

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Stavebná fakulta
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva

Ing. Ivana Marko

**Variabilita povrchového odtoku a jej vplyv na kvalitu vôd
v urbanizovanom území**

Autoreferát dizertačnej práce

Na získanie akademického titulu philosophiae doctor v doktorandskom študijnom programe:

Vodohospodárske inžinierstvo

Bratislava 2021

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Predkladateľ:

Ing. Ivana Marko
Stavebná fakulta STU
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Školiteľ:

prof. Ing. Štefan Stanko, PhD.
Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva
Stavebná fakulta STU, Bratislava

Oponenti:

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná08.2021 o na Katedre Zdravotného a environmentálneho inžinierstva Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11

Prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
Dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

OBSAH

1	Úvod.....	4
2	Ciele dizertačnej práce.....	4
3	Výskumná časť práce.....	5
	3.1 Metodika práce.....	5
	3.2 Opis záujmového územia.....	6
	3.3 Obder vzoriek povrchového odtoku z urbanizovaného územia.....	6
	3.4 Stanovenie kvalitatívnych parametrov povrchového odtoku.....	6
	3.5 Vyhodnotenie dažďového odtoku z urbanizovaných území.....	7
	3.5.1 Vyhodnotenie kvality vody z povrchového odtoku podľa právnych predpisov.....	11
	3.5.2 Vplyv charakteristík zrážok na kvalitu povrchového odtoku.....	12
	3.5.3 Vplyv kvality ovzdušia na kvalitu povrchového odtoku z urbanizovaného územia ...	13
	3.5.4 Porovnanie kvality povrchového odtoku a kvality podzemnej vody okolí SvF.....	14
	3.6 Modelovanie zrážkovo-odtokového procesu v záujmovom povodí.....	15
	3.6.1 Záujmové územie.....	15
	3.6.2 Definovanie povrchového odtoku.....	16
	3.6.3 Konštrukcia modelového dažďa.....	16
	3.6.4 Modelové územie záujmového povodia.....	17
	3.6.5 Vyhodnotenie zrážkovo-odtokového procesu.....	17
4	Záver.....	18
5	Literatúra.....	22
6	Publikačná činnosť.....	24

1 Úvod

Vzhľadom na trend súčasnej doby, migrácia obyvateľstva predstavuje závažný environmentálny problém vplyvajúci hlavne z kvality životného štýlu ľudskej civilizácie. Sťahovanie obyvateľov z vidieka do mestských aglomerácií je hlavným dôvodom budovania umelých krajinných prvkov, ktoré so sebou prinášajú špecifické problémy spojené so zmenou priestorovej štruktúry mesta. Z dôvodu zmeny využívania pôdy, zintenzívnením tvorby spevnených plôch vznikajú rozsiahle zastavané územia, ktoré narušujú prirodzený stav a nehospodárnosť daného územia. Potláčaním vegetačných plôch a ich nahrádzaním za nepriepustné plochy nevhodným spôsobom manažovania dažďových vôd z urbanizovaného územia nastali výrazné zmeny v klimatických a hydrologických charakteristikách územia [1], [2], [3]. Dochádza k zintenzívneniu tvorby povrchového odtoku, čo následne vedie k zvýšeniu objemu odtoku, navýšeniu vrcholu povodňovej vlny, ku kontaminácii mestských dažďových vôd a v neposlednom rade sa takto zvyšuje riziko tvorby lokálnych povodní pôsobením povrchového odtoku [2].

Dažďové vody dopadajúce na spevnený povrch sú najčastejšie zaústené do stokovej siete alebo odvedené do najbližšieho recipientu [4]. Toto jednoduché a tradičné riešenie sa v praxi osvedčilo, ako nie najvhodnejšie z hľadiska veľkého rizika preťaženia stokových sietí a možnosti ovplyvnenia vlastnosti vodných útvarov. Hlavným problémom je rôznorodosť látok nachádzajúcich sa v dažďovom odtoku, ako sú: prachové častice, ťažké kovy, nutrienty, pevné suspendované látky, ropné látky a ostatné toxické organické zlúčeniny, ktoré môžu spôsobiť závažné environmentálne škody vo vodnom ekosystéme, poprípade ohroziť ľudské zdravie [2], [5]. S cieľom zachovania prirodzeného stavu ekosystému vznikla potreba budovania nových koncepčných riešení mestského odvodnenia, ktoré napodobňujú prirodzený hydrologický režim povodia a tým pomáhajú riešiť problém mikroklimy mesta, podporujú výpar, zníženie teploty vzduchu, zabezpečujú doplnenie zásob podzemných vôd, umožňujú zníženie množstva povrchového odtoku a znižujú koncentráciu znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku.

