se uvršča med najbolj antropogeno onesnažene regije v Evropi (Splichal, 2013). Skozi Padsko nižino potekajo pomembne prometne povezave, med vzhodno iz zahodno Evropo, obenem se tu nahaja tudi strateško pomembno mesto Bologna, ki povezuje južno in severno Italijo. Na celotni razdalji Padske nižine se pojavlja skoncentriran promet, ki močno vpliva na onesnaženost ozračja (Tositti, 2013). Zahodni vetrovi prinašajo tudi onesnaženje iz Tržaškega zaliva. Tu je predvsem pomemben pomorski promet s pristanišči v Trstu in Kopru. V celotnem Tržaškem zalivu je razvit tudi navtični turizem z več marinami. V zadnjem obdobju je bila v Trstu dograjena tudi sežigalnica trdnih odpadkov, ki je potencialni vir onesnaževanja ozračja (Ogrin, 2012). Zgoraj opisani vetrovi so odgovorni za transport



onesnaževal na območje porečja Padež, ki se z usedanjem ali izpiranjem z dežjem izločijo iz sistema (MOPE, 2004).

## **3.2 Metode zajema podatkov**

### **3.2.1 Padavine**

Slika 10 prikazuje avtomatski dežemer ONSET RG2-M na območju Tater s katerim so bili izmerjeni podatki o količini padavin na prispevnem območju Padež. Delež površine, ki jo je pokrival dežemer je bila izračunana z Thiessenovimi poligoni in znaša 0,19 površine prispevnega območja Padež. Dežemer deluje na principu zavratnega sistema, en zavrat predstavlja 0,2 mm padavin. Beleži se čas vsakega zavrata, podatki pa se shranjujejo s pomočjo prenosnega spomina (HOBO shuttle).



Slika 10: Dežemer na Tatrah (Rusjan, 2008).

### **3.2.2 Pretoki**

Merjenje nivojev gladin je v letih 2006 in 2007 potekalo neprekinjeno, s pomočjo dveh različnih inštrumentov so se izvajale meritve pretokov pri različnih vodostajih. Srednji in višji pretoki so bili merjeni z merilcem pretočnih hitrosti Flowtracker Handheld ADV, ki ima vgrajen poseben algoritem s katerim je omogočen neposredni izračun pretoka na podlagi merjenih pretočnih hitrosti in deluje na principu Doplerjevega pojava. Merjenje nizkih pretokov pa je potekalo s pomočjo prenosnega merilca Flo-Tracer, ki deluje na podlagi sledenja sprememb v koncentraciji sledila v vodotoku. Pretok izračuna s pomočjo časovne spremembe koncentracije sledila (npr. kuhinjske soli) v vodotoku (povzeto po Rusjan, 2008).

### **3.2.3 Kemizem vode**

Merjenje kemizma vode je potekalo z minisondo Hydrolab DataSonder 4. Sonda je opremljena s senzorji, ki poleg spremljanje koncentracije nitratnega dušika omogočajo tudi

merjenje temperature vode, pH-vrednosti, koncentracije raztopljenega kisika, elektroprevodnosti, višine vode in koncentracije skupnih raztopljenih snovi. Da so podatki kar se da natančni, je potrebno sondo redno vzdrževati in umerjati, glede na pričakovane fizikalne razmere (temperaturo, elektroprevodnost, pH-vrednosti), ki prevladujejo na terenu. Umerjanje sonde je potekalo dvakrat mesečno na fakulteti v Ljubljani. Poleg sonde aparaturo sestavljajo še prenosni spominski modul, kabel za prenos podatkov ter komunikacijski kabel za neposredno povezavo ročnega upravljalnika in osebnega računalnika. Kontinuirane meritve kemizma vode v vodotoku so se izvajale na vodomerni postaji Padež, zajem podatkov se je izvajal s 15-, 30-minutnim in urnim časovnim korakom. Za kontrolo delovanja multiparametrskih sond so služile laboratorijske analize, ki jih je v letih 2005 in 2006 izvajal Zavod za zdravstveno varstvo Maribor (povzeto po Rusjan, 2008).

### **3.2.3.1 Pridobitev podatkov s pomočjo programskega orodja WEKA**

S pomočjo programskega orodja WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) so bili analizirani merjeni podatki koncentracij nitratnega dušika v vodotoku v letih 2006 in 2007, ki so nato služili pri modeliranju koncentracij nitratnega dušika v [mg/l-N] v času, ko le-te niso bile izmerjene. Modelno drevo je bilo generirano z algoritmom M5 (Witten in Frank, 2005). Atributi, ki so bili pri tem upoštevani so: indeks predhodnih padavin za 3, 5, 7, 14 dni pred pojavom konice hidrograma odtoka v [mm], vsota padavin v obdobju 3, 6, 12, 24, 48 ur pred pojavom konice hidrograma odtoka v [mm], povprečna urna temperatura zraka v obdobju 1, 3, 7, 14 dni pred pojavom konice hidrograma odtoka v [°C], temperaturo vode v vodotoku v [°C], pretok v vodotoku v [m<sup>3</sup>/s] in delež nove vode v odtoku.

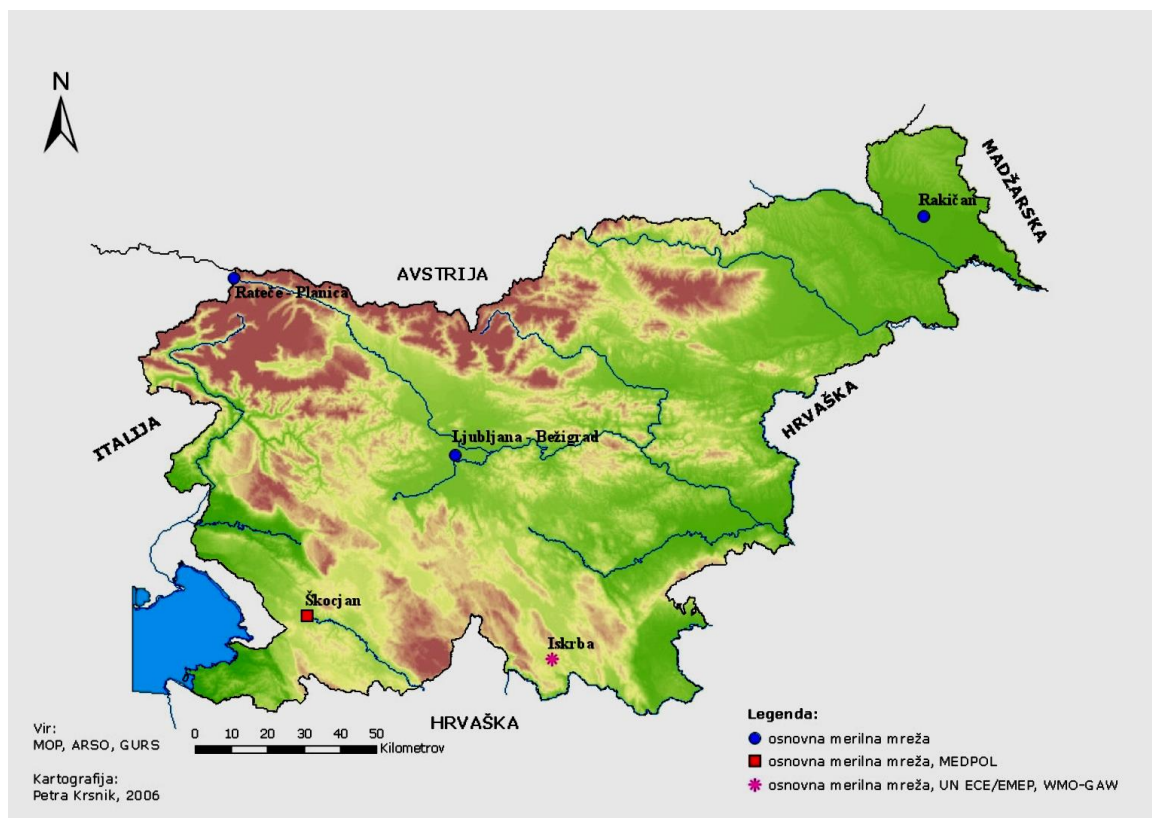
### **3.2.4 Kakovosti padavin**

Kemijska sestava padavin je merilo za stopnjo onesnaženosti zraka. Glavne sestavine padavin so produkti oksidacije onesnaževal v zraku, ki so v obliki disociranih kislin (npr. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) potencialni povzročitelji kislega dežja. Škodljive snovi se lahko iz zraka v zemljo vnesejo kot suhe usedline (plini ali trdni delci) ali kot mokre usedline (kapljice padavin; dež, sneg, aerosoli v megli), ki vsebujejo raztopljene soli (npr. nitrate) (Bolte, 2007).

Meritev kakovosti padavin so v letu 2006 in 2007 v okviru osnovne merilne mreže (meritve Agencije Republike Slovenije za okolje – ARSO) izvajali na petih merilnih mestih, med katerimi je tudi merilno mesto Škocjan, ki se nahaja na nadmorski višini 420 m, v relativno čistem in podeželskem okolju. V okviru programa MEDPOL se na tem merilnem mestu, po Barcelonski konvenciji spremlja vnos snovi v Sredozemsko morje. Na vseh merilnih mestih je vzorčenje potekalo neprekinjeno vsak dan. Zbiranje padavin je potekalo s pomočjo le-mokrih (wet-only) padavinskih vzorčevalnikov. Padavine se zberejo v posebni posodi, ki ne spremeni kemijske sestave padavin in daje zanesljive podatke o njihovi dnevni količini.

Vzorčuje se torej samo mokro usedlino (kapljice in padavine) zato podatkov o vnosu suhih usedlin nimamo. Posamezni dnevni vzorci padavin so bili združeni v tedenske vzorce (dnevni vzorci od ponedeljka do nedelje iste serije) in so bili nato kemijsko analizirani (Bolte, 2007).

Za merjenje koncentracij anionov in kationov v tedenskih vzorcih padavin je bila uporabljena merilna metoda ionska kromatografija (IC). Meja detekcije koncentracij nitratov je 0,006 mg/l. Uporabljena referenčna metoda ima oznako EN ISO 10304-1.



Slika 11: Osnovna merilna mreža z merilnimi mesti za meritve kakovosti padavin (Rusjan, 2008).

Sistem zagotavljanja kakovosti podatkov v letu 2006 in 2007 je moral slediti splošnim zahtevam programov EMEP in GAW. V preglednici 1 so prikazane zahtevane natančnosti in detekcije posameznih parametrov. Točnost laboratorijskih meritev se preverja z analizami certificiranih referenčnih materialov in s sodelovanjem v medlaboratorijskih primerjalnih shemah (EMEP, GAW). Pravilnost kemijskih analiz pa se preverja z računanjem ionske bilance (Bolte, 2007).

Preglednica 1: Zahtevane natančnosti in detekcije posameznih parametrov pri določanju kakovosti padavin (Bolte, 2007).

Parameter	Meja detekcije	Natančnost	
		Celotna	Laboratorijska
pH (enote pH)	-	± 0.1 enot pH pri pH > 5 ± 0.03 enot pH pri pH < 5	± 0.04 enot pH pri pH > 5 ± 0.02 enot pH pri pH < 5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg S/l)	0.02	0.02	0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg N/l)	0.02	0.01	0.01
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	0.04	0.02	0.02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/l)	0.02	0.02	0.01
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	0.02	0.02	0.01
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	0.01	0.01	0.01
Na <sup>+</sup> (mg/l)	0.02	0.01	0.01
K <sup>+</sup> (mg/l)	0.02	0.01	0.01
Višina padavin (mm) iz standardnega meteorološkega dežemera	0.02	0.2 dnevna 0.3 tedenska	- -
Višina padavin – vzorec (mm)	0.2	0.1 dnevna 0.3 tedenska	- -

## 4 REZULTATI

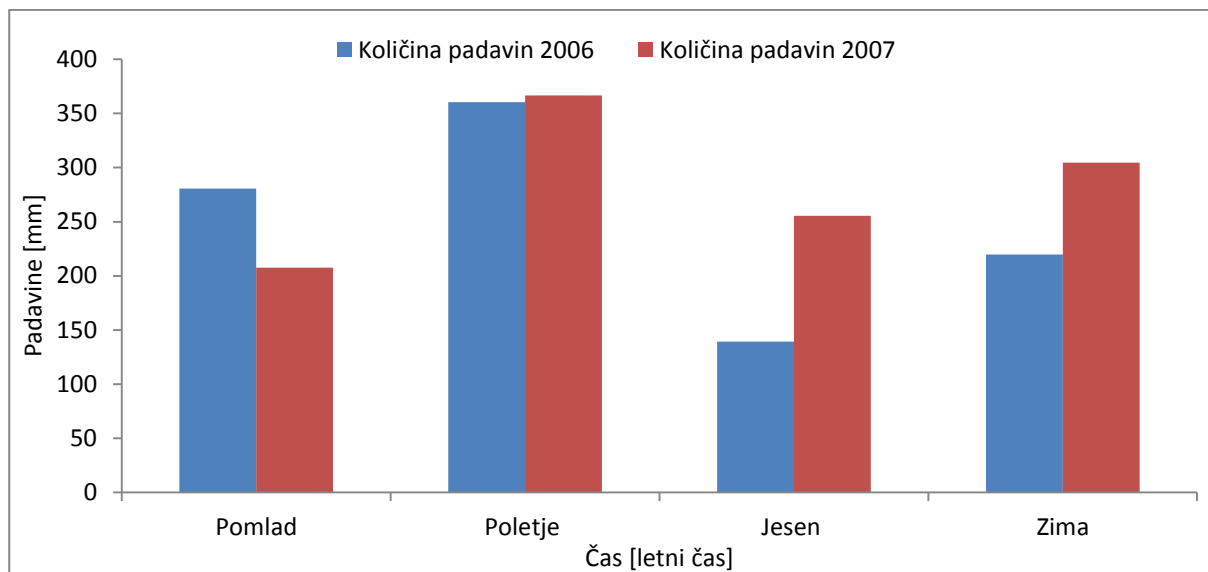
S pomočjo podatkov o urnih količinah padavin, gibanju pretokov in koncentracijah nitratnega dušika v vodotoku ter tedenskih koncentracijah nitrata v atmosferi smo izračunali vrednosti vnesenega in izpranega nitratnega dušika v kilogramih na hektar prispevnega območja in tako odgovorili na vprašanje, kako se spreminja masna bilanca nitratnega dušika v porečju Padeža.

### 4.1 Sezonske vrednosti

Letne podatke o gibanju pretokov in količini padlih padavin na območju porečja Padež smo z namenom raziskave sezonskih odvisnosti razdelili v štiri obdobja, glede na koledarske letne čase. Poletni pogoji trajajo od 21. junija do 23. septembra, jesenski od 23. septembra do 21. decembra, zimski od 21. decembra do 21. marca in pomladanski od 21. marca do 21. junija.

#### 4.1.1 Padavine

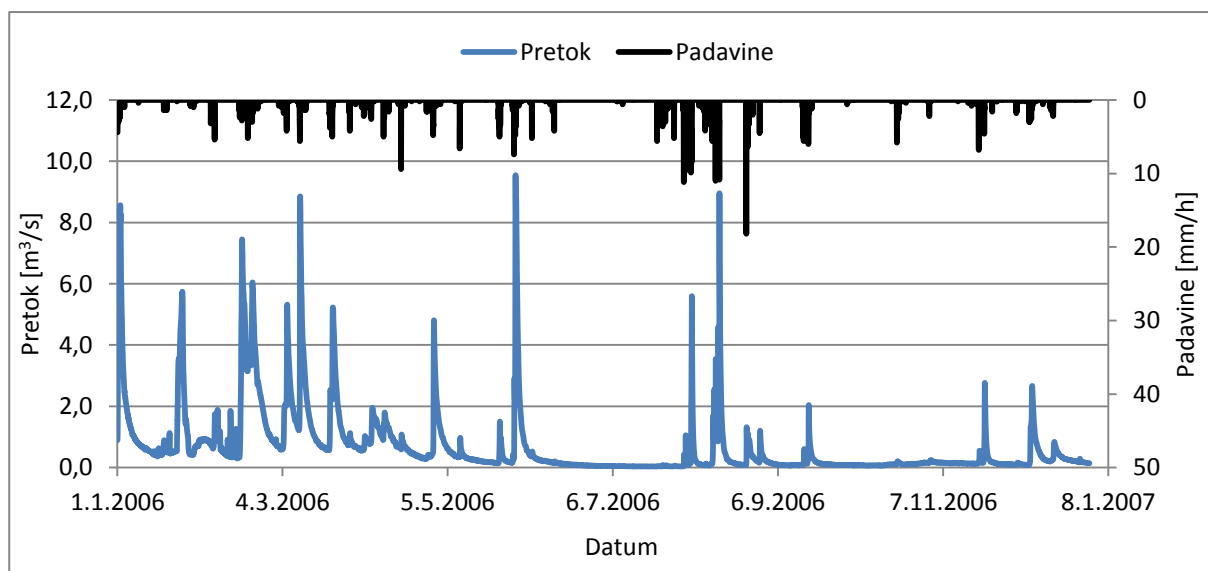
Na padavinski postaji Tatre so v letu 2006 in 2007 potekale neprekinjene meritve količine padavin. Skupno je na prispevno območje Padež v letu 2006 padlo 1000 mm padavin leta 2007 pa 1130 mm, v obeh letih je padlo manj padavin kot je dolgoletno povprečje, ki znaša 1447 mm padavin (KSH, 2006). Slika 12 prikazuje količino padavin v letu 2006 in 2007 za posamezni letni čas. V obeh letih je največ padavin padlo v poletnem času in sicer okrog 360 mm. Za padavinsko postajo Tatre je značilno, da se viški padavin pojavijo v jesenskem času, v letih 2006 in 2007 pa temu ni bilo tako, saj je znaten primanjkljaj padavin opazen prav v tem obdobju, ko so bile mesečne padavine izrazito manjše kot znašajo dolgoletne povprečne mesečne količine padavin v jesenskem obdobju. V letih 2006 in 2007 lahko govorimo o popolnem izpadu jesenskega deževnega obdobja (Rusjan, 2008).



Slika 12: Količina padavin na padavinski postaji Tatre v letih 2006 in 2007.

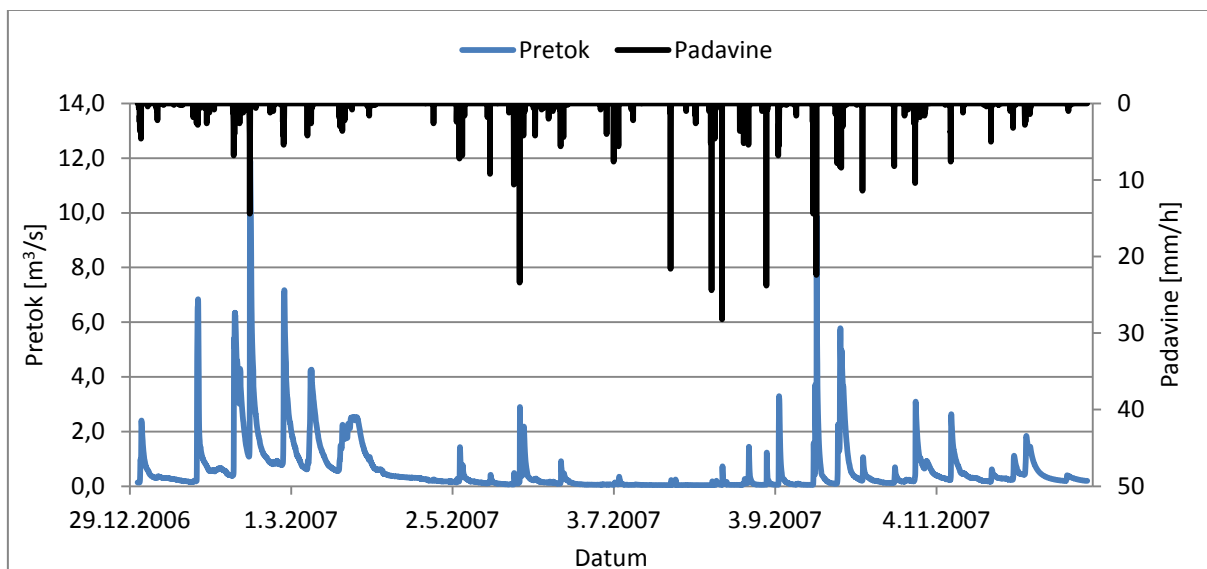
#### 4.1.2 Pretoki

Na sliki 13 so prikazane urne intenzitete padavin v letu 2006 in pripadajoče urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež, ki se nahaja dolvodno od sotočja Padeža in Suhorke. Povprečni letni pretok v letu 2006 znaša  $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maksimalni zabeležen pretok je znašal  $9,705 \text{ m}^3/\text{s}$  (konica poplavnega vala konec maja), minimalni pretoki so bili zabeleženi v poletnem sušnem obdobju (junij – julij) in so znašali  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$  (Rusjan, 2008).



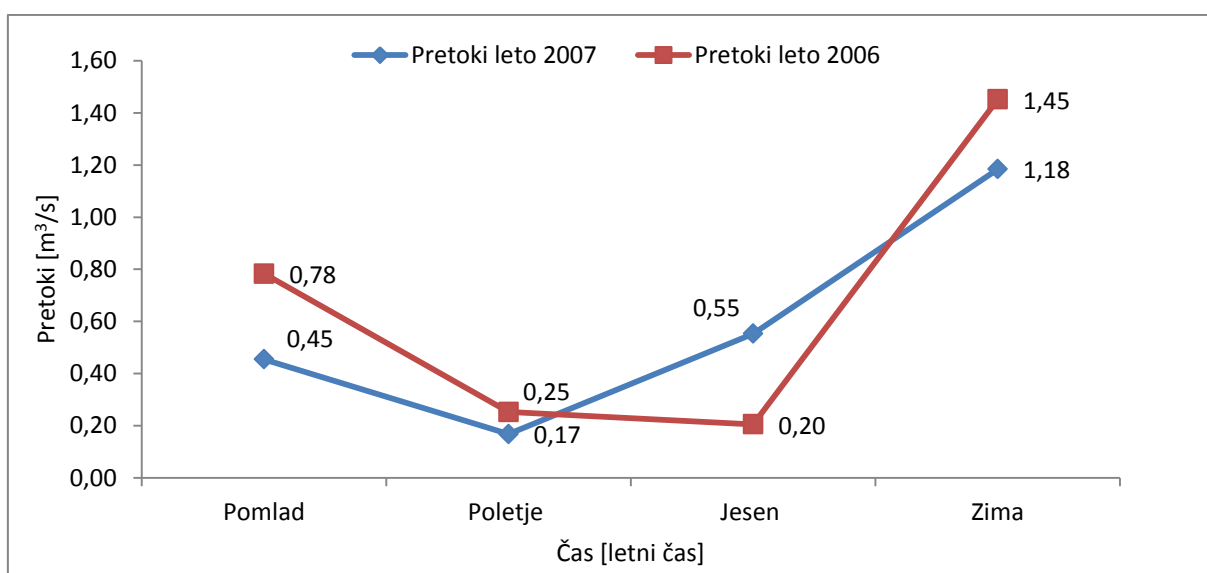
Slika 13: Urne intenzitete padavin in urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež, leto 2006.