Nový systém nakladania s dažďovými vodami na území Slovenska je v rozvojovej fáze, ktorý zatiaľ nepatrí medzi popredné opatrenia na reguláciu dažďového odtoku zo spevnených plôch i keď niektoré situácie by si vyžadovali integrovaný prístup. V súčasnosti sa smeruje k separácií a regulácií odtoku povrchových vôd v mestských povodiach a tým k zníženiu zaťaženia stokového systému a recipientu počas extrémnych dažďov. Vzhľadom na súčasný stav predmetnej problematiky dizertačná práca je zameraná na hodnotenie kvality povrchového odtoku z urbanizovaných území a jeho vplyvu na kvalitu podzemnej vody.

2 Ciele dizertačnej práce

Ciele dizertačnej práce boli stanované na základe súčasných poznatkov spôsobu hospodárenia s dažďovou vodou v urbanizovanom území. Vplyvom rapidného rozvoja miest nastala zmena v priestorovej štruktúre mesta, čo spôsobilo zmenu v hydrologickom režime daného územia. Téma predkladanej práce vychádzala z nutnosti riešenia danej problematiky vzhľadom na nežiadajúce

účinky spôsobené klimatickou zmenou v posledných rokoch, zmenou kvality ovzdušia a vzniku nekontrolovateľného odtoku dažďových vôd zo spevnených plôch. Vzhľadom na uvedené poznatky, ciele dizertačnej práce možno rozdeliť na dve hlavné fázy. Primárnym cieľom práce je na základe terénnych meraní, odoberaním vzoriek a analyzovaním kvalitatívnych parametrov dažďového odtoku z urbanizovaného územia získať informácie o množstve znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku. Zámerom bolo porovnanie vplyvu znečistenia ovzdušia a charakteristík zrážok na kvalitu povrchového odtoku. Následne bolo spracované vyhodnotenie stanovených koncentrácií znečistenia v povrchovom odtoku podľa platných právnych predpisov, určených pre kvalitu povrchovej vody na území Slovenska. Ďalším krokom bolo na základe získaných vstupných údajov a terénnych meraní zostrojenie matematického simulačného modelu pomocou softvéru Storm Water Management Model (SWMM). Za účelom modelovania bolo zvolené povodie okolia Stavebnej Fakulty STU v Bratislave. Cieľom bolo získať údaje o vplyve zrážkovo-odtokového procesu na kvalitu podzemných vôd pri rôznych scenároch. Na simulovanie povrchového odtoku boli použité extrémne a skutočné dažďové udalosti počas, ktorých prebiehal i odber vzoriek dažďových vôd z urbanizovaného územia.

Tézy dizertačnej práce možno zadefinovať nasledovne:

1. zber a analýza vzoriek povrchového odtoku z urbanizovaného územia
2. posúdenie vplyvu klimatickej zmeny na kvalitu povrchového odtoku (emisii v ovzduší a charakteristík zrážok – úhrn, trvanie, obdobie sucha)
3. vyhodnotenie kvality povrchového odtoku podľa právnych predpisov
4. zber a spracovanie vstupných údajov potrebných na zostrojenie matematického modelu vybraného povodia
5. simulovanie zrážkovo-odtokového procesu pri rôznych scenároch dažďových udalostí
6. posúdenie vplyvu zrážkovo-odtokového procesu na kvalitu podzemnej vody.

3 Výskumná časť práce

3.1 Metodika práce

Metodika výskumnej práce predstavuje dôležitú časť, popisujúcu postupnosť naplnenia stanovených cieľov dizertačnej práce použitím zozbieraných a nameraných údajov, analýzu kvality dažďového odtoku zo spevnených plôch a vytvorenie matematického modelu, ktorý bude slúžiť na posúdenie stokového systému počas pôsobenia zrážkovej udalosti. Na dosiahnutie zadefinovaných cieľov priebeh spracovania dizertačnej práce možno rozdeliť na dve hlavné časti.