Na sliki 14 so prikazane urne intenzitete padavin in urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež v letu 2007. Maksimalni pretok v letu 2007 je znašal  $11,91 \text{ m}^3/\text{s}$ , povprečni letni pretok pa  $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$  (Rusjan, 2008).



Slika 14: Urne intenzitete padavin in urne vrednosti pretoka na vodomerni postaji Padež, leto 2007.

Zanimivo je, da so bili izmerjeni povprečni letni pretoki navkljub manjši količini padavin večji leta 2006 kot 2007. Razlog lahko iščemo v napakah oziroma izpadih podatkov o količini snežnih padavin v začetku leta 2006. Zaradi visokih temperatur in posledično višje evapotranspiracije se sezonsko v obeh letih pojavijo najnižje vrednosti pretokov v poletnem času, nasprotno se zaradi nižjih temperatur in zmanjšane evapotranspiracije najvišji pretoki pojavijo v zimskem času. To je razvidno tudi iz slike 15, ki prikazuje povprečne sezonske vrednosti pretokov v letu 2006 in 2007.

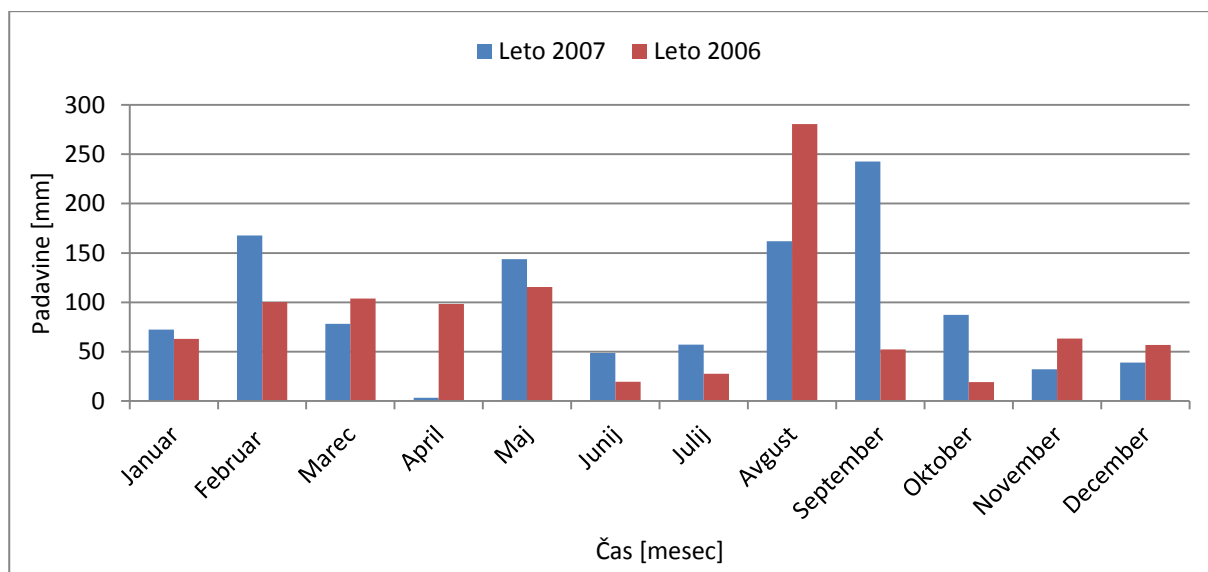


Slika 15: Povprečne sezonske vrednosti pretokov v letih 2006 in 2007.

## 4.2 Mesečne vrednosti

### 4.2.1 Padavine

Količina padavin v posameznem mesecu je podana na sliki 16, največja odstopanja v razporeditvi povprečnih mesečnih padavin v letih 2006 in 2007 so opazna v mesecu aprilu v katerem je v letu 2007 padlo le 3,2 mm padavin, viški padavin se leta 2006 pojavijo v mesecu avgustu, takrat je na prispevno območje Padež padlo kar 280,5 mm padavin kar predstavlja dobro četrtno letne količine padavin na tem območju, leta 2007 pa se najvišja količina padavin pojavi v mesecu septembru.



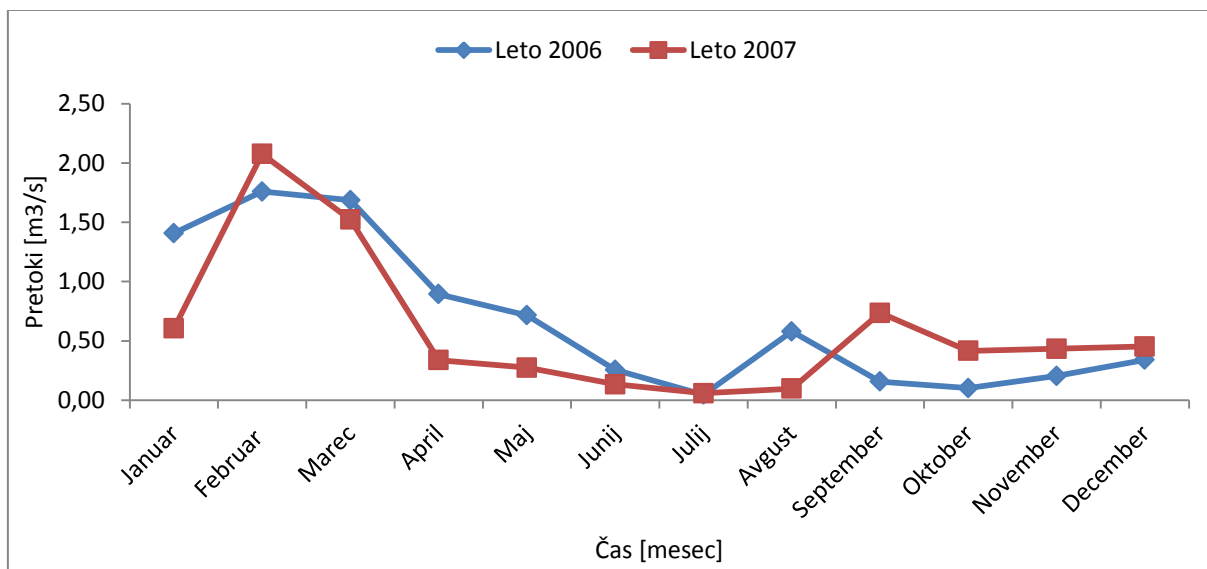
Slika 16: Mesečna količina padavin na padavinski postaji Tatre v letih 2006 in 2007.

Zabeležene mesečne količine padavin niso značilne za padavinsko postajo Tatre, saj se viški padavin pojavijo predvsem v jesenskem času. V obeh letih je opazen znaten primankljaj padavin v mesecih oktober, november in december, ko so bile mesečne količine padavin izrazito manjše kot znašajo povprečne mesečne količine padavin v teh mesecih (Rusjan, 2008).

### 4.2.2 Pretoki

V obeh letih se pričnejo januarja pretoki povečevati in dosežejo svoje najvišje vrednosti v mesecu februarju, ko znašajo 1,76 m<sup>3</sup>/s leta 2006 in 2,08 m<sup>3</sup>/s leta 2007, do tega pride zaradi zmanjšane evapotranspiracije v hladnejših delih leta. Pretoki se nato zmanjšujejo in dosežejo najmanjše vrednosti meseca junija, razlog je poletna suša in povišana evapotranspiracija. Padavinski dogodki meseca avgusta v letu 2006 in meseca septembra leta 2007 so odgovorni za dvig pretokov. Mesečni pretoki v letu 2006 in 2007 so prikazani na sliki 17.

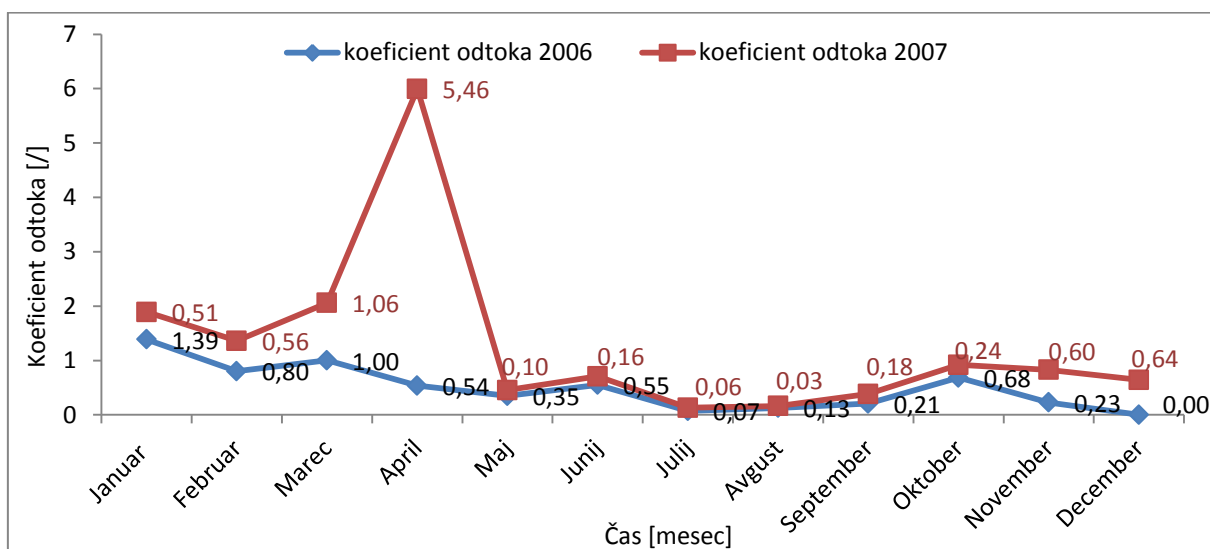




Slika 17: Mesečni pretoki na vodomerni postaji Padež v letih 2006 in 2007.

#### 4.2.3 Koeficient odtoka

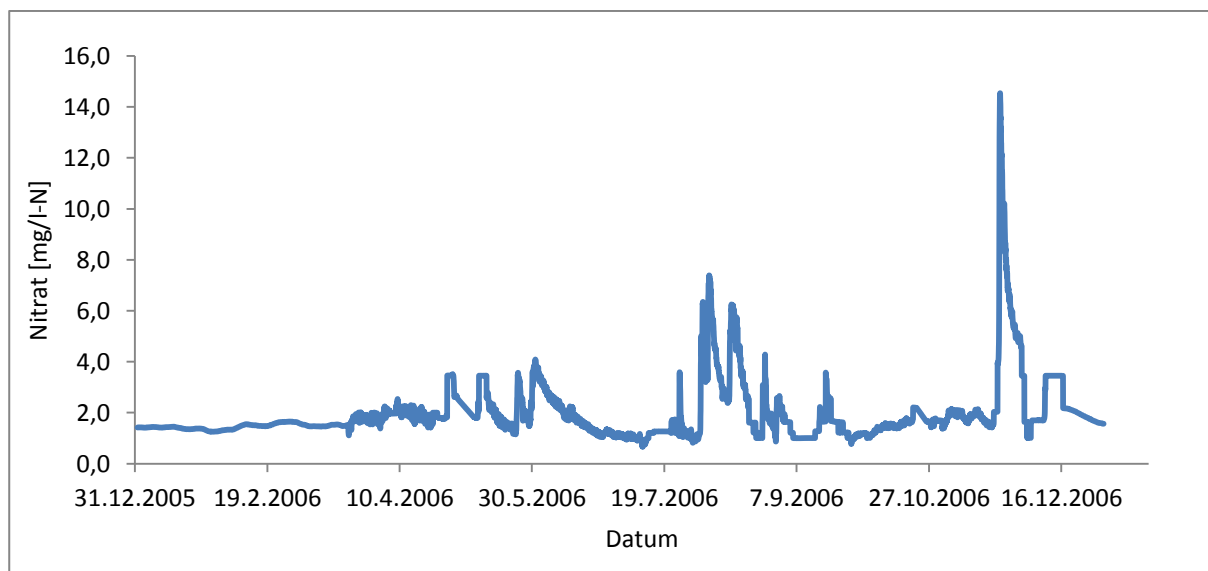
Razmerje med odteklelo in padlo vodo označimo kot koeficient odtoka, ki pa ni konstantna vrednost. Odvisna je od številnih dejavnikov: lastnosti povodja, intenzivnosti in trajanja padavin, vlažnosti zemljišča itd. (Šraj 2000). Na podlagi mesečnih vsot padavin in urnega pretoka, smo poračunali koeficient odtoka, ki je za posamezno leto prikazan na sliki 18. Opazimo lahko, da se v obeh letih povečani odtočni koeficient pojavijo v hladnejši delih leta, najnižje vrednosti pa se pojavijo v mesecu juliju. Meseca aprila leta 2006 padavin skoraj da ni bilo. Pretoki, se na spremembe ne odzovejo tako hitro, pojavi se visok koeficient odtoka. Zavedati se moramo, da je računsko ta podatek sicer pravilen, vendar je iz hidrološkega stališča povsem nerealen.



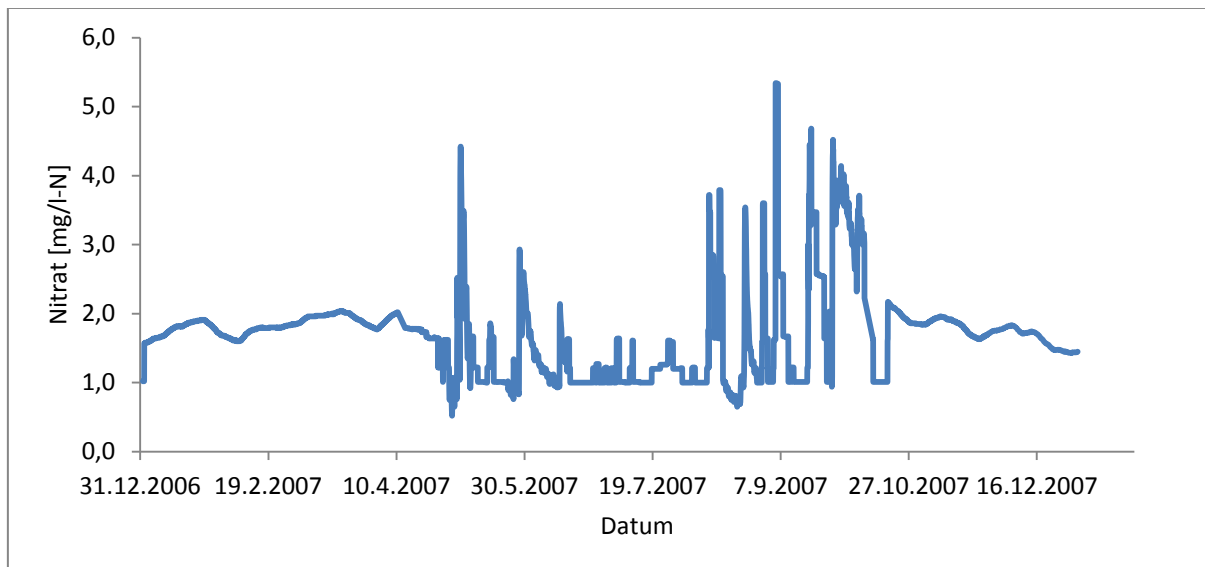
Slika 18: Koeficient odtoka v vodotoku Padež v letih 2006 in 2007.

#### 4.2.4 Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku

Z multiparametrsko sondo so se med leti 2006 in 2007 merile koncentracije nitratnega dušika v potoku Padež. Zaradi nizkih temperatur v zimskem času in potrebnega čiščenja senzorjev, meritve niso potekale neprekinjeno preko celotnega leta, ampak le od meseca marca do meseca novembra, v letu 2006 in od meseca maja do meseca oktobra v letu 2007. Dodatno so bile dvakrat mesečno meritve prekinjene zaradi umerjanja sonde, ki je potekalo na fakulteti v Ljubljani. Leta 2006 so se meritve izvajale 174 dni, leta 2007 pa 59 dni, manjkajoče podatke koncentracij nitratnega dušika smo nadomestili s podatki pridobljenimi z modelom Weka. Z združitvijo podatkov merjenih in napovedanih koncentracij nitratnega dušika smo pridobili neprekinjen niz podatkov za leti 2006 in 2007, ki so prikazane na sliki 19 (leto 2006) in na sliki 20 (leto 2007). Ti podatki so nam služili za vse nadaljnje študije gibanja masne bilance nitratnega dušika v Padežu.



Slika 19: Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku Padež, leto 2006.



Slika 20: Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku Padež, leto 2007.

#### 4.2.5 Koncentracije nitratnega dušika v padavinah

S pomočjo ARSO-ta, ki opravlja kemijske analize tedenskih vzorcev padavin smo pridobili podatke o koncentracijah nitratnih ionov, le-te smo s pomočjo enačbe (1) pretvorili v podatke o koncentracijah dušika v nitratnem ionu (t. i. nitratnega dušika). V preglednici 2 so v miligramih na liter podane povprečne, minimalne in maksimalne letne vrednosti koncentracij nitratnega dušika v padavinah leta 2006 in 2007 izračunane iz rezultatov tedenskih vzorcev padavin odvzetih na merilni postaji Škocjan, ki je del osnovne merilne mreže merjenja kakovosti padavin.

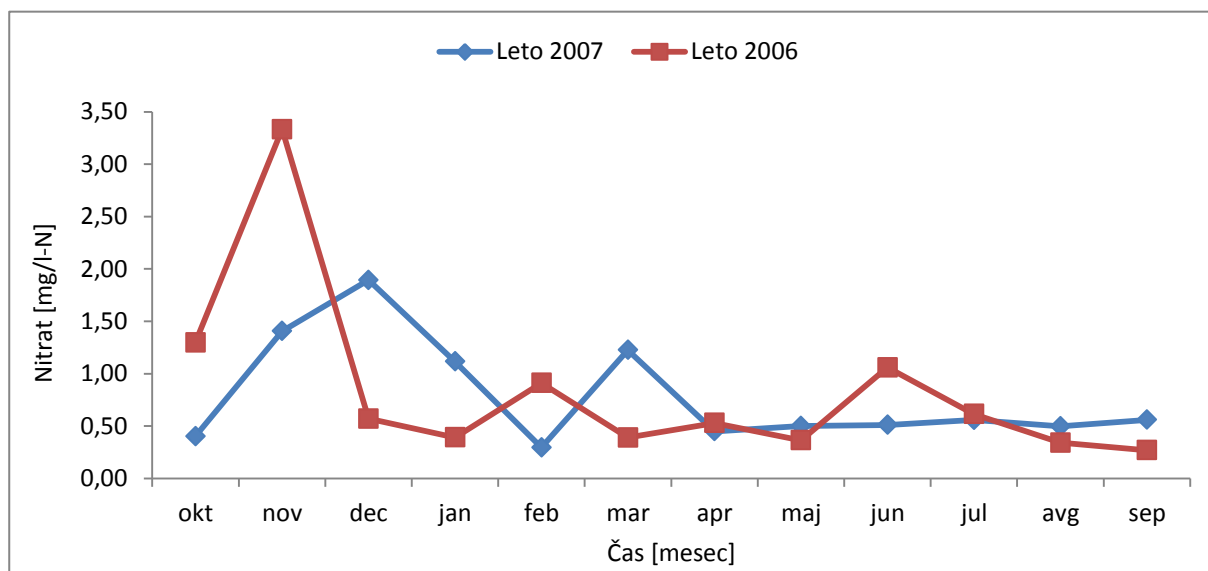
$$\text{NO}_3\text{-N (mg/l)} = 0,2259 \times \text{NO}_3 \text{ (mg/l)} \quad (1)$$

Preglednica 2: Koncentracije nitratnega dušika (mg/l-N) v padavinah za leto 2006 in 2007 na merilni postaji Škocjan.

	2006	2007
Povprečne vrednosti	0,45	0,4
Minimalne vrednosti	0,06	0,1
Maksimalne vrednosti	6,76	2,91

#### 4.2.5.1 Povprečne mesečne vrednosti koncentracij nitratnega dušika v padavinah

Na sliki 21 so prikazane povprečne mesečne vrednosti koncentracij nitratnega dušika v padavinah, za leti 2006 in 2007, s pomočjo katerih smo izračunali vnos nitratnega dušika v porečje Padež.



Slika 21: Povprečne mesečne vrednosti koncentracije nitratov v padavinah na porečju Padež v letih 2006 in 2007

Iz grafa je lepo razvidno, da se povišane koncentracije pojavijo v hladnejših delih leta, v mesecu novembru leta 2006 je bila izmerjena najvišja koncentracija nitratnega dušika 6,76 mg/l-N.

Povprečne letne koncentracije nitratnega dušika v padavinah v letu 2007 so bile nekoliko nižje kot leta 2006. Tudi v tem letu se povečane koncentracije pojavijo v jesenskem in zimskem obdobju, torej v hladnejših delih leta, najvišja koncentracija nitratnega dušika pa je bila izmerjena v mesecu marcu (2,91 mg/l-N).

Medletna nihanja povprečnih koncentracij posameznih onesnaževal so v glavnem posledica različnih vremenskih razmer. V glavnem gre za dva vpliva (Bolte, 2007):

- čim več je padavin, tem manjša je koncentracija posameznih ionov,
- čim daljša so obdobja brez padavin, večja je akumulacija posameznih ionov in s tem koncentracija.