Prvým krokom bol zber a analýza vzoriek dažďového odtoku z urbanizovaného územia s cieľom získania údajov o kvalite dažďového odtoku. Jedná sa o fyzikálne a chemické kvalitatívne parametre zrážkového odtoku, ako sú: hodnota pH, AOX, CHSK, obsah ťažkých kovov Pb, Cu, Ni, Zn, As, Cd, a iné ukazovatele kvality vody. Následne prebiehalo vyhodnotenie analyzovaných parametrov vzhľadom na najväčšie prípustné koncentrácie stanovené právnymi predpismi. Údaje poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) - dáta o úhrne zrážok, kvalite ovzdušia

a podzemných vôd boli spracované a použité na vyhodnotenie ich vplyvu na kvalitu dažďového odtoku. Ďalším krokom bolo vytvorenie matematického modelu na simulovanie zrážkovo-odtokového procesu a získanie údajov o vplyve dažďa na povrchový odtok a na kvalitu podzemnej vody. Pri simulovaní povrchového odtoku a jeho vplyvu na existujúcu stokovú sieť boli použité návrhový blokový dážd' a skutočné dažďové udalosti, počas ktorých prebiehal odber vzoriek vody z povrchového odtoku. Na vytvorenie matematického modelu bol použitý softvér SWMM. Výsledkom výskumu bolo posúdenie vplyvu rôznych scenárov dažďových udalostí na tvorbu povrchového odtoku a kvalitu podzemných vôd.

3.2 Opis záujmového územia

Cieľom bolo vybrať lokalitu v urbanizovanom území z katastrálneho územia Slovenskej republiky, na ktorej je možné vykonať jednoduché zachytenie vzoriek dažďového odtoku z urbanizovaných území a posúdenia vplyvu dažďa na tvorbu povrchového odtoku a kvalitu vôd. Vybraná lokalita musela vyhovovať z hľadiska klimatických, geologických a hydrologických podmienok. Z toho dôvodu bola ako primárne urbanizované územie zvolená Bratislava. Zachytenie vzoriek povrchového odtoku prevažne prebiehalo na niekoľkých lokalitách v Bratislave - v mestskej časti Staré mesto na ulici Imricha Karvaša, na Radlinského ulici, na Blumentálskej ulici a Krížnej ulici a v mestskej časti Lamač na Hodonínskej ulici. Na porovnanie kvalitatívnych parametrov zrážkového odtoku niekoľko vzoriek bolo odobratých v Trnavskom kraji v mestskej časti Na hlinách a v Srbsku v obci Hložany. Vzhľadom na predpoklad, že najväčšie množstvo znečisťujúcich látok sa hromadí na spevnených plochách, odber vzoriek prebiehal prevažne z cestných komunikácií.

3.3 Odber vzoriek povrchového odtoku z urbanizovaného územia

Výskum bol zameraný na zachytenie povrchového odtoku z urbanizovaných území počas dažďovej udalosti. Odber vzoriek povrchového odtoku prebiehal od marca 2019 do októbra 2020, pričom väčšina vzoriek bola zachytená v roku 2019. Najviac vzoriek bolo zachytených počas letných a jesenných mesiacov (Júl – Október), kedy sa vyskytovali zrážky väčšej výdatnosti a dlhé obdobia sucha. Za uvedené obdobie bolo odobratých 27 vzoriek. Odobrané vzorky mali objem 350 ml. V Bratislave bolo zachytených dvadsať jedna vzoriek, v Trnave dve vzorky a v Srbsku (obec Hložany) štyri vzorky.

Počas dvoch zrážkových udalostí v dňoch 02.10.2019 a 25.09.2020 prebiehal dlhodobý odber vzoriek na ulici Imricha Karvaša s cieľom sledovania kvality povrchového odtoku počas jednej hodiny trvania dažďovej udalosti. Časové rozpätie medzi odberom vzoriek bolo stanovené na 10 min. Za toto obdobie počas jednej dažďovej udalosti bolo zachytených 7 vzoriek.