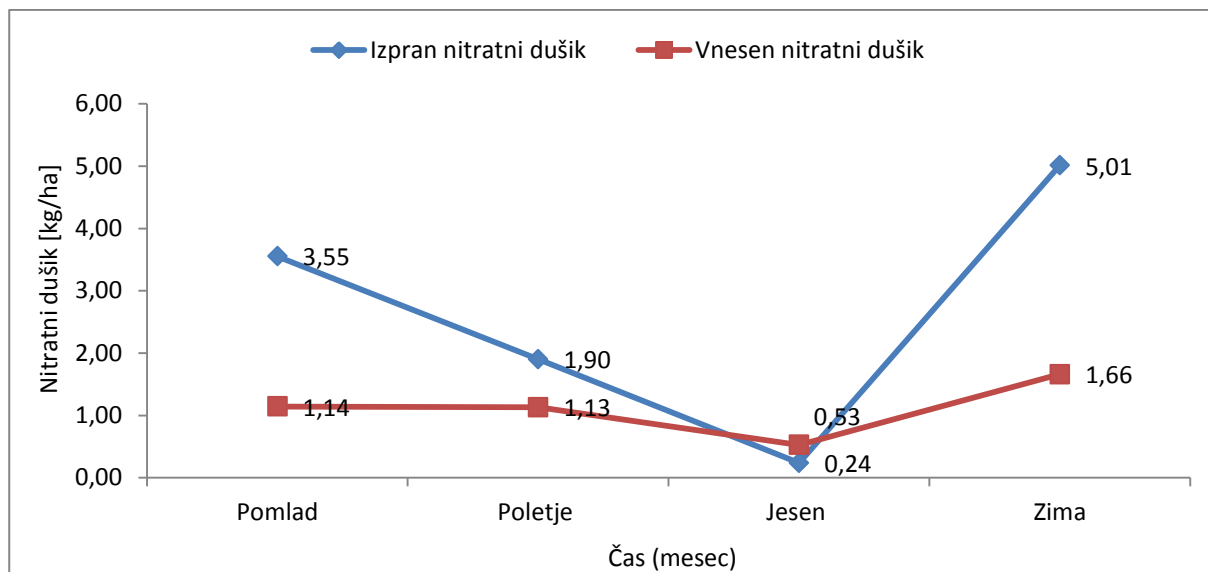
#### **4.2.6 Masna bilanca nitratnega dušika v letih 2006 in 2007**

Če zaradi odsotnosti antropogenih vplivov in rabe tal na porečju Padeža zanemarimo vnos dušika zaradi delovanja človeka, se v obravnavan ekosistem, v našem primeru je to porečje, dušik v prispevno območje vnese iz atmosfere preko padavin, izpiranje iz sistema pa poteka pod vplivom hidroloških mehanizmov. Dodatno na vnos in izpiranje dušika iz sistema vpliva prisotno rastlinstvo in geološka sestava. Teoretično nam razlike med sezonskim vnosom dušika (I) in izpustom (O) povedo ali se kvantitativno dušik v ekosistemu akumulira ( $I > O$ ), se iz njega izgubi ( $I < O$ ) ali ostajajo količine enake ( $I = O$ ) (Likens, 1995)

Na območju porečja Padež se je v letu 2006 z mokro depozicijo vneslo 4,5 kg/ha nitratnega dušika po vodotoku ga je odteklo 10,70 kg/ha. Masne bilanca za leto 2006 je negativna in znaša - 6,2 kg/ha, kvantitativno se dušik v ekosistemu izgubi ( $I < O$ ). Količine vnesenega nitratnega dušika v porečju Padež so bile podobne tudi v letu 2007, ko se je v porečje vneslo 4,71 kg/ha nitratnega dušika, kljub nekoliko večjemu vnosu in večji količini padavin se je iz porečja izpralo manj nitratnega dušika (8,74 kg/ha), kot v letu 2006. Masna bilanca je negativna in znaša -4,03 kg/ha, tudi v tem letu se dušik v ekosistemu izgubi ( $I < O$ ). Splošno gledano lahko rečemo, da porečje Padež torej deluje kot izvor nitratnega dušika, ob tem pa se moramo zavedati dejstva, da je vnos nitratnega dušika (mokra depozicija) vezan na količine padavin, ob večjih količinah padavin bo tudi vnos nitratnega dušika večji in obratno.

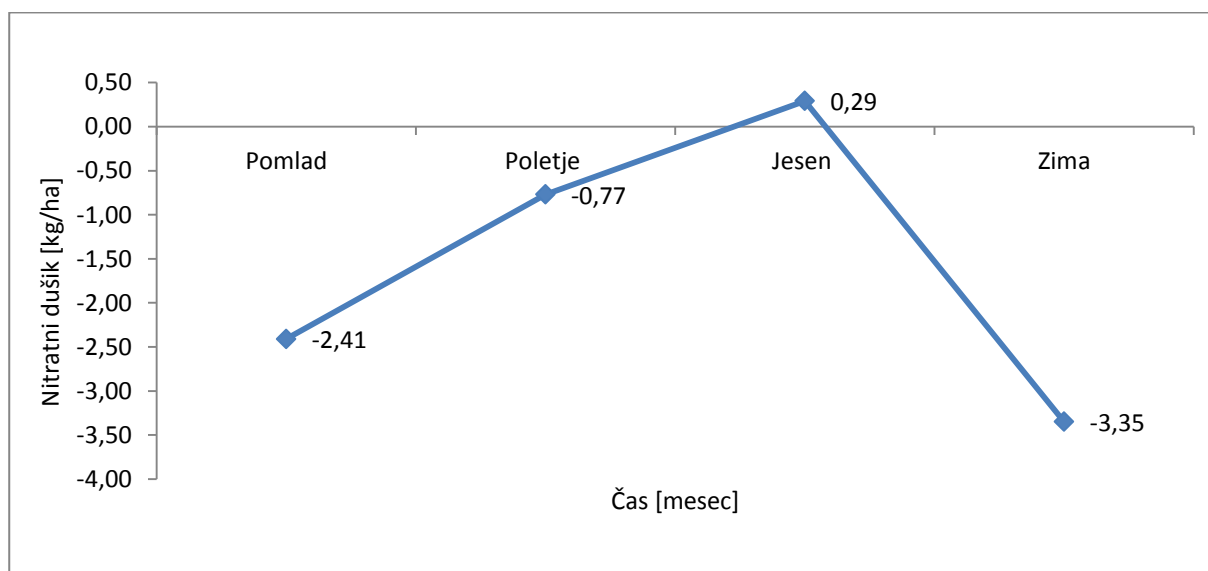
##### **4.2.6.1 Sezonska masna bilanca leta 2006**

Količine vnesenega nitrata v posameznem letnem času, ne varirajo tako močno kot količine izpranega nitrata po vodotoku. Najmanj nitratnega dušika se je v porečje vneslo v času jeseni (0,53 kg/ha), največ (1,66 kg/ha) se ga je vneslo v zimskem času, obenem se ga je v tem času tudi največ izpralo (5,01 kg/ha). Najmanj dušika se je izpralo v jesenskem času (0,24 kg/ha), ko je padla majhna količina padavin. Kvantitativno se je v letu 2006 v jesenskem času dušik v porečju akumuliral (0,29 kg/ha), v ostalih obdobjih se je dušik iz porečja izgubljal.



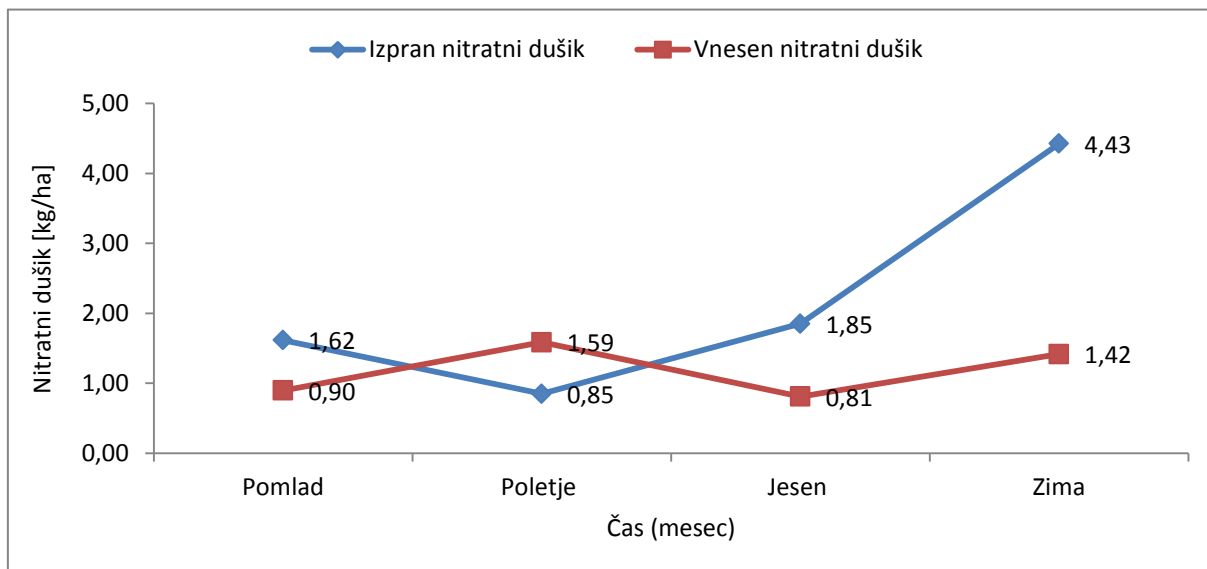
Slika 22: Vnesen in izpran nitratni dušik iz porečja Padež v letu 2006.

Slika 23 prikazuje razliko v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v različnih letnih časih v porečju Padež. Iz grafa opazimo, da porečje z izjemo v času jeseni, deluje kot izvor nitratnega dušika. Največja odstopanja se pojavijo v zimskem času. Iz porečja se izpere 3,35 kg/ha več nitratnega dušika kot se ga je vanj vneslo, podobno je tudi spomladi, le da so razlike nekoliko manjše, izpere se 2,41 kg/ha več nitrata kot se ga v porečje vnese.



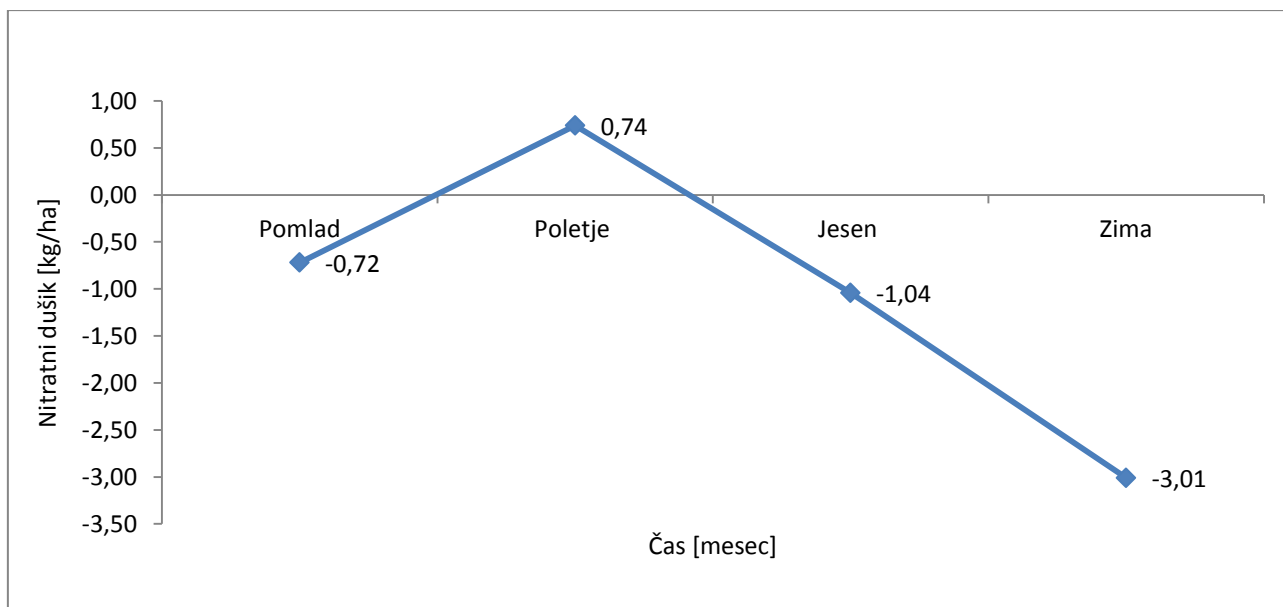
Slika 23: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v različnih letnih časih iz porečja Padež v letu 2006.

#### 4.2.6.2 Sezonska masna bilanca leta 2007



Slika 24: Vnesen in izpran nitratni dušik iz porečja Padež v letu 2007.

Slika 24 prikazuje količine vnesenega in izpranega nitratnega dušika iz porečja Padež v letu 2007. Tako kot v letu 2006 se je najmanj nitratnega dušika iz atmosfere v porečje vneslo v času jeseni (0,81 kg/ha), največ se ga je vneslo v poletnem času (1,59 kg/ha), v tem času se ga je najmanj iz sistema izpralo, zato se nitratni dušik v porečju akumulira. V ostalih mesecih se nitratni dušik iz porečja izgublja, največ se ga je izpralo v zimskem času (4,43 kg/ha).

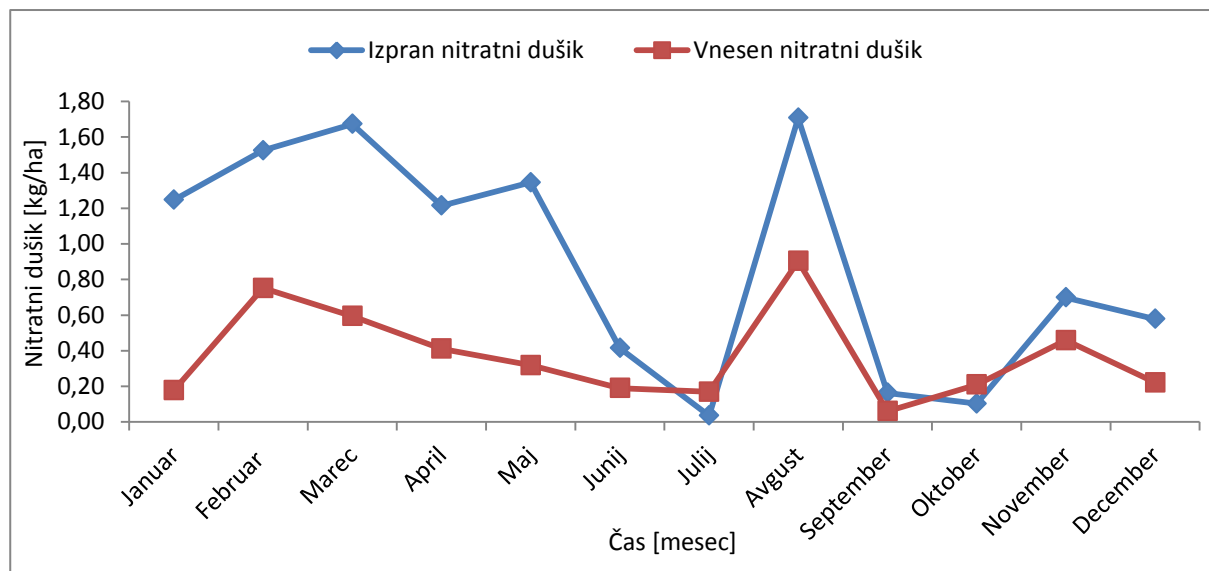


Slika 25: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih letnih časih iz porečja Padež v letu 2007.

Slika 25 prikazuje razliko masnih bilanc nitratnega dušika v porečju Padež v posameznem letnem času za leto 2007. Iz grafa opazimo, da porečje z izjemo poletja, deluje kot izvor

nitratnega dušika. Tudi v letu 2007 se največja odstopanja med vnesenim in izpranim nitratom pojavijo v zimskem času. Iz porečja se izpere okrog 3 kg/ha nitrata več kot se ga v sistem vnese.

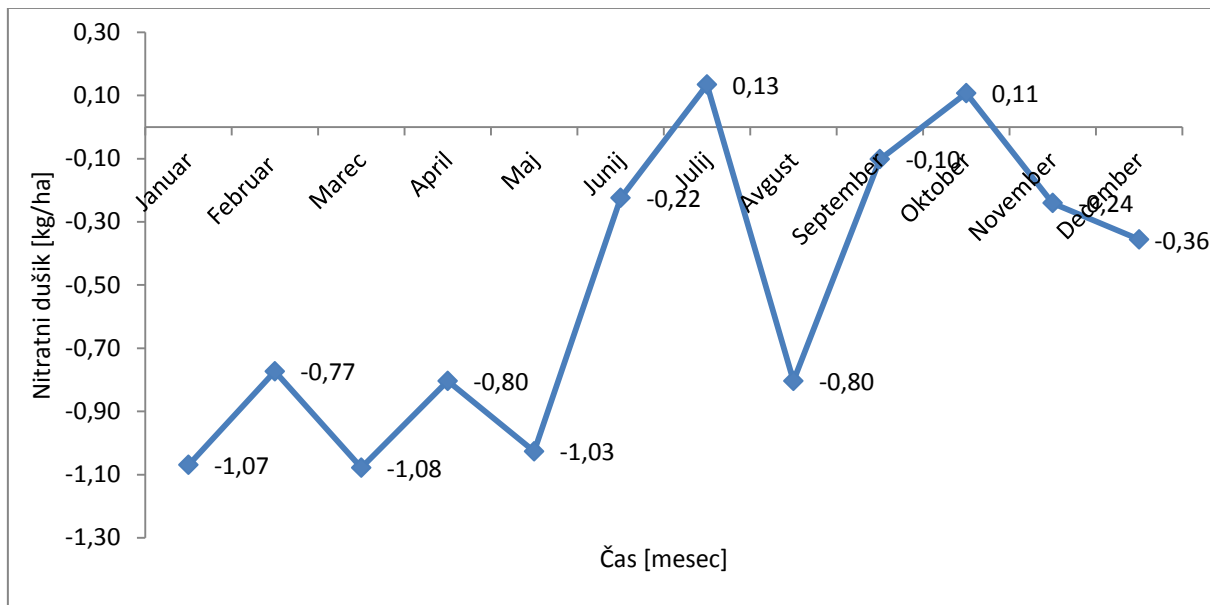
#### 4.2.6.3 Mesečna masna bilanca leta 2006



Slika 26: Mesečna masna bilanca vnesenega in izpranega nitratnega dušika za porečje Padež v letu 2006.

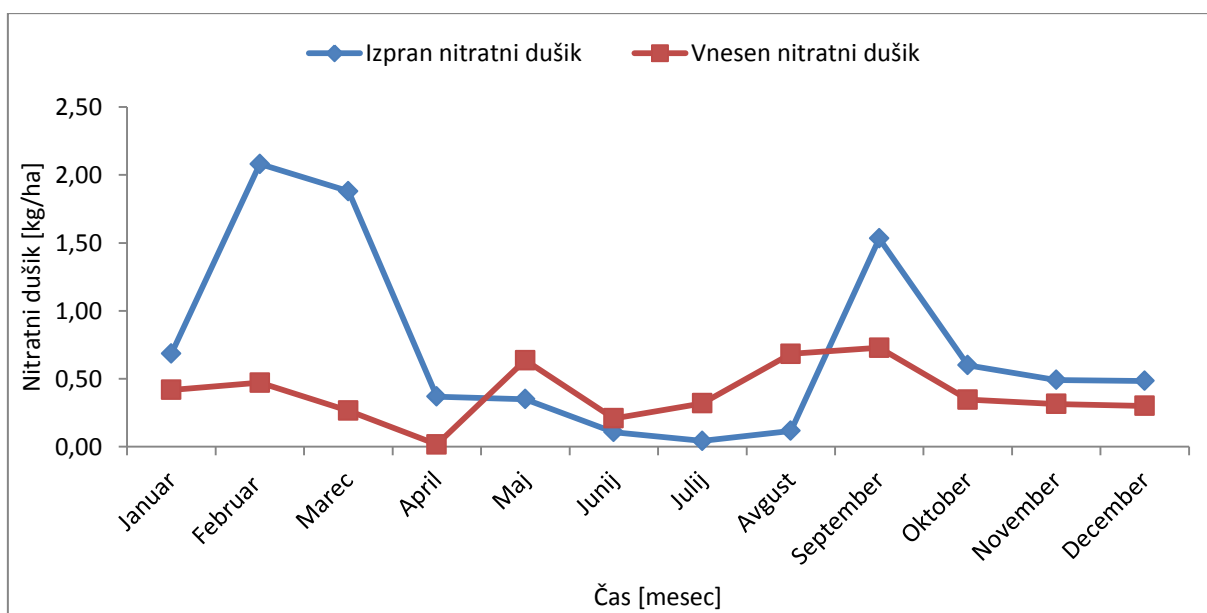
V povprečju se je v porečju Padež mesečno vneslo 0,37 kg/ha nitratnega dušika izpralo pa 0,89 kg/ha. V mesecih februar, marec, april in novembru so zabeležene nadpovprečne vrednosti vnesenega nitrata, najvišje vrednosti pa se pojavijo v mesecu avgustu, takrat se je v porečje vneslo kar 0,90 kg/ha nitrata, v tem mesecu se je največ nitrata iz porečja tudi izpralo (1,71 kg/ha), za razliko od meseca avgusta, se nadpovprečne vrednosti izpranega nitrata pojavijo v hladnejših delih leta, od meseca januarja do maja.





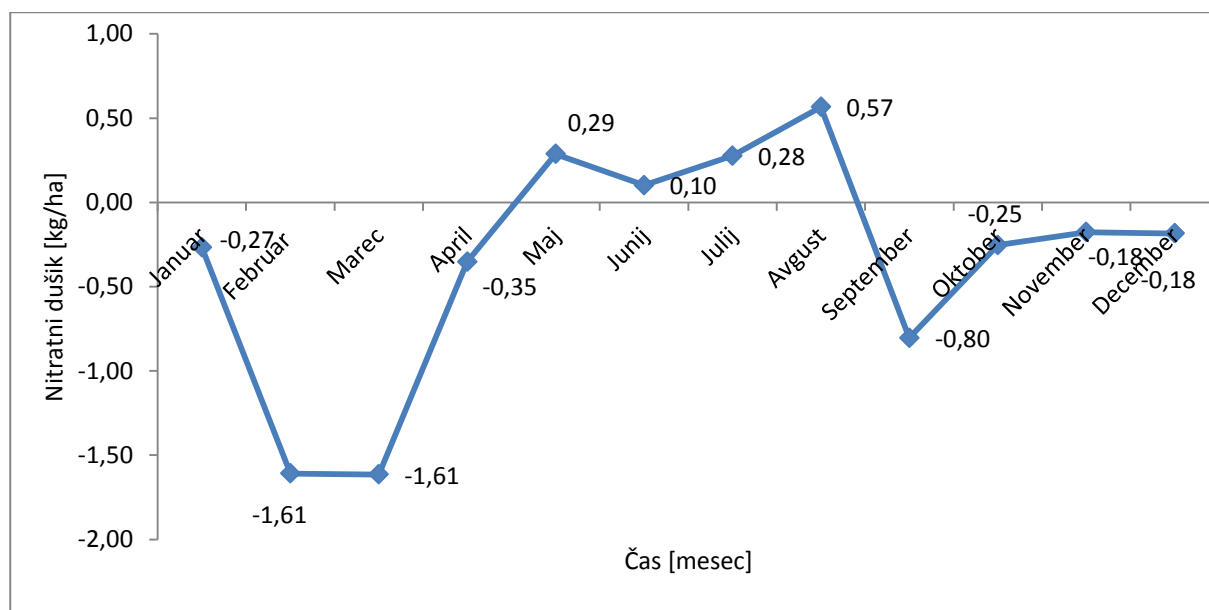
Slika 27: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih mesecih iz porečja Padež v letu 2006.

Od meseca novembra do konca meseca maja se iz porečja nitratni dušik izpira, v najhladnejših mesecih se v povprečju mesečno izpere 1 kg/ha več nitratnega dušika kot se vanj vnese. Nato se pričnejo razlike med vnesenim in izpranim nitratom zmanjševati. V juliju in oktobru deluje porečje kot ponor nitratnega dušika. Zanimiv je prestop v mesecu avgustu, ko se prične nitratni dušik iz porečja ponovno intenzivno izpirati, razlog lahko iščemo v močno povečani količini padavin v avgustu.