3.4 Stanovenie kvalitatívnych parametrov povrchového odtoku

Analýza kvalitatívnych parametrov dažďového odtoku zachyteného z urbanizovaného územia prebiehala podľa platných slovenských technických a európskych noriem, na základe ktorých sa volila metóda stanovenia koncentrácie ukazovateľa. Pri analýze boli vyhodnocované fyzikálne

a chemické ukazovatele kvality vody. Z fyzikálnych parametrov boli stanovené reakcia vody =pH hodnota a elektrická vodivosť vody (EK). Spomedzi chemických ukazovateľov boli analyzované parametre, ako sú: ťažké kovy (olovo, zinok, kadmium, hliník, chróm, meď), chemická spotreba kyslíka (CHSK), celkový obsah fosforu (P_{celk}) a dusíka (N_{celk}), organický dusík (N_{org}), sírany (SO_4^{2-}), dusičnanový dusík (N-NO_3), dusitanový dusík (N-NO_2), amoniakálny dusík (N-NH_4) a adsorbovateľné organicky viazané halogény (AOX). Stanovenie fyzikálnych ukazovateľov (hodnoty pH a EK) a chemického parametra AOX prebiehala v laboratóriu Stavebnej fakulty STU v Bratislave na Katedre zdravotného a environmentálneho inžinierstva. Ostatné chemické parametre boli stanovené v laboratóriu na Fakulte Chemickej a potravinárskej technológie (FCHPT) STU v Bratislave na Katedre Environmentálneho inžinierstva a v akreditovanom laboratóriu Trnavskej vodárenskej spoločnosti a.s. v Piešťanoch.

3.5 Vyhodnotenie dažďového odtoku z urbanizovaných území

Vyhodnotenie analyzovaných parametrov bolo porovnaním stanovených koncentrácií pri jednotlivých vzorkách povrchového odtoku. Následne prebehlo vyhodnotenie vzhľadom na najväčšie prípustné koncentrácie stanovené právnymi predpismi. Údaje poskytnuté Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) - dáta o úhrne zrážok, kvalite ovzdušia a podzemných vôd boli spracované a použité na vyhodnotenie ich vplyvu na kvalitu dažďového odtoku. Hodnoty vyhodnocovaných ukazovateľov (hodnota pH, vodivosť, AOX a CHSK) kvality povrchového odtoku zachyteného so spevnených plôch sú uvedené v Tab. 3.1.

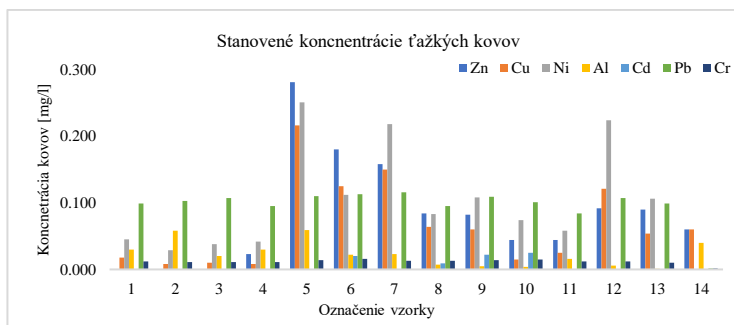
Tab. 3.1 Stanovené koncentrácie látok nachádzajúcich sa v povrchovom odtoku z urbanizovaného územia za sledované obdobie od 26.3.2019 do 02.10.2019

Vzorka č.	Dátum odobratia vzorky	Miesto	pH [-]	EK [mS.m^{-1}]	AOX [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	CHSK [mg.l^{-1}]
1	26.3.2019	Maršala Tita - Hložany (Srbsko)	8,33	20,03	64,19	3,21
2	26.3.2019	Novosadská ulica - Hložany (Srbsko)	9,09	22,00	540,24	2,53
3	28.4.2019	Maršala Tita - Hložany (Srbsko)	8,26	19,29	454,75	13,20
4	28.4.2019	Novosadská ulica - Hložany (Srbsko)	8,17	20,37	570,47	16,40
5	01.07.2019	Križna ulica (BA)	7,69	21,21	653,04	175,00
6	24.08.2019	Blumentálska (BA)	7,06	15,33	533,26	69,80
7	24.08.2019	Križna ulica (BA)	7,09	16,49	963,87	77,30
8	06.09.2019	Križna ulica (BA)	7,59	19,41	277,40	43,00
9	09.09.2019	Križna ulica (BA)	7,73	26,06	732,40	49,90
10	09.09.2019	Hodoníška ulica (BA)	8,57	9,74	98,52	23,70
11	09.09.2019	Radlinského ulica (BA)	8,86	11,64	530,69	25,90
12	07.09.2019	Na hlinách (TR)	7,68	26,00	438,17	154,00
13	08.09.2019	Na hlinách (TR)	8,08	14,50	480,26	64,80
14	2.10.2019	Imricha Karvaša (BA)	7,48	32,60	487,30	474,00