Slika 28: Mesečna masna bilanca vnesenega in izpranega nitratnega dušika za porečje Padež v letu 2007.

Na sliki 28 je prikazana mesečna masna bilanca vnesenega in izpranega nitratnega dušika v letu 2007, v katerem se je v povprečju mesečno vneslo 0,39 kg/ha nitratnega dušika izpralo pa se ga je 0,72 kg/ha. Nadpovprečne vrednosti vnesenega nitrata se pojavijo v mesecih januar, februar, maj in avgust z najvišjimi vrednostmi v mesecu septembru (0,73 kg/ha), nasprotno pa se je največ nitrata iz porečja izpralo v mesecu februarju (2,08 kg/ha), z razliko od meseca septembra, se največ nitrata iz porečja izpere v zimskem času.

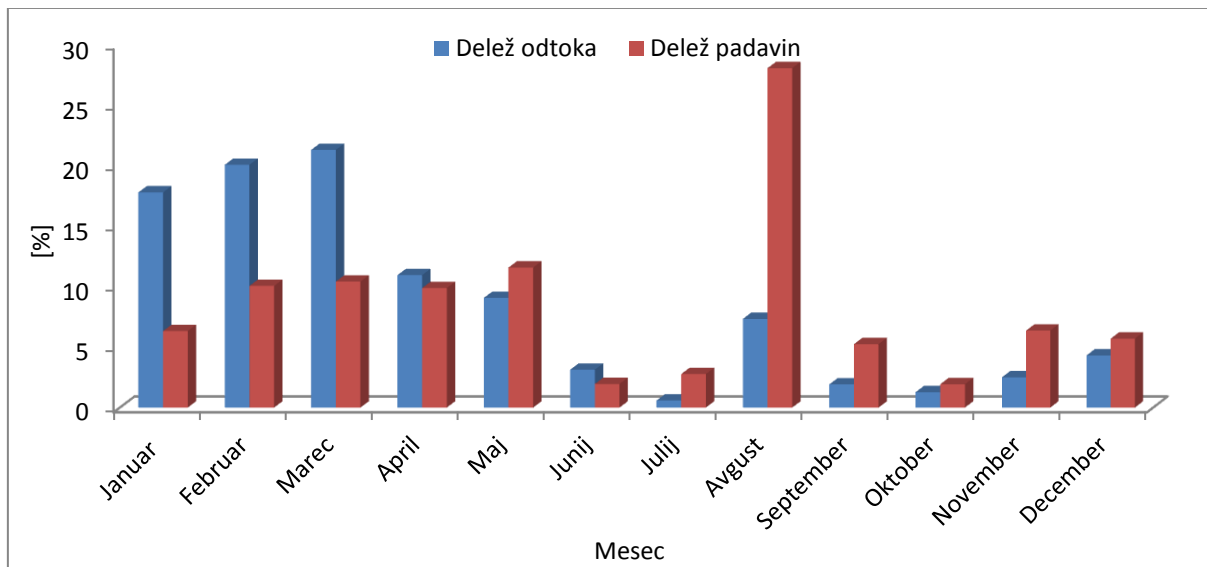


Slika 29: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika (v kg/ha) v različnih mesecih iz porečja Padež v letu 2007.

Od meseca maja pa do začetka meseca septembra deluje porečje Padež kot ponor nitratnega dušika, ostale mesece deluje kot izvor.

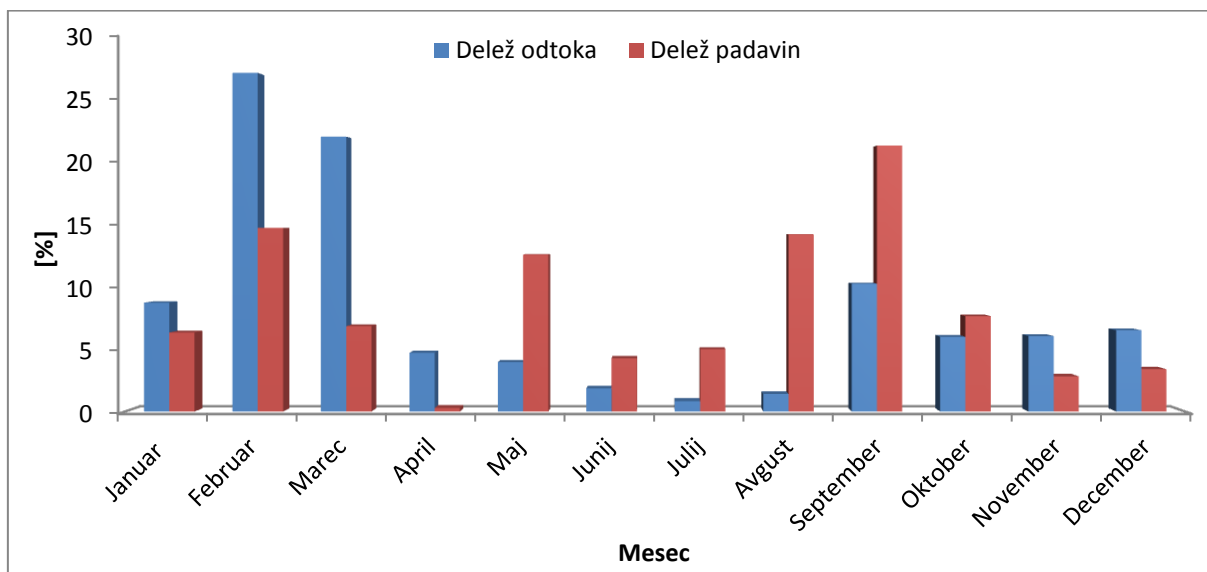
### 4.3 Mesečni deleži padavin in odtoka vode ter izpranega in vnesenega nitratnega dušika

Veliko o samem procesu izpiranja nitratnega dušika lahko sklepamo iz masne bilance odtoka vode (Rusjan, 2008). Na sliki 30 so prikazani deleži padavin in masna bilanca odtoka vode iz prispevnega območja Padež v posameznem mesecu glede na skupni letni odtok v letu 2006. Opazimo, da deleži odtoka niso sorazmerni z deleži padavin. Največji delež vode odteče v zimskih mesecih, od januarja do marca deleži odtekle vode naraščajo. V teh treh mesecih iz porečja odteče dobrih 60% vode medtem ko pade zgolj dobrih 25% letnih padavin. Od meseca aprila naprej je opazen upad odtoka vode, izjema je mesec avgust v katerem je prišlo do obilnega in dolgotrajnega deževja. V avgustu so se zgodili kar trije padavinski dogodki, ki so prinesli 280,5 mm padavin oziroma kar četrtno letne količine padavin. Z izjemo meseca avgusta, najmanj vode odteče v poletnih in jesenskih mesecih, razlog lahko iščemo v povišanih temperaturah in povečani evapotranspiraciji ter pomanjkanju padavin.



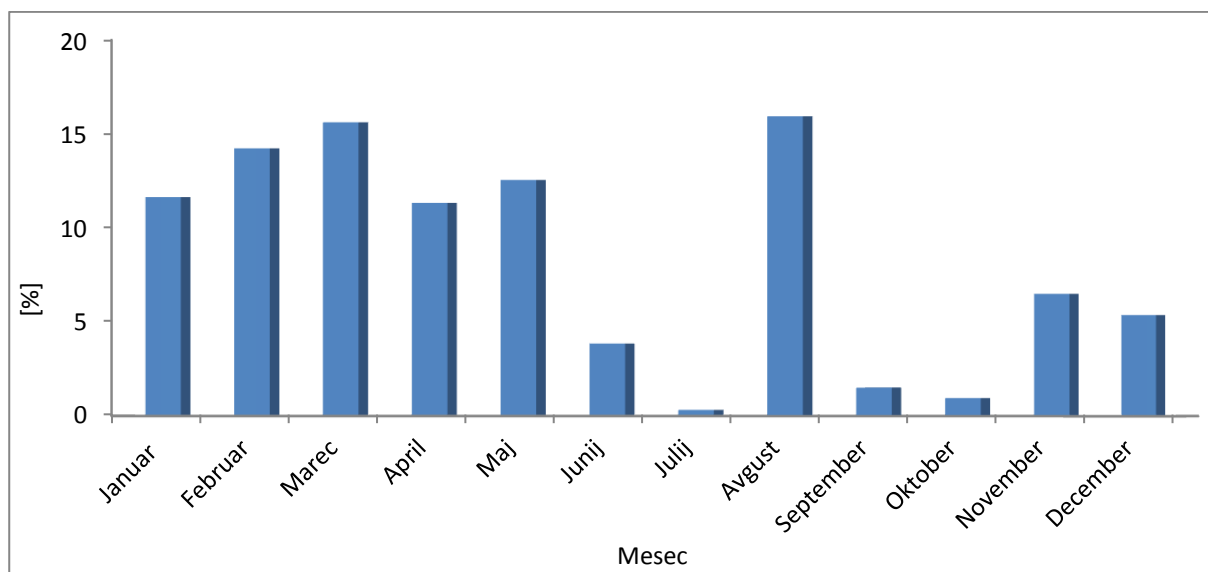
Slika 30: Mesečni deleži padavin in masna bilanca odtoka vode za porečje Padež v letu 2006.

Delež padavin in masna bilanca odtoka vode iz prispevnega območja Padež v posameznem mesecu glede na letni odtok leta 2007 sta prikazana na sliki 31. Največji delež vode je odtekel v mesecu februarju, več kot 25 % letnega odtoka vode, povečan odtok, dobrih 20 % letnega odtoka, je nastopil tudi v mesecu marcu, medtem ko je skupno v teh dveh mesecih padlo zgolj 20 % letnih padavin. Od meseca maja do meseca avgusta je na porečje padlo 35% letnih padavin, kljub temu, pa so se odtoki močno znižali in vse do meseca septembra znašajo manj kot 5% letne količine. Meseca septembra pade kar 20% letnih padavin, kar povzroči da se odtok poveča. Odteče dobrih 10% letnega odtoka. Tudi v letu 2007 so odtoki v poletnih, toplejših mesecih najnižji, nekoliko narastejo šele v poznopoletnem oziroma zgodnje jesenskem času. Povečani odtoki ostanejo preko celotne zime.

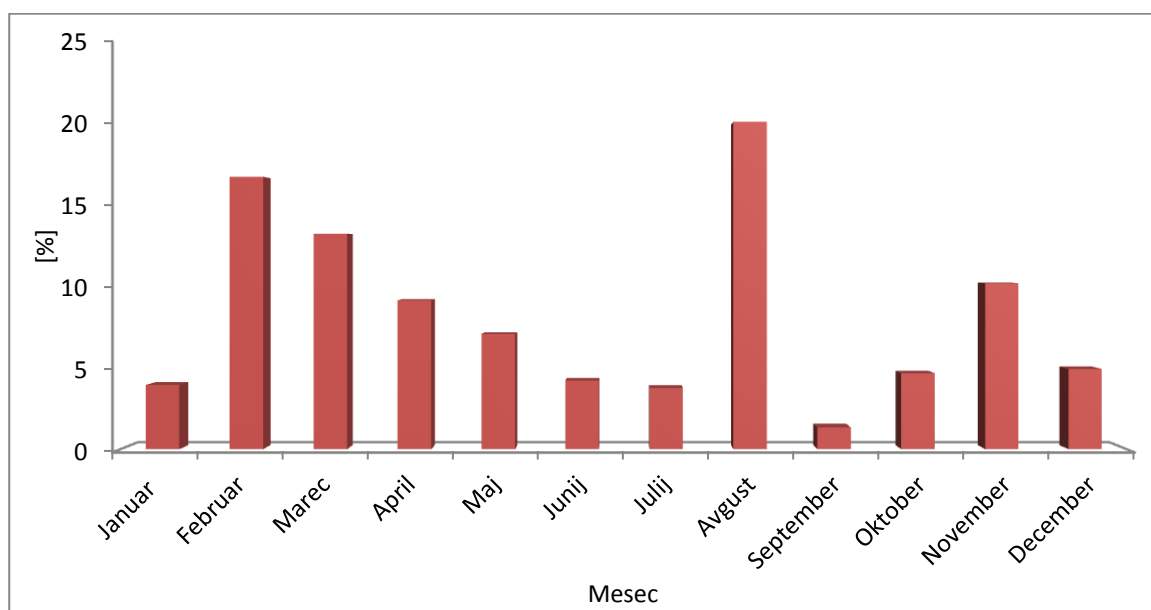


Slika 31: Mesečni deleži padavin in masna bilanca odtoka vode za porečje Padež v letu 2007.

Slika 32 prikazuje delež masne bilance izpranega nitratnega dušika iz prispevnega območja Padež v posameznem mesecu, glede na letne količine izpranega nitrata, ki v letu 2006 znašajo 10,70 kg/ha. Slabih 15% letnih količin nitratnega dušika se je izpralo v mesecu avgustu, ostali poletni meseci (junij, julij in september) so skupno prispevali dobrih 5% k letnim količinam izpranega nitratnega dušika. V hladnejših mesecih januar, februar in marec se je skupno izpralo dobrih 40% letnih količin, če prištejemo še količine izpranega nitrata v mesecu aprilu in maju, delež naraste na dobrih 65 %.



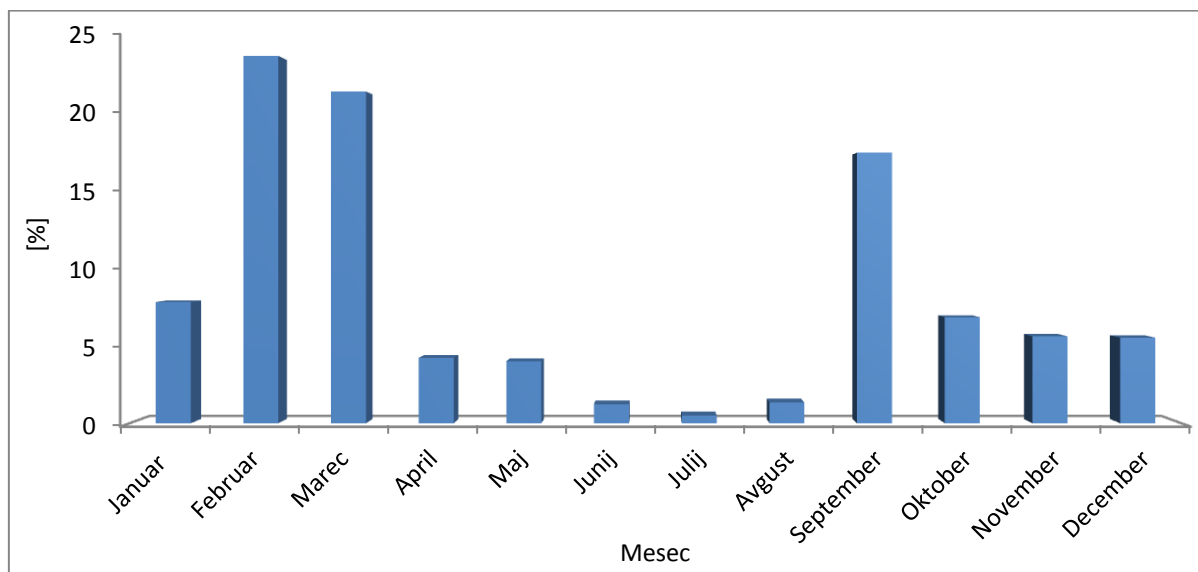
Slika 32: Delež masne bilance izpranega nitratnega dušika iz porečja Padež v posameznem mesecu glede na letne količine izpranega nitrata, leto 2006.



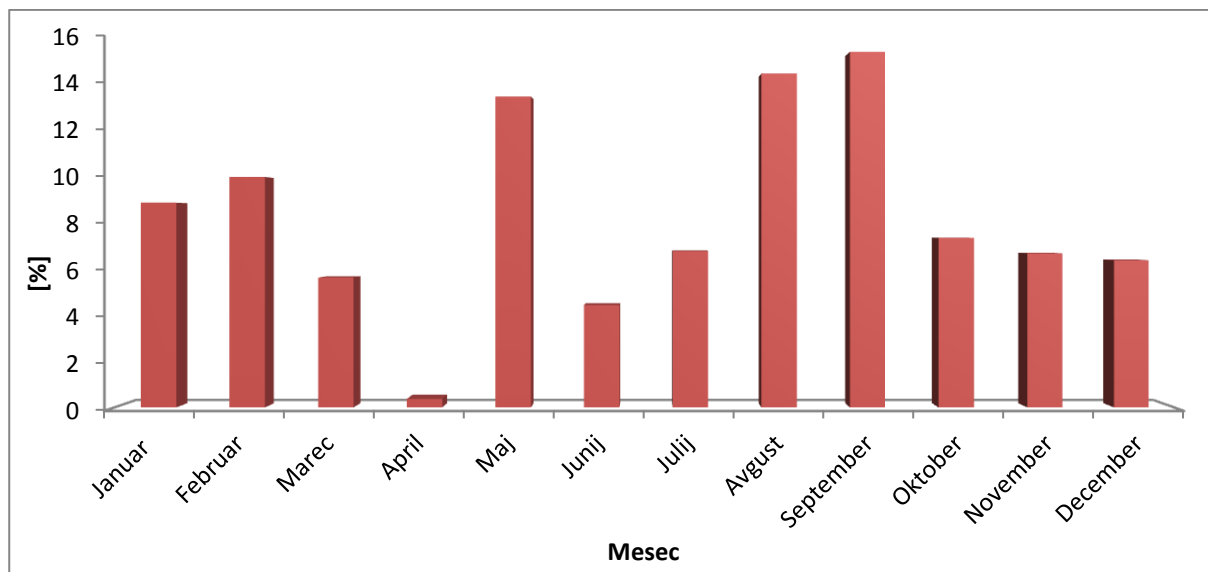
Slika 33: Delež mase bilance vnesenega nitratnega dušika v porečje Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2006.

Slika 33, prikazuje delež masne bilance vnesenega nitratnega dušika v prispevno območje Padež v posameznem mesecu glede na letne količine vnesenega nitrata. Od meseca februarja do meseca avgusta, v katerem se v porečje Padež vnese dobrih 20 % nitratnega dušika, količine vnesenega nitrata upadajo, ponoven dvig je opazen v pozno jesenskem času.

Na sliki 34 so prikazani deleži masne bilance izpranega nitratnega dušika iz prispevnega območja Padež v posameznem mesecu glede na letne količine izpranega nitrata v letu 2007. V tem letu se je iz območja Padež izpralo 8,47 kg/ha nitrata. V mesecu januarju se prične nitratni dušik pospešeno izpirati in tako traja do meseca marca, v teh treh mesecih se iz porečja izpere več kot polovica letne količine izpranega nitrata. Z aprilom pričnejo količine izpranega nitrata upadati in v juliju dosežejo najnižje vrednosti. Ponoven skok v količini izpranega nitrata se zgodi meseca septembra. V jesenskem času se v povprečju mesečno iz porečja izpere 5 % letne količine nitrata.



Slika 34: Delež masne bilance izpranega nitratnega dušika iz porečja Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2007.



Slika 35: Delež mase bilance vnesenega nitratnega dušika v porečje Padež v posameznem mesecu glede na letne količine, leto 2007.

Slika 35 prikazuje masno bilanco vnesenega nitratnega dušika na prispevnem območju Padež v posameznem mesecu glede na letni vnos, ki je leta 2007 znašal 4,71 kg/ha. Največji delež nitrata se je vnesel v mesecu avgustu in septembru, v teh dveh mesecih se je vneslo 30% letne količine nitrata. Večja količina nitrata, okrog 15 % letne količine, se je vnesla v mesecu maju. V ostalih mesecih se je vnesla približno enaka količina nitrata, med 5-10 % letnih količin, močno izstopa mesec april, zaradi pomanjkanja padavin, se tudi nitrat skoraj da ni vnesel.

Iz zgoraj prikazanih podatkov je opazna veliko večja odvisnost med deleži izpranega nitrata in deleži odtekel vode kot med deleži vnesenega in izpranega nitrata. Največja odstopanja so opazna predvsem v času rastne sezone oz. toplejših mesecev, od pozne pomladi pa vse do zgodnje jeseni, ko se pojavijo povišani deleži vnesenega nitrata medtem ko so deleži izpranega nitrata na te spremembe precej manj odzivni.

#### 4.4 Pregled opazovalnih obdobj v letih 2006 in 2007

Spreminjanje količine nitratnega dušika na prispevnem območju Padež na letni, sezonski in mesečni ravni smo že pregledali, v nadaljevanju se bomo posvetili dogajanju v posameznem opazovalnem obdobju, ki zajema padavinske dogodke v času katerih se zgodijo največje spremembe v masni bilanci nitratnega dušika.

Z obravnavo posameznih padavinskih dogodkov dobimo boljši vpogled v gibanje koncentracij nitratnega dušika v vodotoku in spremenljivost pretokov obenem lahko pridobimo podatke o času zakasnitve konic med vnesenim in izpranim nitratom. Izpiranje nitrata iz porečja je

odvisno od predhodne vlažnosti tal in količin nitratnega dušika, ki se je akumuliral v biogokemijskem okolju gozdnih tal v predhodnem sušnem obdobju (Rusjan, 2008).

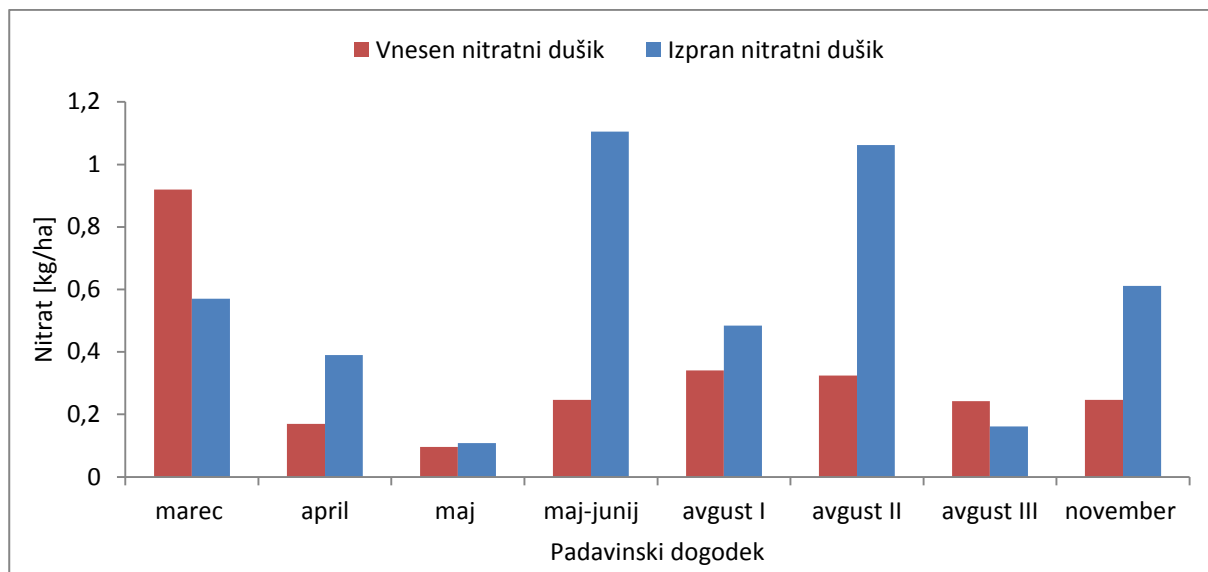
Ob prihodu padavin po daljšem sušnem obdobju spremembe v koncentraciji nitratnega dušika v vodotoku odražajo neposreden vpliv spremenjenih hidroloških razmer na intenziteto spiranja nitratnega dušika iz biogeokemijskega okolja gozdnih tal (Rusjan, 2008).