Stanovené hodnoty hodnoty pH dažďového odtoku sa veľmi nemenila, pohybovala sa v rozmedzí od 7,06 do 9,09. Z hľadiska alkality možno konštatovať, že ide o neutrálu dažďovú

vodu z povrchového odtoku s miernou tendenciou k zásaditosti alebo s miernou tendenciou ku kyslosti. Hodnoty elektrickej vodivosti boli pomerne nízke, pohybovali sa od 20,0 mS.m⁻¹ do 30,0 mS.m⁻¹. Priemerná hodnota vodivosti zachytených vzoriek dažďového odtoku bola 19,62 mS.m⁻¹. Stanovené koncentrácie AOX pri niektorých vzorkách povrchového odtoku boli veľmi vysoké sa pohybovali v rozmedzí od 64,19 µg.l⁻¹ (vzorka č.1) do 963,87 µg.l⁻¹ (vzorka č.7). Hodnoty CHSK boli veľmi rozličné, pohybovali sa od minimálnej hodnoty 2,53 mg.l⁻¹ (pri vzorke č.2) do maximálnej hodnoty 474,00 mg.l⁻¹ (pri vzorke č.14).

Pri analýze ťažkých kovov boli posudzované najčastejšie vyskytujúce sa znečisťujúce látky v povrchovom odtoku, ako sú: kadmium, olovo, meď, zinok, chróm, nikel a hliník. Vyhodnotenie koncentrácií ťažkých kovov vo vzorkách dažďového odtoku zo spevnených plôch je zobrazené na grafe 3.1.



Graf 3.1 Vyhodnotenie koncentrácie ťažkých kovov vo vzorkách dažďových vôd z povrchového odtoku za obdobie od 26.03.2019 do 02.10.2019

Porovnaním jednotlivých vzoriek možno konštatovať, že koncentrácie vybraných ukazovateľov za pozorované obdobie boli premenlivé, pričom najvyššie znečistenie bolo zaznamenané pri vzorke č. 5, 6, 7 a 12. Najnižšie priemerné koncentrácie ťažkých kovov boli zaznamenané pri vzorke č. 1 až 4. Dôvodom nižších hodnôt koncentrácií môže byť obdobie (Marec – Apríl) zachytenia vzoriek a miesto odberu (obec). Pri ostatných posudzovaných vzorkách koncentrácie ťažkých kovov sa veľmi nemenili. V priemere najvyššie hodnoty koncentrácií boli zaznamenané pri nikle (0,099 mg.l⁻¹), pri olove (0,096 mg.l⁻¹) a pri zinku (0,081 mg.l⁻¹). Najnižšie hodnoty koncentrácií boli stanovené pri kadmii (0,005 mg.l⁻¹) a pri chróme (0,012 mg.l⁻¹). Z vyššie uvedených výsledkov vidno, že koncentrácie olova pri všetkých posudzovaných vzorkách dažďového odtoku boli takmer rovnaké, pohybovali sa od 0,084 mg.l⁻¹ do 0,1130 mg.l⁻¹, až na vzorku č. 14, kde bola zaznamenaná najnižšia hodnota 0,0015 mg.l⁻¹. Podobný koncentrácie boli zaznamenané aj pri chróme. Stanovené koncentrácie chrómu sa pohybovali od 0,0100 mg.l⁻¹ do 0,0160 mg.l⁻¹, až na vzorku č. 14, kde bola stanovená najnižšia koncentrácia 0,0012 mg.l⁻¹.