Glede na podatke o urnih padavinah, smo leto 2006 razdelili na 5 daljših opazovalnih obdobji, znotraj katerih se je zgodilo 8 večjih padavinski dogodkov tega leta. Medtem ko se nitrat iz atmosfere v porečje vnaša v času samega padavinskega dogodka, se iz njega izpira od nekaj dni do več tednov po samem padavinskem dogodku, zato so opazovalna obdobja nekoliko daljša kot traja posamezen padavinski dogodek.

V letu 2007 imamo na voljo manj podatkov kot v letu 2006, saj se je pojavilo več težav z mersko opremo, časovni interval zveznih meritev kemizma vode, je v tem letu znašal 30 minut oziroma 1 uro. Na voljo smo imeli merjene podatke o kemizmu vode za obdobja od meseca maja do oktobra, za ostala obdobja se upošteva modelirane podatke s programskim orodjem Weka, katere v okviru diplomske naloge nismo detajlneje analizirali. Leto 2007 smo razdelili na 5 opazovalnih obdobji, ki obravnavajo čas, ko so bili na voljo merjeni podatki. V letu 2006 so se izvajale periodične laboratorijske analize kemizma vode, ki jih je opravljal Zavod za zdravstvo Maribor in so služile za kontrolo delovanja multiparameterske sonde, medtem ko analize leta 2007 niso več potekale, zato so podatki o kemizmu vode iz leta 2007 manj merodajni kot podatki iz leta 2006. Povdariti moramo, da so analize dinamike masne bilance nitrata v tako kratkih časovnih obdobjih lahko močno vprašljive.

#### **4.4.1 Masna bilanca nitratnega dušika v času padavinskih dogodkov**

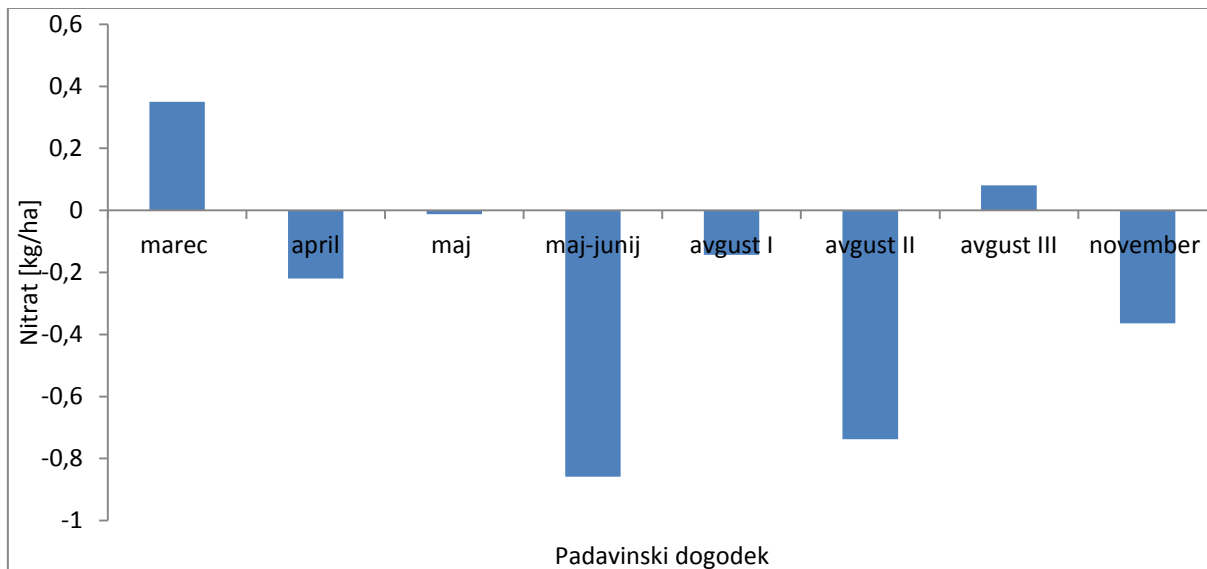
Slika 36 prikazuje masno bilanco izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na prispevnem območju Padež v letu 2006 za posamezne padavinske dogodke v času opazovalnih obdobji, ko imamo na voljo merjene koncentracije nitratov v vodotoku, na sliki 37 pa je predstavljena razlika masnih bilanc nitratnega dušika v tem letu.



Slika 36: Masna bilanca izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na porečju Padež v času padavinskih dogodkov, leto 2006.

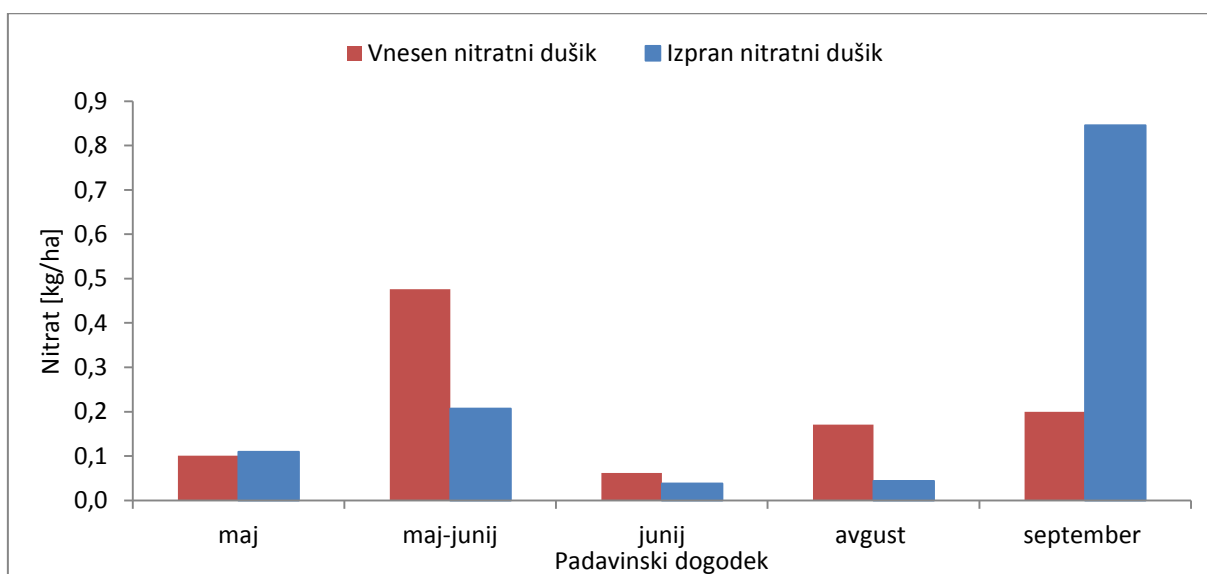
Opazimo, da je masna bilanca nitratnega dušika v večini padavinskih dogodkov negativna, kar pomeni, da se je tudi v tem času iz prispevnega območja več nitratnega dušika izpralo, izjema je padavinski dogodek v mesecu marcu in zadnji padavinski dogodek v opazovalnem obdobju avgusta. Skupno se je v času opazovalnih obdobji v letu 2006 iz prispevnega območja Padež izpralo 5,7 kg/ha nitratnega dušika, s padavinami se ga je vneslo 3,5 kg/ha. Masna bilanca nitratnega dušika, na prispevnem območju Padež v času opazovalnih obdobji znaša – 2,2 kg/ha. Največje razlike med vnesenim in izpranim nitratom se pojavijo v padavinskem dogodku maj-junij, takrat se iz porečja izpere 0,9 kg/ha nitrata več kot se ga vnese in v drugem padavinskem dogodku v avgustu, ko se izpere 0,7 kg/ha več nitrata kot se ga v porečje vnese.



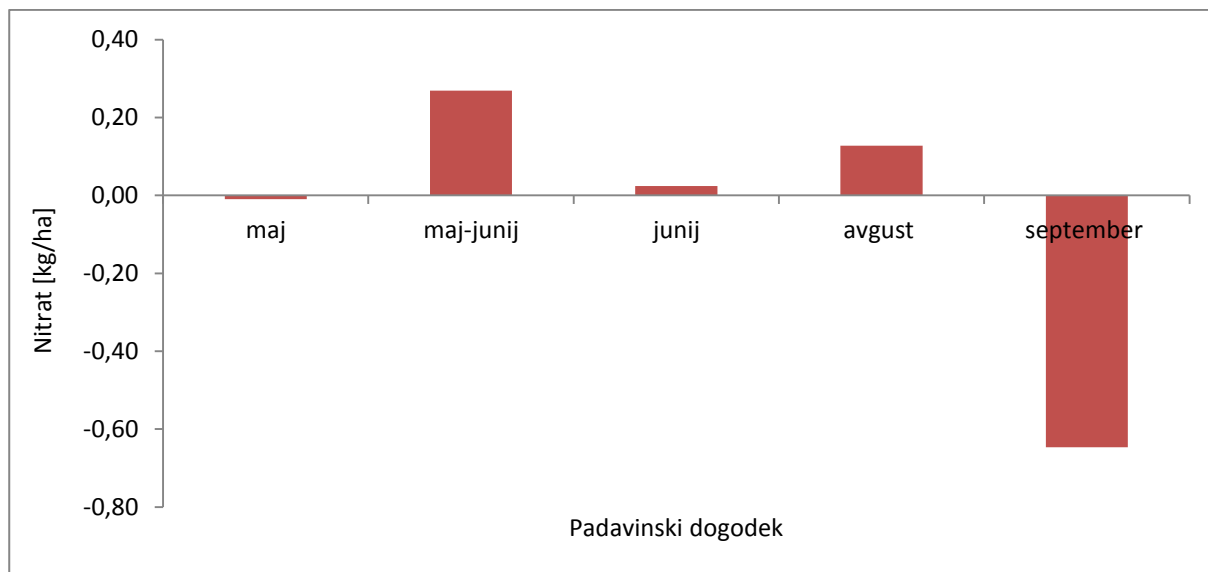


Slika 37: Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v letu 2006 na porečju Padež.

Slika 38 prikazuje masno bilanco izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na prispevnem območju Padež v času padavinskih dogodkov v letu 2007, slika 39 prikazuje njihovi razliki.



Slika 38: Masna bilanca izpranega in vnesenega nitratnega dušika (v kg/ha) na porečju Padež v času opazovalnih obdobji, leto 2007.



Slika 39 : Razlika v bilanci vnosa in izpiranja nitratnega dušika v letu 2007 na porečju Padež.

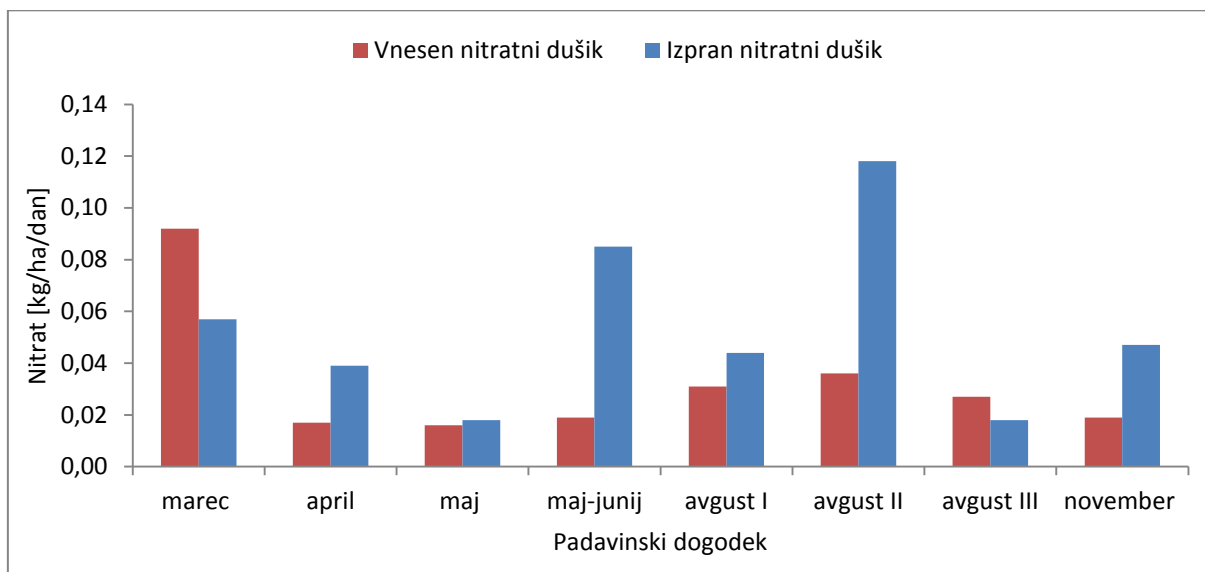
Največja odstopanja leta 2007 opazimo v času padavinskega dogodka septembra, ko se iz porečja izpere 0,7 kg/ha več nitrata, kot se ga v sistem vnese. Negativna razlika v bilanci vnosa se pojavi tudi v mesecu maju a ni tako izrazita. V ostalih opazovalnih obdobjih, ki se zgodijo v toplejših mesecih je razlika bilanc pozitivna. Skupno se je v času opazovalnih obdobji v letu 2007 iz prispevnega območja Padež izpralo 2,2 kg/ha nitratnega dušika s padavinami se ga je vneslo 1,7 kg/ha.

Ker se je leta 2006 zajelo veliko več podatkov kot v letu 2007 so tudi opazovalna obdobja v tem letu bolj enakomerno razporejena preko celotnega leta, zaželeno bi bilo dodatno opazovalno obdobje v zimskem in jesenskem času. V času opazovalnih obdobji se je vneslo 80 % letne količine vnesenega nitratnega dušika, ostalih 20 % se je vneslo v manjših padavinskih dogodkih predvsem v zimskem in jesenskem času, medtem ko se je v tem času izpralo približno 50 % nitratnega dušika. Iz tega lahko sklepamo, da se nitrat se iz porečja izpira tudi v času, ko ni padavin preko različnih hidroloških mehanizmov predvsem pa v jesenskem in zimskem času. Leta 2007 se je v času opazovalnih obdobji v porečje vneslo 35 % nitratnega dušika, iz njega pa se je izpralo 25 % glede na letne količine. V letu 2007 so dobro pokrita predvsem obdobja v poznopomladanskem in poletnem času, ki pa ne doprinesejo veliko k skupnim letnim količinam izpranega nitrata. Ostalih 85 % nitrata se je torej iz sistema izpralo v jesenskem iz zimskem času ter v obdobjih brez padavin.

#### **4.4.2 Povprečne dnevne vrednosti masne bilance spranega in vnesenega nitratnega dušika v času opazovalnih obdobji leta 2006 in 2007**

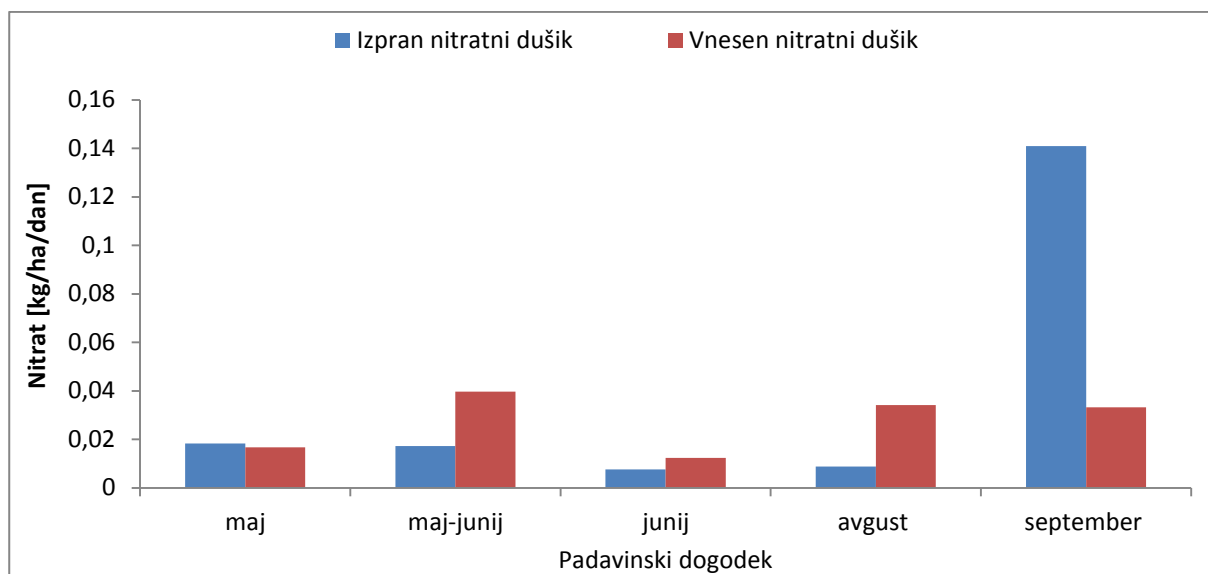
Z namenom odkrivanja soodvisnosti med količinami vnesenega in izpranega nitrata smo podatke o masni bilanci vnesenih in izpranih količin nitrata preračunali na enotno časovno

merilo en dan. Pri izračunu povprečnih dnevni vrednosti prihaja do relativno velike napake, saj smo vnos nitratnega dušika izračunali na podlagi tedenskih koncentracij nitratov v padavinah, medtem ko smo količine izpranega nitratnega dušika izračunali s pomočjo urnih koncentracij nitrata v vodotoku. Vrednosti izpranega nitrata so tako veliko bolj merodajne kot vrednosti vnesenega nitrata. Sliki 40 in 41 prikazujeta povprečne dnevne vrednosti količin spranega in vnesenega nitrata v opazovalnih obdobjih v letih 2006 in 2007.



Slika 40: Povprečne dnevne vrednosti masne bilance vnesenega in izpranega nitratnega dušika v času padavinskih dogodkov za porečje Padež v letu 2006.

Največ nitratnega dušika se je vneslo v času opazovalnega obdobja meseca marca, v tem opazovalnem obdobju se je dnevno v porečje vneslo 0,1 kg/ha nitrata. Dnevni vnos nitrata je v posameznih padavinskih dogodkih približno enakomeren iz znaša okrog 0,02 kg/ha. Najintenzivneje se nitrat izpira v opazovalnem obdobju avgust II, takrat se izpere kar 0,12 kg/ha/dan.



Slika 41: Povprečne dnevne vrednosti masne bilance vnesenega in izpranega nitratnega dušika v času opazovalnih obdobj v letu 2007

Dnevno se je leta 2007 največ nitratnega dušika izpralo v času septembrskega opazovalnega obdobja in sicer kar 0,15 kg/ha/dan. Vnos nitratnega dušika je bil največji v času padavinskega dogodka v avgustu, ko se je v sistem vneslo 0,05 kg/ha nitrata, obenem so dnevne količine izpranega nitrata v tem opazovalnem obdobju najmanjše.

Tako leta 2006 kot leta 2007 se pojavijo velike razlike med dnevnimi količinami vnesenega in izpranega nitrata v pozno poletnih mesecih, avgust II (leta 2006) in september (leta 2007). Za povečane dnevne količine izpranega nitrata v opazovalnem obdobju avgust II je najverjetneje odgovorna predhodna visoka namočenost prispevnega območja Padež, ki je prispevala k hitri tvorbi odtoka in s tem povečanim dnevnim količinam izpranega nitrata. Zelo drugačni pogoji so nastopili v opazovalnem obdobju, septembra. Predhodna namočenost porečja je bila sicer nizka, se je pa v predhodnem obdobju najverjetneje veliko nitrata v porečju akumuliralo, saj so ob nastopu dežja koncentracije nitrata v vodotoku hipno narasle in ostale povečane v celotnem opazovalnem obdobju.

#### **4.4.3 Masna bilanca spranega nitratnega dušika v času opazovalnih dogodkov v letu 2006**

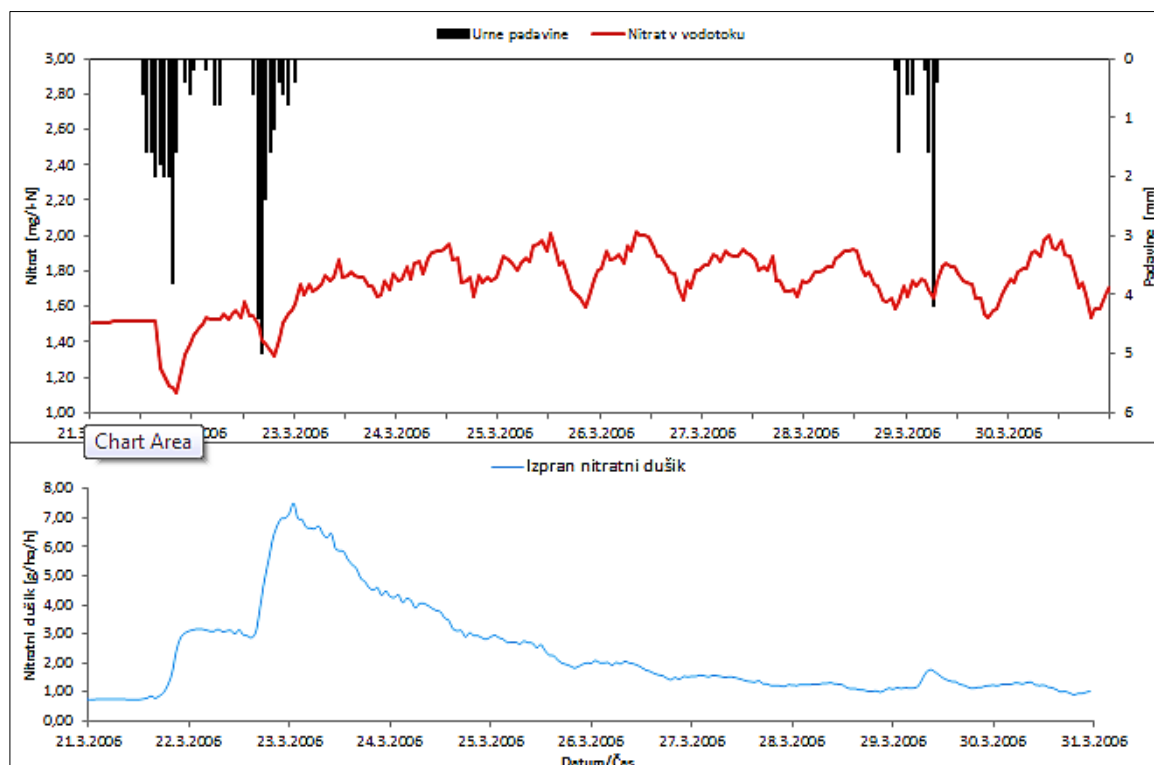
Malo je raziskav (npr. McHale et al., 2002; Poor in McDonnell, 2007), v katerih so analizirali masno bilanco spranega nitratnega dušika v času posameznih padavinskih dogodkov (Rusjan, 2008). Ker imamo predvsem v letu 2006 na voljo relativno veliko merjenih podatkov koncentracij nitratnega dušika v vodotoku, smo se odločili, da bomo opravili te vrste analizo. Potrebno je poudariti, da so analize masne bilance izpranega in vnesenega nitrata znotraj posameznih padavinskih dogodkov predvsem ilustrativne. Grafični prikazi nam pomagajo pri

razumevanju časovne razporeditve vnosa/izpiranja nitrata (npr. kdaj nastopijo konice izpranega nitrata, kakšna je njihova razporeditev...), manj pa izvemo o dejanskih količinah akumuliranega/spranega nitrata, saj je trajanje padavinskih dogodkov prekratko. Boljši vpogled v dejansko masno bilanco akumuliranega ali spranega nitrata dobimo z analizo daljših časovnih obdobji. V nadaljevanju so podani grafi, ki prikazujejo gibanje merjenih koncentracij nitratnega dušika v vodotoku in količino padlih padavin v tem času ter dinamiko izpiranja nitrata. Za boljše razumevanja dogajanja v posameznem opazovalnem obdobju so obenem podani podatki o gibanju pretokov in količini vnesenega nitrata s padavinami.