Vyhodnotenie nameraných koncentrácií znečisťujúcich látok vo vzorkách z povrchového odtoku zachytených na ulici Imricha Karvaša v Bratislave počas zrážkovej udalosti dňa 02.10.2019 je zobrazené v tabuľke 3.2. Pri týchto vzorkách okrem už uvedených ukazovateľov kvality vody (hodnoty pH, vodivosti, AOX, CHSK a ťažkých kovov) boli analyzované: oxidy dusíka, síran, celkový obsah dusíka a fosforu a organický dusík.

Tab. 3.2 Stanovené hodnoty koncentrácií vybraných ukazovateľov kvality povrchového odtoku z urbanizovaného územia počas dažďovej udalosti dňa 02.10.2019

Vzorka	1	2	3	4	5	6	7
Čas	16:03	16:13	16:23	16:33	16:43	16:53	17:03
pH [-]	7,48	7,5	7,28	7,16	7,36	7,38	7,36
EK [mS.m ⁻¹]	32,60	32,80	30,43	29,47	28,50	25,67	23,23
AOX [µg.l ⁻¹]	487,3	716,99	1168,5	774,96	583,11	800,22	830,44
CHSK [mg.l ⁻¹]	474,00	361,00	269,00	203,00	225,00	235,00	230,00
Zn [mg.l ⁻¹]	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,03	0,04
Al [mg.l ⁻¹]	0,04	0,07	0,07	0,05	0,06	0,04	0,03
Cu [mg.l ⁻¹]	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05
Cd [mg.l ⁻¹]	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Pb [mg.l ⁻¹]	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Cr [mg.l ⁻¹]	0,0012	<0,0008	0,0009	0,0012	0,0015	0,0012	0,0010
N - NH ₄ [mg.l ⁻¹]	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
N - NO ₂ [mg.l ⁻¹]	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
N - NO ₃ [mg.l ⁻¹]	4,15	7,15	3,20	2,50	3,09	3,16	2,72
N _{org} [mg.l ⁻¹]	5,60	5,60	5,10	3,50	3,80	3,10	3,70
N _{cel} [mg.l ⁻¹]	9,80	12,80	8,30	6,00	6,90	6,30	6,40
P _{cel} [mg.l ⁻¹]	1,97	2,30	2,50	2,19	1,52	1,66	1,79
SO ₄ ²⁻ [mg.l ⁻¹]	16,07	22,63	16,60	15,26	17,39	13,36	15,29

Na základe výsledkov uvedených v Tab. 3.2 možno skonštatovať, že najvyššie hodnoty koncentrácií jednotlivých parametrov boli stanovené pri prvom odbere dažďového odtoku, maximálne pri druhom. Iba pri adsorbovateľných organicky viazaných halogénoch bola najvyššia hodnota stanovená pri vzorke č. 3. V prípade hodnoty pH sa nameraná hodnota veľmi nemenila, pohybovala sa v rozmedzí od 7,16 do 7,50. Pri vodivosti boli zaznamenané pomerne nízke hodnoty, pohybujuce sa do 23,23 mS.m⁻¹ do 32,80 mS.m⁻¹. Koncentrácie AOX v dažďovom odtoku počas danej dažďovej udalosti boli veľmi vysoké, pohybovali sa do 487,30 µg.l⁻¹ (pri vzorke č.1) do 1168,50 µg.l⁻¹ (pri vzorke č.3), pričom priemerná koncentrácia bola 765,93 µg.l⁻¹. Stanovené hodnoty CHSK oproti vzorkám uvedených v Tab. 3.1 boli omnoho vyššie. Priemerná hodnota CHSK bola 285,29 mg.l⁻¹. Koncentrácie ťažkých kovov v dažďovom odtoku boli rozlíšené, pohybovali sa v rozmedzí od 0,00015 mg.l⁻¹ (pri olove) do 0,041 mg.l⁻¹ (pri medi). Pri analýze amoniakálneho dusíka a dusitanového dusíka boli stanovené konštantné hodnoty počas celej doby

odberu vzoriek. Pri vyhodnotení dusičnanového dusíka a celkového dusíka maximálna hodnota bola stanovená pri vzorke č. 2 a minimálna pri vzorke č. 4. Obdobne pri stanovení koncentrácií organického dusíka a síranu, najvyššie hodnoty boli stanovené pri vzorke č. 2 a najnižšie pri vzorke č. 6. V prípade vyhodnotenia celkového obsahu fosforu maximálna koncentrácia bola pri vzorke č. 3 a minimálna pri vzorke č.5.