#### **4.4.3.1 Opazovalna obdobja v spomladanskem času**

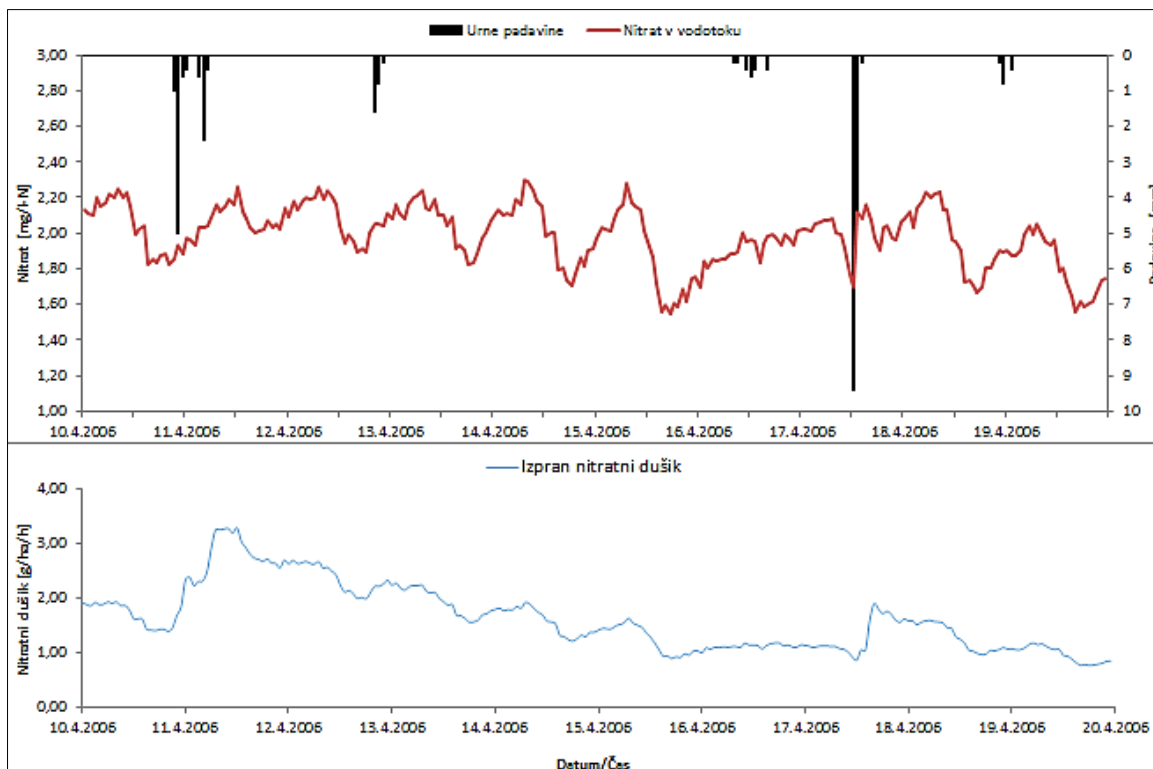
V opazovalnem obdobju meseca marca (21.03. - 30.03.) je padlo 39,2 mm padavin s katerimi se je v porečje vneslo 0,92 kg/ha nitratnega dušika iz njega se je izpralo 0,57 kg/ha. V času prvega padavinskega dogodka je bil zabeležen dvig povprečnih dnevni pretokov iz 0,93 m<sup>3</sup>/s na 3,97 m<sup>3</sup>/s, pri tem so koncentracije nitratnega dušika v vodotoku le malo varirale, v začetku opazovalnega obdobja so se gibale okrog 1,5 mg/l in so dosegle svojo najvišjo vrednost 2,0 mg/l dobre tri dni po koncu padavinskega dogodka.

Koncentracije nitratnega dušika v vodotoku se ne odzivajo na spremembe pretočnih razmer. Sklepamo lahko, da sam padavinski dogodek nima velikega vpliva na količine izpranega nitrata. Opazna so dnevna gibanja koncentracij nitratnega dušika. Najvišje vrednosti nitrata se pojavijo v dopoldanskem času. V popoldnaskem času se zmanjšujejo in dosežejo najnižje vrednosti zvečer.



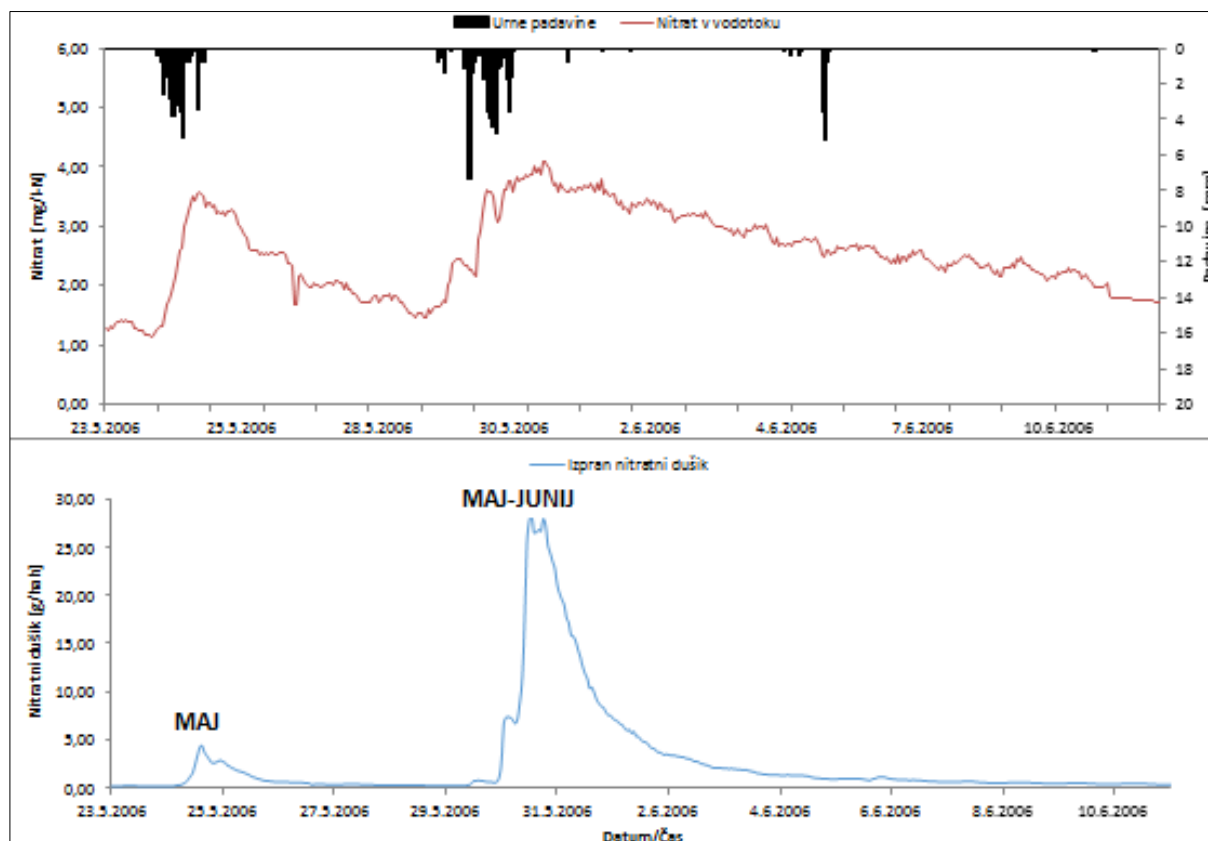
Slika 42: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, marec

V opazovalnem obdobju meseca aprila (10.04. - 19.04.) je padlo 30,6 mm padavin s katerimi se je na prispevno območje Padež vneslo 0,17 kg/ha nitratnega dušika, 0,39 kg/ha se je v tem času iz njega izpralo. V začetku opazovalnega obdobja, so bile velikosti pretokov okrog  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , koncentracije nitratov v vodotoku so bile takrat 2,2 mg/l, najvišjo vrednost  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$  so pretoki dosegli 11.04., koncentracije nitrata v vodotoku pa se kljub temu niso veliko spremenile. Tako kot v padavinskem dogodku meseca marca, lahko zasledimo dnevna gibanja koncentracij nitratnega dušika v vodotoku.



Slika 43: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, april

V opazovalnem obdobju, ki je trajalo od konce maja do sredine junija, sta bila zabeležena dva večja padavinska dogodka. V času prvega dogodka (23.05. - 29.05.), je na območje porečja Padež padlo 38,8 mm padavin, vse so padle med 23.05. in 24.05., navkljub obilnejšemu deževju kot v mesecu aprilu se je v porečje vnesla manjša količina nitratnega dušika 0,1 kg/ha. Posledično se je razmeroma malo 0,11 kg/ha nitrata iz porečja izpralo, k temu prispevajo tudi nizki pretoki. V začetku samega padavinskega dogodka so znašali 0,15 m<sup>3</sup>/s in so dosegli maksimalno vrednost 1,50 m<sup>3</sup>/s. Najvišje koncentracije nitrata se pojavijo 25.5 in sicer znašajo 2,99 mg/l-N z vsakim naslednjim dnevom upadejo.



Slika 44: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj-junij

V času drugega padavinskega dogodka (29.05. – 05.06.), je padlo 68,2 mm padavin. V porečje se je vneslo 0,25 kg/ha iz njega se je izpralo 1,1 kg/ha. Najverjetnejši razlog za povečane količine spranega nitrata lahko iščemo v močno povečanih pretokih. Saj so povprečni dnevni pretoki iz 0,26 m<sup>3</sup>/s narasli na 5,91 m<sup>3</sup>/s. Nato so pričeli postopno upadati in dodatne količine padavine niso povzročile večjih sprememb v velikosti pretoka. Koncentracije nitrata v vodotoku dosežejo maksimalno vrednost 3,78 mg/l dne 31.05., nato pa se postopoma zmanjšujejo in ob koncu opazovalnega obdobja znašajo le še 1,52 mg/l.

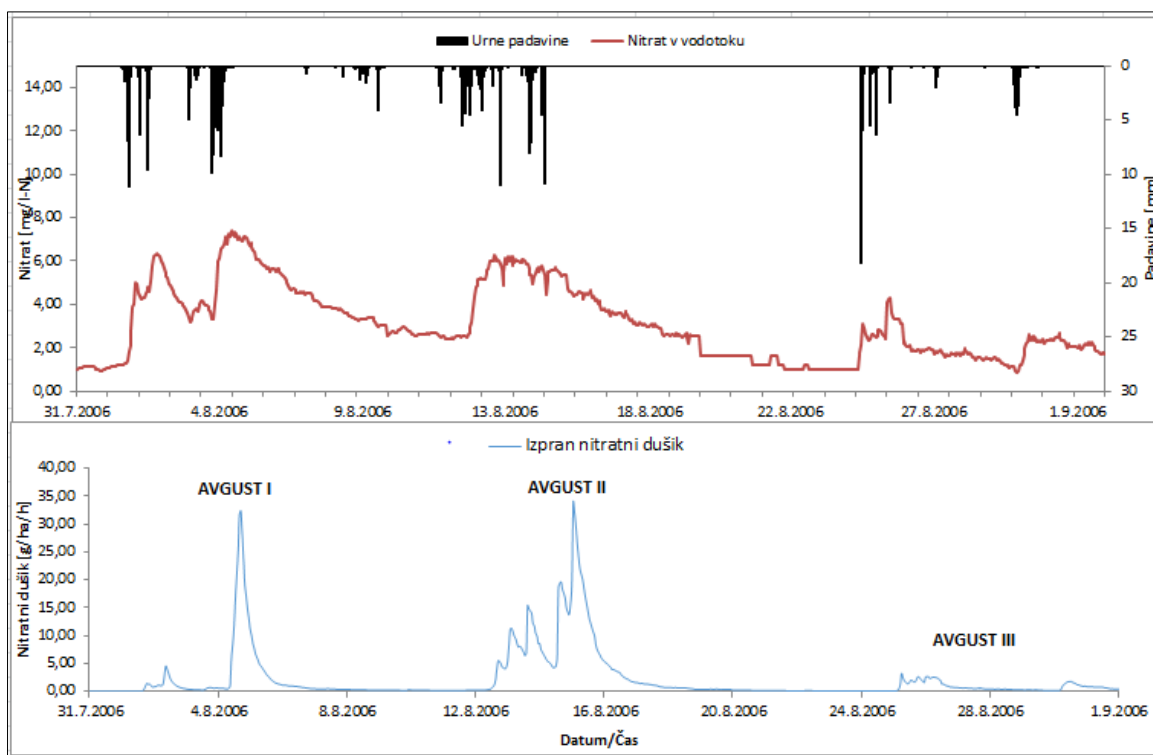
#### 4.4.3.2 Opazovalno obdobje v poletnem času

V opazovalnem obdobju meseca avgusta (31.07. - 02.09.), so bili zabeleženi trije večji padavinski dogodki. Najobsežnejši padavinski dogodek, v katerem je padlo kar 123,2 mm padavin se je zgodil v začetku avgusta, v tem času se je v porečje vnesla visoka količina nitratnega dušika 0,33 kg/ha, medtem ko se ga je razmeroma malo izpralo 0,48 kg/ha, najverjetneje so za to odgovorni nizki pretoki in predhodna izsušenost porečja ter dodatno navzemanje nitratnega dušika zaradi aktivnosti vegetacije. Pred samim padavinskim dogodkom so se povprečni dnevni pretoki gibali okrog 0,13 m<sup>3</sup>/s, zaradi dodatnih padavin so hipno narasli na 2,10 m<sup>3</sup>/s, a so se že naslednji dan močno znižali in tako je bilo z vsakim



naslednjim dnem. Same koncentracije nitrata v vodotoku so bile razmeroma visoke, povprečna vrednost nitratnega dušika je bila 4 mg/l.

Drugi večji padavinski dogodek v mesecu avgustu je trajal od 11.08. do 20.08., v tem času je padlo 93,46 mm padavin. Tokrat se je v sistem vneslo 0,32 kg/ha nitrata obenem se ga je relativno veliko iz porečja izpralo 1,06 kg/ha, kar je povsem drugače kot v padavinskem dogodku v začetku avgusta. Povprečna vrednost pretokov je v tem obdobju znašala 1,13 m<sup>3</sup>/s. Predvsem visoke pa so bile koncentracije nitrata v vodotoku. Pred samim padavinskim dogodkom so bile vrednosti okrog 1 mg/l nato pa so se povečale na 5,77 mg/l.



Slika 45: Opazovalno obdobje v poletnem času, avgust

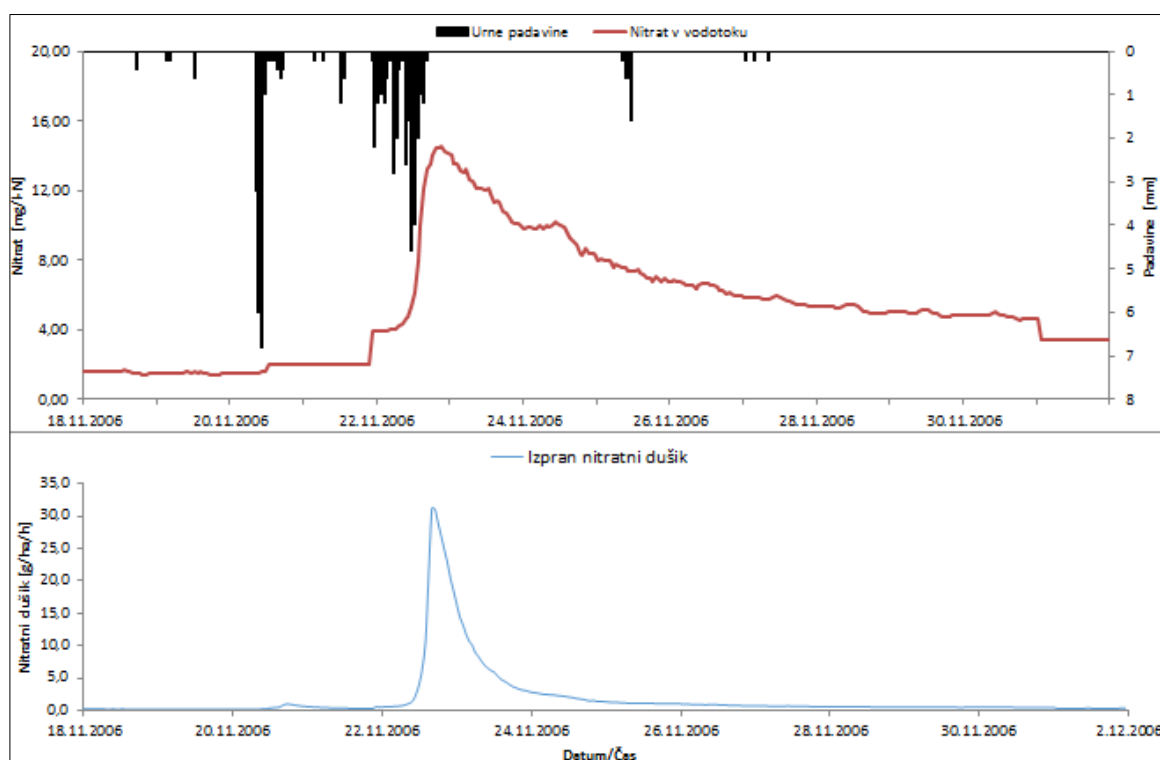
V zadnjem padavinskem dogodku meseca avgusta (24.08. – 02.09.) je padlo 63,83 mm padavin, s katerimi se je v porečje vneslo skupno 0,24 kg/ha nitratnega dušika in izpralo 0,16 kg/ha. Pretoki so bili tudi v tem času zelo nizki, povprečni pretok je bil 0,4 m<sup>3</sup>/s, najvišja vrednost 1,1 m<sup>3</sup>/s se pojavi le nekaj ur po končanem padavinskem dogodku.

Opazovalno obdobje v mesecu avgustu je še posebej zanimivo, saj se pojavijo trije večji padavinski dogodki v povsem drugačnih hidroloških razmerah. Pred padavinskim dogodkom avgust I je prevladovalo sušno obdobje. Pojavi se hipen dvig koncentracij nitrata v vodotoku, sklepamo, da je v tem času prišlo do akumulacije nitratnega dušika, ki se je z nastopom dežja in posledično spremembo hidroloških razmer pričel intenzivno spirati iz porečja. Dnevna nihanja nitrata v vodotoku so bistveno manj izrazita kot spomladi. Še več nitrata se

izpere v padavinskem dogodku avgust II. Na to vpliva predhodna namočenost tal, ki vpliva na tvorbo padavinskega odtoka in s tem povečane količine izpranega mobilnega nitrata iz prispevnega območja v vodotok. V padavinskem dogodku avgust III se je navkljub veliki predhodni namočenosti tal izpralo relativno malo nitrata. Najverjetneje ni bilo na voljo več nitrata, ki bi se pod vplivom hidroloških pogojev mobiliziral.

#### 4.4.3.3 Opazovalno obdobje v jesenskem času

V opazovalnem obdobju meseca novembra (18.11. – 2.12.) je skupno padlo 55,4 mm padavin, s katerimi se je v porečje vneslo 0,2 kg/ha nitrata, 0,61 kg/ha se je iz njega izteklo. Pred padavinskim dogodkom je prevladovalo sušno obdobje, v katerem je prišlo do akumulacije neorganskega dušika v sistemu gozdnih tal. Z nastopom dežja in spremenjenih hidroloških razmer, povprečni pretok je bil 0,26 m<sup>3</sup>/s, na dan največjih padavin 22.11. pa je narastel na 1,04 m<sup>3</sup>/s se je le-ta pričel intenzivno izpirati, zabeležene koncentracije nitrata v vodotoku so močno variirale. Iz 1,55 mg/l so narasle na 14,2 mg/l, to se je zgodilo na dan po obilnem deževju dne 23.11.



Slika 46: Opazovalno obdobje v jesenskem času, november

#### 4.4.3.4 Opazovalno obdobje v zimskem času

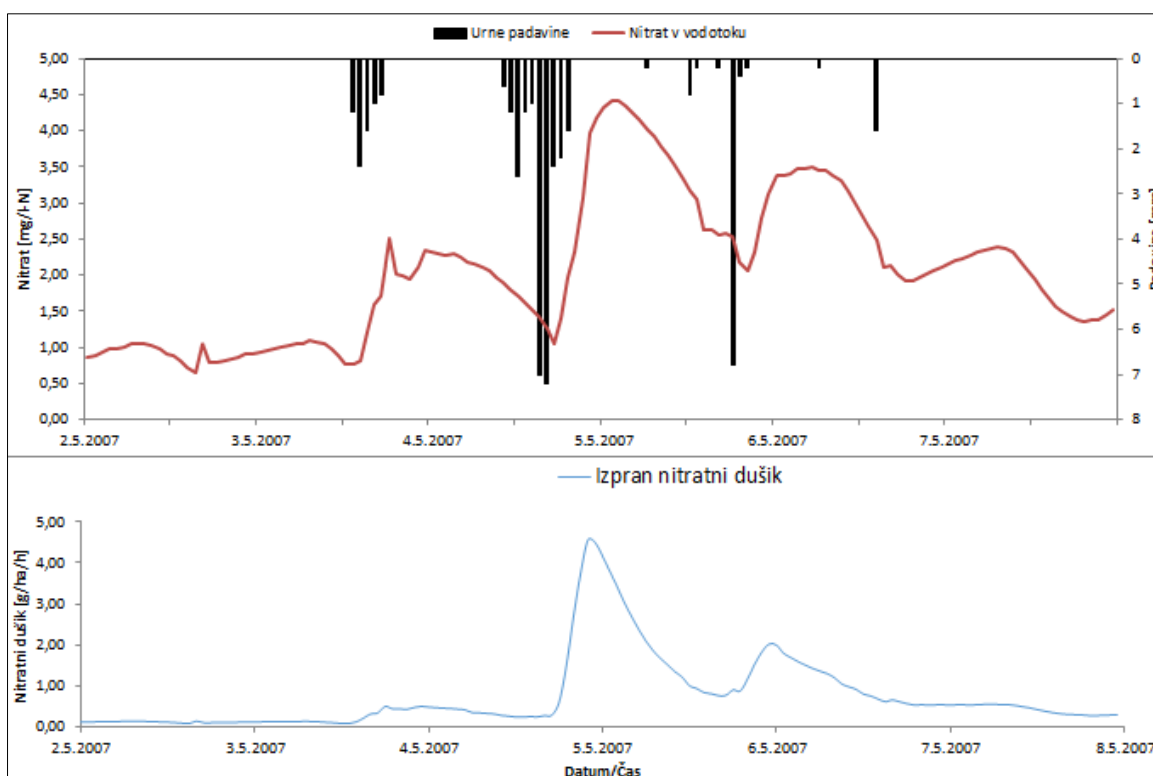
V zimskem času se je v sistem vneslo največ nitrata obenem pa naj bi se največ nitrata iz sistem tudi izpralo. Na žalost meritve koncentracij nitratnega dušika v tem času niso

potekale. Vsi predhodni izračuni so vezani na rezultate, ki so bili modelirani s programskim orodjem Weka, zato jih podrobno nismo obravnavali.

#### 4.4.4 Masna bilanca spranega nitratnega dušika v času opazovalnih dogodkov v letu 2007

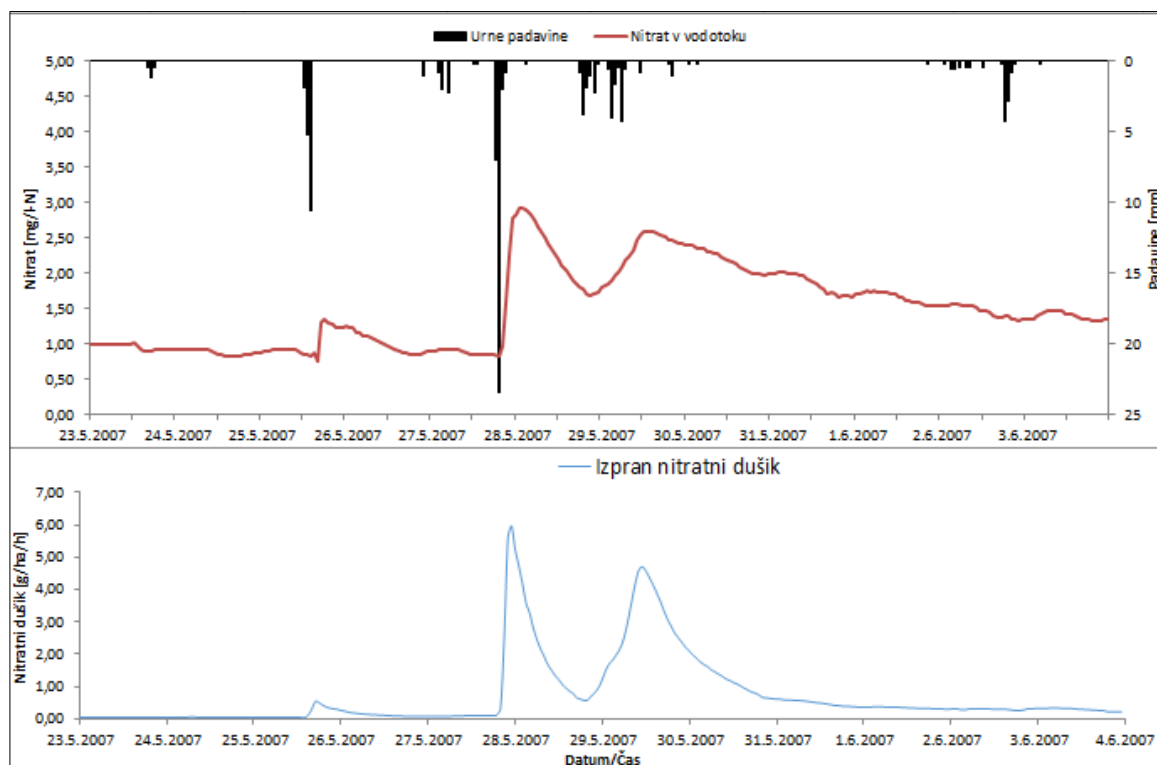
##### 4.4.4.1 Opazovalna obdobja v spomladanskem času

V opazovalnem obdobju meseca maja (02.05. - 07.05.), je v padavinskem dogodku na območje padlo 44,6 mm padavin, ki so povzročile dvig pretokov in koncentracij nitratnega dušika iz 1 mg/l-N na 4,4 mg/l-N. V tem obdobju se je s padavinami vneslo 0,1 kg/ha nitratnega dušika, približno enaka količina se je iz porečja izprala 0,11 kg/ha. Opazna je velika variabilnost koncentracij nitrata.



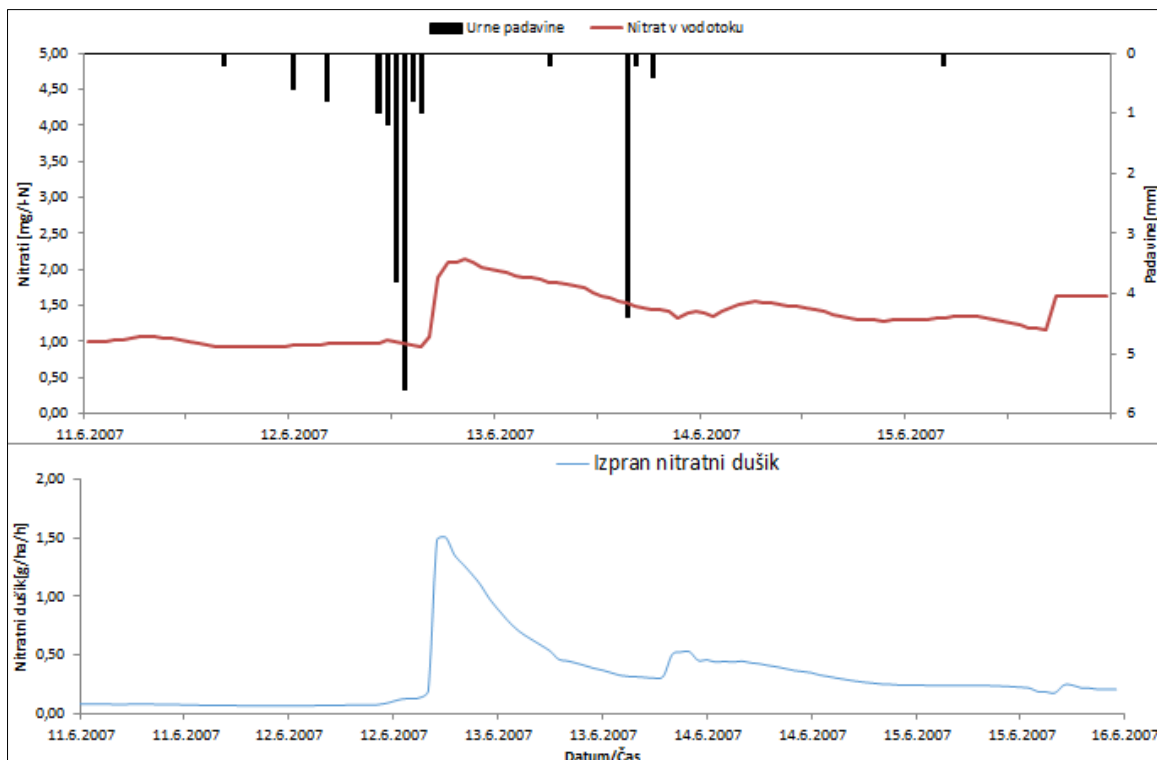
Slika 47: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj 2007

V opazovalnem obdobju maj-junij (23.05. – 03.06.) je na območje padlo 94,6 mm padavin, ki so povzročile dvig pretokov iz 0,07 m<sup>3</sup>/s na 1,5 m<sup>3</sup>/s. Koncentracije nitratnega dušika so se iz 1 mg/l-N dvignile na 2,3 mg/l-N. V tem obdobju se je s padavinami vneslo 0,48 kg/ha nitratnega dušika, slabo polovico manj se ga je iz porečja izpralo (0,2 kg/ha). Najverjetneje se je v začetku maja iz tal izpral ves odvečen nitrat. Dodatne količine, ki so se v tem času vnesle, so bile imobilizirane s stani mikroorganizmov in vegetacije.



Slika 48: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, maj - junij 2007

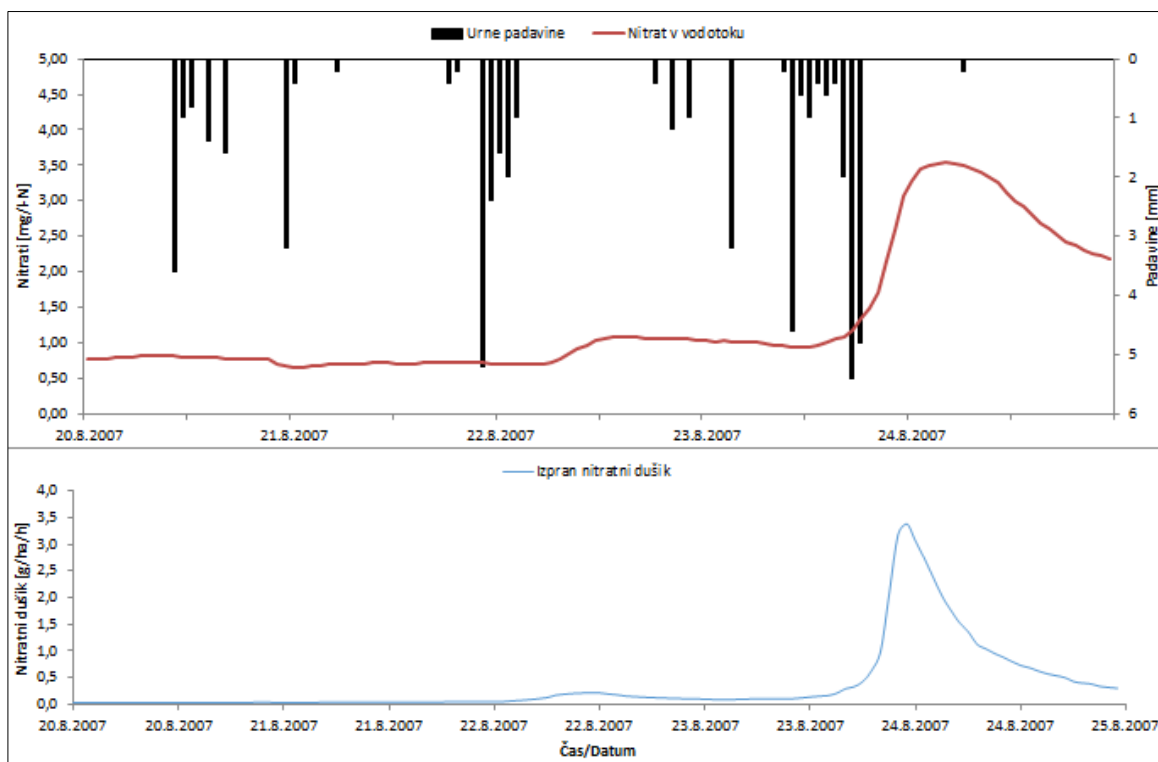
Zgolj 20,4 mm padavin je na območje padlo v opazovalnem obdobju meseca junija (11.06. – 15.06.). V porečje se je vneslo 0,06 kg/ha nitratnega dušika in izpralo 0,04 kg/ha. Masna bilanca je bila v tem obdobju pozitivna in znaša 0,02 kg/ha. Povprečna vrednost koncentracij nitratnega dušika v vodotoku je znašala 1,35 mg/l-N, povprečna vrednost pretokov pa 0,24 m<sup>3</sup>/s. Tudi v tem opazovalnem obdobju pride do imobilizacije nitrata s strani mikroorganizmov in vegetacije.



Slika 49: Opazovalno obdobje v spomladanskem času, junij 2007

#### 4.4.4.2 Opazovalno obdobje v poletnem času

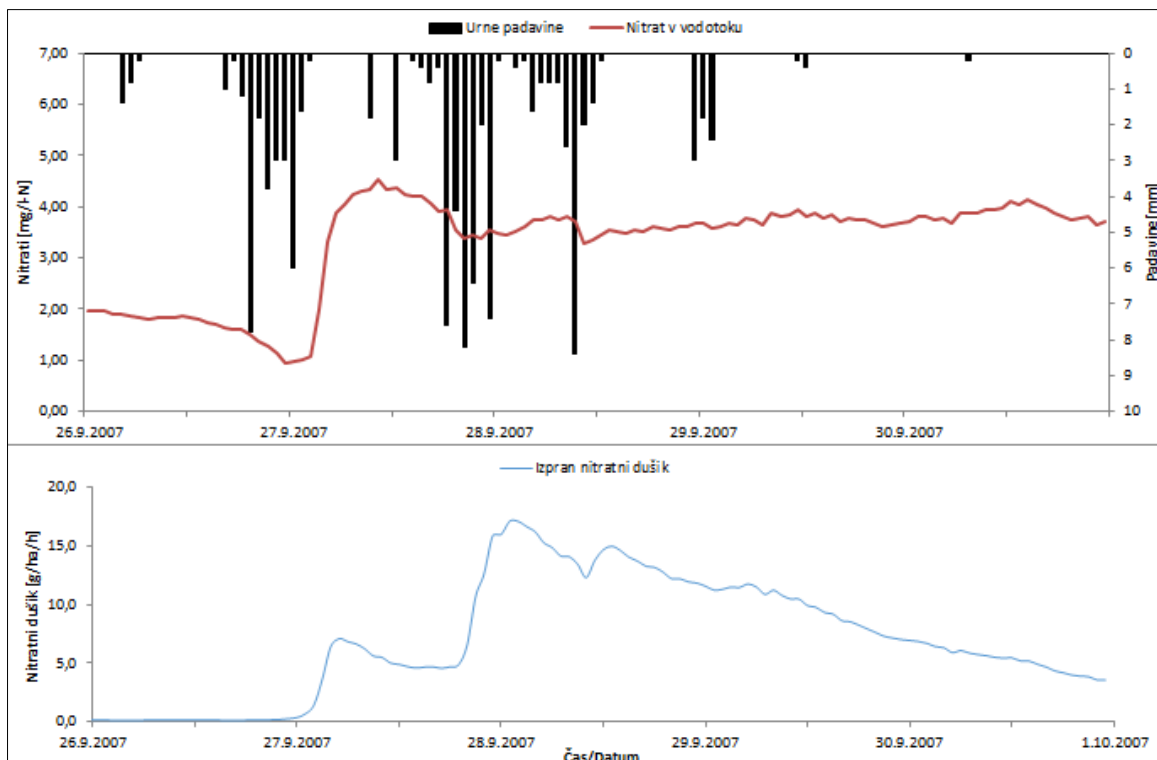
V opazovalnem obdobju meseca avgusta (20.08. – 24.08.) je na območju padlo 51 mm padavin s katerimi se je v sistem vneslo 0,17 kg/ha nitratnega dušika, izpralo pa se ga je zgolj 0,04 kg/ha, masna bilanca v tem času je pozitivna in znaša 0,13 kg/ha. Koncentracije nitratnega dušika so se iz 0,8 mg/l-N povzpele na 3,5 mg/l-N, konica odtoka je znašala 1,29 m<sup>3</sup>/s. Kljub povečanim koncentracijam nitrata v vodotoku, se je več nitrata v sistem vneslo kot iz njega izpralo. Prihaja do navzemanja nitrata s strani mikroorganizmov in vegetacije.



Slika 50: Opazovalno obdobje v poletnem času, avgust 2007

### **Opazovalno obdobje v jesenskem času**

V zadnjem opazovalnem obdobju leta 2007, meseca septembra (26.09. – 30.09.), je na območje porečja Padež padlo 102 mm padavin, s katerimi se je vneslo 0,2 kg/ha nitratnega dušika, izpralo pa kar 0,85 kg/ha, tako da je bila masna bilanca v tem obdobju negativna in znaša – 0,65 kg/ha. V tem obdobju so bile zabeležene visoke koncentracije nitratnega dušika v vodotoku, povprečne vrednosti znašajo 2,91 mg/l-N, maksimalne urne vrednosti pa kar 5,8 mg/l-N. Velika količina padavin in posledično močno povečani pretoki, iz 0,1 m<sup>3</sup>/s so narasli na 5,8 m<sup>3</sup>/s, ter zmanjšanje navzemanja nitrata s strani vegetacije vplivajo na povečane koncentracije nitrata v vodotoku.



Slika 51: Opazovalno obdobje v jesenskem času, september

### ***Opazovalno obdobje v zimskem času***

Na žalost tudi v letu 2007 meritve kemizma vode v času zime niso potekale.

## 5 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo opredelili letno, sezonsko in mesečno masno bilanco spranega in vnesenega nitratnega dušika v porečju potoka Padež. Na podlagi izračunane masne bilance smo določili obdobja, ko porečje deluje kot izvor in obdobja, ko porečje deluje kot ponor za nitratni dušik. V nadaljevanju smo poskušali najti odgovore, kako letne in sezonske spremembe hidroloških in biogeokemijskih pogojev vplivajo na količine nitrata v porečju. To nam je omogočilo pridobiti vpogled v sezonsko spremenljivost razpoložljivega nitratnega dušika. Opravili smo tudi analizo masne bilance spranega in vnesenega nitrata v času posameznih padavinskih dogodkov. Pri tem pa je potrebno poudariti, da so te vrste analiz predvsem ilustrativne. Njihov glavni namen je, da s pomočjo grafičnega prikaza izvemo, kako in kdaj se v času padavinskega dogodka nitratni dušik najintenzivneje izpira, manj pa nam povedo o samih količinah, saj so opazovalna obdobja za take vrste analizo prekratka.

Zaradi različnih hidroloških značilnosti in sezonskih biogeokemijskih razmer masna bilanca nitratnega dušika letno, predvsem pa sezonsko močno variira. V porečju Padež smo masno bilanco nitratnega dušika spremljali v obdobju dveh let. Letne razlike v masni bilanci nitratnega dušika so odvisne predvsem od klimatski oziroma meteoroloških pogojev v posameznem letu, saj je od njih odvisen atmosferski vnos nitratnega dušika in masna bilanca odtekle vode oziroma količine spranega nitrata, medtem ko so sezonska gibanja zalog nitratnega dušika odvisna predvsem od aktivnosti prisotne vegetacije in njenih lastnosti, temperaturnih in vlažnostnih razmer tal.

Za natančnejše podatke o gibanju masne bilance, bi bila potrebna predvsem dolgotrajnejša (preko celotnega leta) in dolgoletnejša spremljanja spreminjanja koncentracij nitratnega dušika v vodotoku in atmosferi ter podrobna analiza tal in vegetacije na prispevnem območju porečja Padež. S pomočjo ustrezne literature in analizi rezultatov diplomske naloge, lahko o gibanju masne bilance nitratnega dušika v porečju Padež zapišemo naslednje ugotovitve.

Vnesene in sprane količine nitrata so močno odvisne od razporeditve in količine padavin. V zimskem času od oktobra do marca se pojavijo nekoliko povišane koncentracije nitrata v atmosferi. Sorazmerno se nekoliko poveča tudi vnos v porečje z njim pa količine spranega nitrata. Le-ta se najintenzivneje izpira v zimskih mesecih (januar, februar in marec), v spomladanskem času (april, maj) se količine izpranega nitrata nekoliko zmanjšajo, zmanjšajo pa se tudi količine vnesenega nitrata v sistem. Z napredovanjem rastne sezone se pričnejo vrednosti spranega nitrata še dodatno zmanjševati, ob pomanjkanju hidroloških mehanizmov se del nitrata v porečju akumulira. Najnižje vrednosti spranega nitrata se pojavijo v poletnih mesecih (junij, julij in avgust) in v začetku jeseni. V mesecu novembru se prične nitrat ponovno intenzivneje iz porečja izpirati. Od meseca marca do meseca oktobra se



koncentracije nitrata v atmosferi ne spreminjajo veliko, vnos v sistem je tako odvisen predvsem od razporeditve padavin.

Do povečane količine izpranega nitratnega dušika v zgodnjepomladanskih in zimskih mesecih prihaja zaradi:

- dreniranja nitratnega dušika iz globljih tal (Cirmo in McDonnell, 1997),
- povečanega vnosa iz atmosfere,
- zmanjšanega mikrobiološkega in vegetacijskega navzemanja,
- povišanega deleža odtoka vode, ki poveča izpiranje mobilnega nitratnega dušika.

V zimskem času porečje Padež deluje kot izvor nitratnega dušika, kvantitativno se dušik iz sistema izgublja ( $I < O$ ), masna bilanca ima tako negativen predznak.

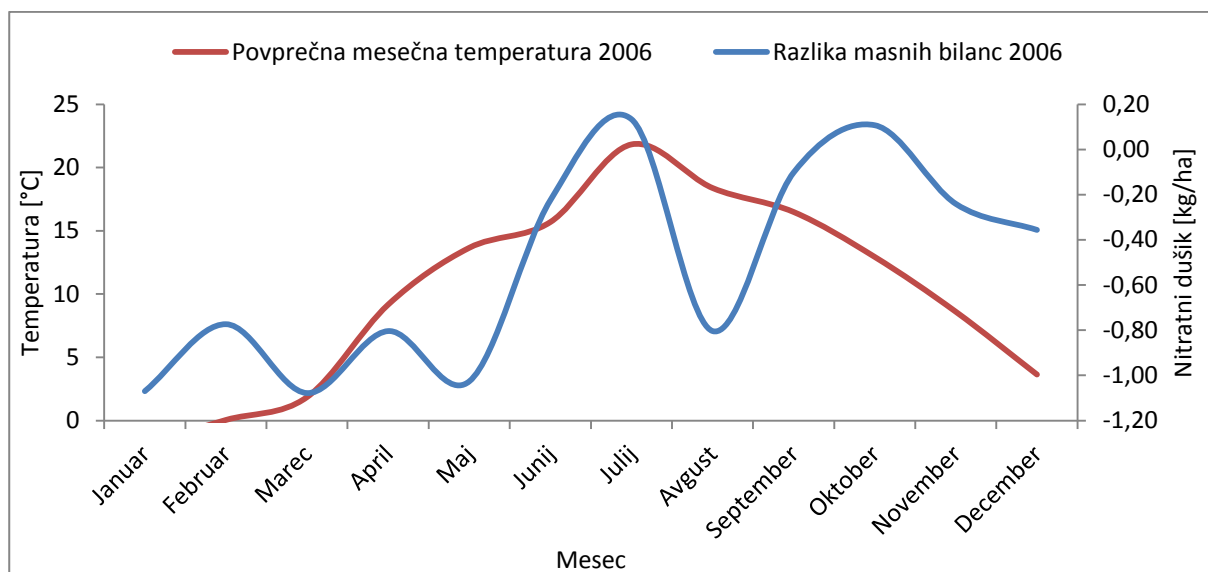
Biogeokemijsko najbolj aktivna obdobja so pozno spomladi, poleti in v začetku jeseni, oziroma v času rastne sezone, v tem času prihaja do akumulacije nitratnega dušika zaradi:

- vegetacijskega navzemanja,
- povečane stopnje mikrobiološke mineralizacije in nitrifikacije
- povečane evapotranspiracije ter posledično zmanjšanega deleža odtekle vode
- daljših sušnih obdobji in posledično odsotnosti hidroloških mehanizmov, ki bi mobilizirali akumulirane količine nitratnega dušika v tleh

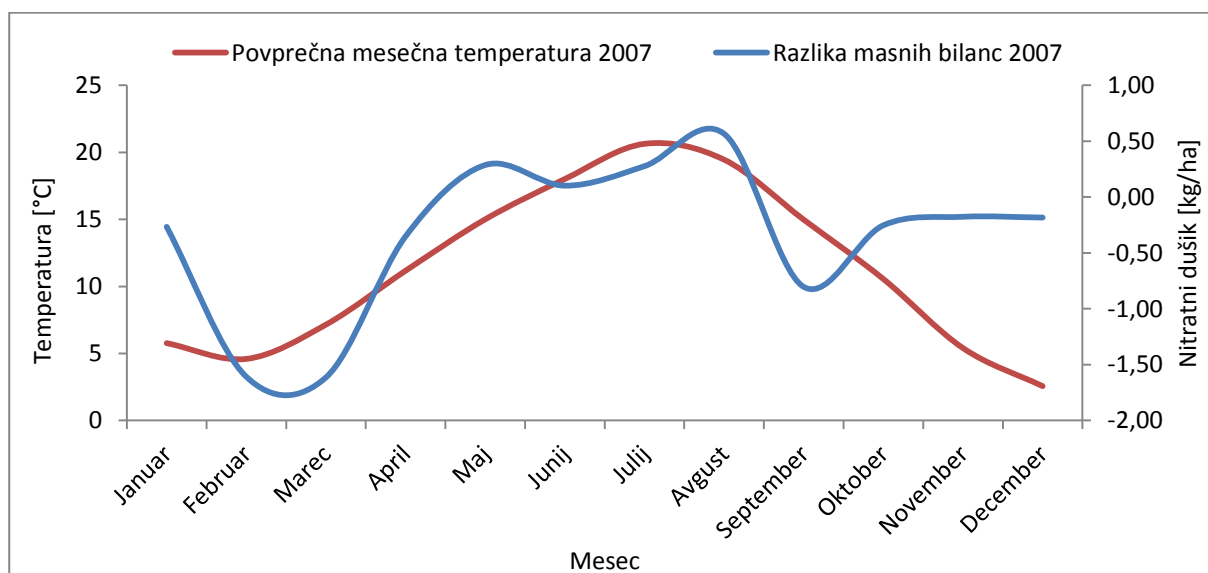
Da je odziv porečja v toplejših delih leta močno odvisen od hidrometeoroloških razmer je razvidno iz analize opazovalnih obdobji v avgustu leta 2006 in septembru leta 2007, ko se je ob nastopu obilnejšega deževja pričel nitratni dušik iz porečja intenzivno izpirati. Do tega pride zaradi aktivacija hidroloških mehanizmov, ki produkte mineralizacije in nitrifikacije mobilizirajo iz talnega profila. Odzivnost koncentracij nitratnega dušika na spremenjene hidrološke razmere je bila v teh mesecih zelo velika, zato lahko sklepamo, da se v tem času v gozdnih tleh pojavijo viški nitratnega dušika (Rusjan, 2008). V poletnem času porečje deluje kot ponor nitratnega dušika, kar pomeni, da se kvantitativno nitrat v porečje vnese ( $I > O$ ). Obilnejše padavine v tem času, lahko povzročijo, da se nitratni dušik prične iz porečja izpirati in razlika masnih bilanc dobi negativen predznak.

Temperatura velja za ključni faktor, ki uravnava biološko fiksacijo nitrata. Aktivnost encima nitrogenaze, ki se uporablja pri fiksaciji atmosferskega dušika, narašča eksponentno v temperaturnem razponu tal od 10 do 25°C (Zitzer et al., 1989). Obenem ima temperatura velik vpliva na intenziteto mineralizacije in nitrifikacije dušika. Razgradnja dušikovih organskih spojin je največja pri temperaturi zraka med 25 in 35 °C (Nicolardot et al., 1994). Ob povečani fiksaciji in nadaljnji mineralizaciji in nitrifikacij dušikovih spojin, lahko sklepamo,

da gozdnata porečja v toplejših delih leta predstavljajo potencialni vir nitratnega dušika, ki se pod vplivom hidroloških mehanizmov mobilizira. To lahko opazimo tudi iz slik 52 in 53, ki prikazujeta razliki masnih bilanc in povprečne mesečne temperature v letu 2006 in 2007. Opazimo, da se gibanje razlik masnih bilanc, dobro ujema z gibanjem povprečnih mesečnih temperatur z izjemo mesecev maj in avgustu, leta 2006, ter meseca septembra leta 2007. V teh mesecih so zabeleženi obilni padavinski dogodki, ki so pospešili izpiranje nitratnega dušika iz tal.



Slika 52: Povprečne mesečne temperature in razlika masnih bilanc v letu 2006



Slika 53: Povprečne mesečne temperature in razlika masnih bilanc v letu 2007

## 5.1 Okoljske spremembe in njihov vpliv na gibanje masne bilance nitratnega dušika

Okoljske spremembe vplivajo na vse evropske regije z zelo različnimi posledicami za družbo in okolje. Največ govora je o podnebnih spremembah zaradi katerih naj bi bili v prihodnje ekstremni vremenski pojavi kot so poplave in suše intenzivnejši in pogostejši. Projekcije klimatskih modelov kažejo, da bi lahko bila Evropa v drugi polovici 21. stoletja za 2,5 – 4°C toplejša od povprečja v obdobju od leta 1961 do 1990. Obenem številne študije kažejo izrazite spremembe v značilnostih rastlin in živali. Rastline na primer cvetijo prej, bolj zgodaj se pojavlja tudi cvetenje sladkovodnega fitoplanktona in zooplanktona. Rastna sezona številnih poljščin v Evropi se je podaljšala in pričakuje se, da se bo ta trend še nadaljeval (EEA, 2012). Dodaten problem za okolje predstavlja demografska eksplozija prebivalstva. Število svetovnega prebivalstva naj bi se v naslednjih desetletjih povečalo in v 40 letih doseglo 9 milijard ljudi (z današnjih 6,9 milijard). Posledično bo naraščala kmetijska proizvodnja in s tem raba dušikovih gnojil ter poraba energije (npr. raba fosilnih goriv in kurilnih sredstev) (NATO, 2011).

V nadaljevanju bomo s pomočjo podatkov in poznavanja procesov na osnovi drugih raziskav v literaturi poskušali napovedati vpliv splošnih okoljskih sprememb na gibanje masne bilance dušika v porečjih.

### Povečanje povprečne letne temperature in pogostosti ekstremnih padavinskih dogodkov

Pričakovani temperaturni trendi nakazujejo na to, da se bo povprečna letna temperatura v prihodnosti dvignila, obenem naj bi se vse pogosteje pojavljali ekstremni padavinski dogodki. Povišanje povprečne letne temperature vodi v naraščanje mineralizacije in nitrifikacije in posledično povečane akumulacije njenih produktov v tleh. Zaradi teh sprememb lahko v sezonsko biogeokemijsko najaktivnejših obdobjih, ki se bodo zaradi povišanih temperatur podaljševala, pričakujemo povečanje količin nitratnega dušika, ki se z gozdnatih prispevnih območij sprostijo v vodotoke. Povečane količine izpranega dušika v vegetacijsko aktivnih obdobjih pomenijo dodatne količine hranil za mikroorganizme in vegetacijo, ki se nahaja dolvodno. Povečajo se možnosti evtrofikacije vodnih teles.

### Povečanje količin dušika v atmosferi in na kmetijskih površinah

Za sodobno spreminjanje podnebja je v največji meri kriv človek oziroma njegovi izpusti toplogrednih plinov v ozračje. Njegov vpliv bo odločilen tudi za podnebje 21. stoletja. V povezavi s tem izvirajo negotovosti o prihodnjem družbeno-gospodarskem razvoju, na katerem slonijo scenariji izpustov toplogrednih plinov in ocene o njihovi prihodnji koncentraciji v ozračju. Zaradi naraščanja svetovnega prebivalstva, se bo povečalo povpraševanje po hrani, kar vodi v intenzivnejše kmetovanje in s tem gnojenje kmetijskih površin. Pričakujemo

lahko povečan vnos izpranega dušika iz kmetijskih površin v vodotoke. Obenem se bo povečal atmosferski vnos dušika zaradi povečanih potreb po energiji in uporabi motornih vozil, ki vplivajo na povečanje izpustov dušikovih oksidov. Vse to vpliva na dolgoročno povečanje vnosa dušika v ekosistem. Pričakujemo lahko povečano mineralizacijo in nitrifikacijo dušika.

## 6 ZAKLJUČEK

Občutljivost ekosistemov na spremembe količin dušika v okolju je velika. V želji, da jih zaščitimo pred preobremenjenostjo s hranili in jim omogočimo zdrav razvoj je poznavanje masne bilance dušika ključnega pomena. Spremembe v količini dušika se pojavijo zaradi delovanja meteoroloških, hidroloških, geoloških in bioloških dejavnikov oziroma biogeokemičnega kroženja med biotopom in biocenozo. V diplomskem delu smo poskušali opredeliti časovne in količinske trende spreminjanja masne bilance nitratnega dušika na prispevnem območju potoka Padež v letih 2006 in 2007. Na podlagi merjenih hidrometeoroloških podatkov in zveznih meritev koncentracij nitratnega dušika v vodotoku in atmosferi smo opravili analizo masne bilance nitratnega dušika na prispevnem območju porečja Padež.

Največji problemi pri določanju masne bilance dušika v porečju se pojavijo pri določanju biogeokemijskih procesov nitrifikacije in mineralizacije organskih snovi, ki vplivajo na količino akumuliranega nitrata v gozdnih tleh in hidroloških mehanizmov, predvsem pri določanju poti toka podtalnice, pod vplivom katerih se mobilni nitrat iz porečja izpira. V diplomskem delu smo masno bilanco dušika poenostavljeno zapisali kot razliko med količinami atmosfersko vnesenega in količinami spranega dušika po vodotoku. S tem nam je uspelo pridobiti splošni vpogled v kroženje nitratnega dušika v primeru, da je obravnavani ekosistem porečje.

Med leti 2006 in 2007 so na porečju Padež opazne razlike v sezonskih in mesečnih vrednostih masne bilance vnesenega in izpranega dušika. Spremembe lahko pripišemo predvsem različnim vremenskim spremembam. Le-te vplivajo na aktivnost vegetacije in dekompozicije rastlinskih ostankov, gibanje zračnih mas, stanje ozračja in hidrološke mehanizme. Najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na količine vnesenega nitrata iz atmosfere in njegovo spiranje iz porečja pa je razporeditev in količina padavin. Od pozne pomladi do začetka jeseni pričakujemo, da se del nitrata v porečju zadrži. Razlika masne bilance je v tem primeru pozitivna, porečje takrat deluje kot ponor nitratnega dušika. V zimskem času je bila razlika masne bilance v obeh letih negativna. Iz porečja se izpere bistveno več nitrata, kot se ga s padavinami vnese in torej deluje kot izvor nitratnega dušika. Ob tem je potrebno poudariti, da so količine izpranega nitrata v zimskem času izračunane s pomočjo modeliranih podatkov gibanja koncentracij nitrata v vodotoku in so zato manj merodajne.

Za natančnejše analize, bi bila smiselna natančnejša preučitev vzajemnih sezonskih biogeokemijskih ter hidroloških mehanizmov za kar pa so potrebna dolgotrajnejša in dolgoletnejša spremljanja hidroloških, meteoroloških ter biogeokemijskih mehanizmov, predvsem pa zajem podatkov tudi v zimskem času.

Pri ekstrapolaciji ugotovitev, o sezonskih variacijah masne bilance nitratnega dušika na prispevnem območju porečja Padež na druga porečja se je potrebno zavedati omejitev, ki pri tem nastanejo, saj za vsako porečje veljajo drugačni hidrometeorološki in biogeokemijski mehanizmi.

V prihodnosti se bo vedno več pozornosti posvečalo celostnim opredelitvam stanja ekosistemov in porečij, saj le tako lahko pridobimo vpogled v stanje ekosistem in njegove odzive na spremembe ene izmed glavnih komponent (vnosa snovi, vegetacije, pretokov...).

Posebno pozornost bi bilo potrebno posvetiti visokogorskim (alpskim) porečjem, ki predstavljajo enega izmed najbolj ranljivih ekosistemov, kar pomeni, da so še posebej dovzetna na spremembe v okolju.

## VIRI

Uporabljeni viri:

ARSO 2010. Poročilo o stanju okolja v Evropi 2010 – prispevki Slovenije

[http://www.arso.gov.si/soer/kakovost\\_zraka.html](http://www.arso.gov.si/soer/kakovost_zraka.html) (Pridobljeno 12. 03. 2014).

Bengtsson, G., Bengtson, P., Mansson, K.F. 2003. Gross nitrogen mineralization-, immobilization-, and nitrification rates as a function of soil C/N ratio and microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 35: 143–154.

Bertsalanič R. Klimatografija Slovenije, značilnosti vetra v Sloveniji. ARSO

[http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Znacilnosti\\_vetra\\_v\\_Sloveniji.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Znacilnosti_vetra_v_Sloveniji.pdf) (Pridobljeno 27. 04. 2014).

Binkley, D., Son, Y., Valentine, W., D. 2000. Do Forests Receive Occult Inputs of Nitrogen? *Ecosystems*, Volume 3, No. 4: 321-331.

Bolte, T. 2007. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2006. ARSO: 106 str.

Bolte, T. 2008. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2007. ARSO: 116 str.

Brencelj, R.I. (ur.), Kušar, U. (ur.). 2004. Kazalci okolja 2003. Ljubljana, ARSO: 154 str.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Univerzitetni učbenik, 1. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.

EEA. 2013. Kakšen zrak dihamo; Kakovost zraka v Evropi. Kopenhagen, Signali 2013, 69 str. [doi:10.2800/97623](https://doi.org/10.2800/97623)

EEA. 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. Kopenhagen: 304 str. [doi:10.2800/66071](https://doi.org/10.2800/66071)

Eler, K., Kopal, M., Simončič, P. 2010. Kritični vnos in prekomerne obremenitve ekosistemov z dušikom in žveplom.

[http://kazalci.arso.gov.si/print?ind\\_id=576&lang\\_id=302](http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=576&lang_id=302) (Pridobljeno 15. 03. 2014).

Evropska unija. 2010. Direktiva Evropske unije o nitratih. Evropska unija, urad za publikacije: 4 str.

<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/sl.pdf> (Pridobljeno 19. 02. 2014.)

Fitzhugh, R.D., Lovett, G.M., Venterea, R.T. 2003. Biotic and abiotic immobilization of ammonium, nitrite and nitrate in soils developed under different tree species in the Catskill Mountains, New York, USA. *Global Change Biology*, 9: 1591–1601.

Fogg, J., Wells, G. 1998. *Stream Corridor Restoration, Principles, Processes, and Practices*, U.S. Department of Agriculture, U.S. Environmental Protection Agency, Tennessee Valley Authority, Federal Emergency Management Agency, U.S. Department of Commerce, U.S. Department of Housing and Urban Development, U.S. Department on the Interior: 536 str.

Geoinženiring, 2004. *Geološke osnove za potrebe projekta: Ureditev oskrbe prebivalstva s pitno vodo Slovenske Istre in zalednega kraškega območja*, Projektna naloga, Geoinženiring, IG–1394, Ljubljana: 30 str.

Grando, V. 2008. *Biološko odstranjevanje nitratov iz onesnaženih podzemnih vod*. Diplomsko delo, Nova Gorica, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za znanosti o okolju. 47 str.

GURS, 2002. *Digitalni model višin, DMV25*. Geodetska uprava Republike Slovenije. Kartografsko gradivo v digitalni obliki.

Heggie, D. T., Skyring, G. W., Orchard, J., Longmore, A. R., Nicholson, G. J., and Berelson, W. M., 1999. Denitrification and denitrifying efficiencies in sediments of Port Phillip Bay: direct determinations of biogenic N<sub>2</sub> and N-metabolite fluxes with implications for water quality. *Marine Freshwater Research* 50, 589-596.

Klemenčič, V. 1959. *Pokrajina med Snežnikom in Slavnikom*. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti: 197 str.

*Klimatografija Slovenije, Temperature 1961 – 90*. 1995. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Slovenije.

Stopar, D. 2013 *Kroženje dušika*. Spletna stran.

<http://web.bf.uni-lj.si/zt/mikro/homepage/krozenjeDUSIK.pdf/> (Pridobljeno 13.09.2013.)

Kovač, N., Zupan, N. 2009. *ZR10 Izpusti predhodnikov ozona*. Agencija republike Slovenija za okolje: 7 str.

Likens, G.E., Bormann, F.H. 1995. *Biogeochemistry of a Forested Ecosystem*. 2<sup>nd</sup> edition. New York, Springer-Verlag: 159 str.

McDonnell, J.J., Tanaka, T. 2001. Hydrology and biogeochemistry of forested catchments, *Hydrological Processes*, 15: 1673– 2073.



Meteorološki letopis 1999. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Arhivsko gradivo.

Merrington G., Winder L., Parkinson R., Redman M. 2002. Nitrates and nitroden loss. V: Agricultural pollution. Environmental problems and practical solutions. Spon Press Taylor and Francise group: str.11-38.

Mikoš, M., Kranjc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly M. 2002. Hidrološko izrazje. Terminology in hydrology. Acta hydrotehnica 20/32

Mitchell, M.J., Driscoll, C.T., Kahl, J.S., Likens, G.E., Murdoch, P.S., Pardo, L.H. 1996. Climatic Control of Nitrate Loss from Forested Watersheds in the Northeast United States, New York, Enviromental science and technology, 8: 2609-2612

MOPE. 2004. Nacionalni program varstva okolja, osnutek za javno razpravo, Ljubljana. Ministrstvo za okolje, prostor in energetiko: 127str.

NATO. 2011. Lačni podnebnih dejavnosti?

<http://www.nato.int/docu/review/2011/Climate>

[Action/Population growth challenge/SL/index.htm](http://www.nato.int/docu/review/2011/Climate/Action/Population_growth_challenge/SL/index.htm) (Pridobljeno, 15. 02. 2014).

OECD in EUROSTAT. 2007. Gross nitrogen balances, handbook, 24str.

<http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/40820234.pdf> (Pridobljeno, 10. 01. 2014)

Ogrin D. (ur.). 2012. Geografija stika Slovenske istre in Tržaškega zaliva. Znanstvena založba Filozofks efakultete Univerze v Ljubljani: 342 str.

Rakovec J., Vrhovec T. 2000. Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike, 2 izdaja, Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije, DMFA Ljubljana 2000 : 329 str.

Rusjan, S. 2008. Hidrološke kontrole sproščanja hranil v porečjih. Doktorska disertacija št. 179, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 206 str.

Simončič, S., Kutner, L., Kovač, M., Skudnik, M., Žlindra, D., Ferlan, M., Levanič, T., Verlič, A. 2011. Raziskovalna ploskev Brdo. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana: 2 str.

Stanford, J.A. 1996. Landscape and Catchment Basins. V: Hauer, F.R., Lamberti, G.A. (ur.). Methods in Stream Ecology, London, Academic Press Inc.: 3–23.

Šebenik, I. 1996. Brkini in Ilirskobistriška kotlina. Regionalnogeografska monografija Slovenije, 4. del:

Submediteranski svet, Ljubljana, Inštitut za geografijo: 48–68.

Splichal, U. 2013. Slab zrak, krajše življenje. Slovenske novice <http://www.slovenskenovice.si/lifestyle/zdravje/slab-zrak-krajse-zivljenje> (Pridobljeno 29. 04. 2013).

Šraj, M. 2000. Uporaba šifranta padavinskih območij vodotokov Republike Slovenije za pripravo hidroloških modelov. Magistrska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 109 str.

Tositti, L., Brattich, E., Masiol, M., Baldacci, D., Ceccato, D., Parmeggiani, S., Zappoli, S. 2013. Source apportionment of partitionment of particulate matter in a large city of southeastern Po Valley (Bologna, Italy). *Environmental Science and Pollution Research*; 21:872-890

Trudinger, P.A., Swaine., D.J. 1979. *Biogeochemical Cycling of Mineral-Forming Elements*, Elsevier scientific publishing company, Amsterdam: 612 str.

Vanderbilt, C.L., Lajhta, K., Swanson, F.J. 2003. Biogeochemistry of unpolluted forested watersheds in the Oregon Cascades: Temporal patterns of participation and stream nitrogen fluxes. *Biogeochemistry*, 62: 87–117.

Uljan, M. 2000. Novejši regionalni razvoj občine Ilirska Bistrica. Diplomaska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Poglavje Podnebje: 14–20.

Vitousek, P.M., Aber, J.D., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.H., Tilman, D.G. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. *Ecological Application*, 7: 737–750.

Wade, J.A., Durand, P., Beaujouan, P., Wessel, W.W., Raat, K.J., Whitehead, G.P., Butterfield, D., Rankinen, K., Lepisto., A. 2002. A nitrogen model for European catchments: INCA, new model structure and equatiins. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6: 559-582.

Witten, I. H., Frank, E. 2005. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques* (Second edition), Morgan Kaufmann: 525 str.

Zitzer, S.F., Dawson, J.O., Gertner, G.Z. 1989. Seasonal changes in nitrogen fixation activity of European black alder and Russian olive. *Seventh Central Hardwood Forest Conference*, Carbondale, Illinois: 134–140.