Vyhodnotenie nameraných koncentrácií znečisťujúcich látok vo vzorkách z povrchového odtoku zachytených na ulici Imricha Karvaša v Bratislave počas zrážkovej udalosti dňa 25.09.2020 je zobrazené v tabuľke 3.3.

Tab. 3.3 Stanovené hodnoty koncentrácií vybraných ukazovateľov kvality povrchového odtoku z urbanizovaného územia počas dažďovej udalosti dňa 25.09.2020

Vzorka	1	2	3	4	5	6	7
Čas	9:05	9:15	9:25	9:35	9:45	9:55	10:05
pH [-]	6,39	6,39	6,49	6,46	6,87	6,92	7,22
EK [mS.m ⁻¹]	21,05	20,82	20,06	19,04	18,2	16,32	15,47
AOX [µg.l ⁻¹]	947,64	764,88	764,77	840,82	514,3	686,69	709,89
CHSK [mg.l ⁻¹]	399,00	301,00	232,00	183,00	151,00	88,00	53,00
Zn [mg.l ⁻¹]	0,19	0,13	0,16	0,10	0,07	0,04	0,02
Al [mg.l ⁻¹]	0,11	0,08	0,08	0,07	0,12	0,03	0,02
Cu [mg.l ⁻¹]	0,13	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01
Cd [mg.l ⁻¹]	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Pb [mg.l ⁻¹]	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Cr [mg.l ⁻¹]	0,0032	0,0022	0,0020	0,0014	0,0018	0,0008	0,0012
Fe[mg.l ⁻¹]	0,30	0,10	0,10	0,09	0,13	0,04	0,02
N - NH ₄ [mg.l ⁻¹]	2,20	1,80	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
N - NO ₂ [mg.l ⁻¹]	0,02	0,40	0,12	0,16	0,01	0,01	0,04
N - NO ₃ [mg.l ⁻¹]	1,84	1,52	1,15	1,02	1,39	<1,0	2,23
N _{org} [mg.l ⁻¹]	7,70	5,40	4,70	3,60	3,50	1,80	1,60
N _{cel} [mg.l ⁻¹]	11,80	9,10	7,00	5,40	4,90	2,70	3,90
P _{cel} [mg.l ⁻¹]	1,67	1,11	1,04	1,08	1,38	0,77	0,52
SO ₄ ²⁻ [mg.l ⁻¹]	31,09	18,01	11,69	9,22	8,93	4,55	11,25

Z výsledkov uvedených v Tab. 3.3 možno skonštatovať, že rovnako ako pri prvej dažďovej udalosti dňa 02.10.2019 najvyššie hodnoty koncentrácií boli stanovené pri prvom odbere povrchového odtoku, maximálne pri druhom. V prípade hodnoty pH sa nameraná hodnota veľmi nemenila, pohybovala sa v rozmedzí od 6,39 do 7,22. Pri vodivosti boli zaznamenané pomerne nízke hodnoty pohybujúce sa od 15,47 mS.m⁻¹ do 21,05 mS.m⁻¹. Koncentrácie AOX v povrchovom odtoku boli premenlivé, pohybovali v rozmedzí do 514,30 µg.l⁻¹ (pri vzorke č.5) do 947,64 µg.l⁻¹ (pri vzorke č.1). Zaznamenané hodnoty CHSK boli nižšie vzhľadom na vzorky odobraté dňa 02.10.2019, pohybovali sa v rozmedzí od 53,00 mg.l⁻¹ do 399,0 mg.l⁻¹. Priemerná koncentrácia AOX

(201,00 mg.l⁻¹) bola takmer dvoj-násobne nižšia, ako pri dažďovej udalosti dňa 02.10.2019. Koncentrácie ťažkých kovov v povrchovom odtoku sa pohybovali od 0,00015 mg.l⁻¹ (pri olove) do 0,10 mg.l⁻¹ (pri zinku). Pri analýze amoniakálneho dusíka bola max. hodnota stanovená pri vzorke č. 2. pokým ostatné vzorky mali konštantu hodnotu po celú dobu odberu vzoriek. Konštantné koncentrácie po celú dobu odberu vzoriek boli stanovené aj pri dusitanovom dusíku. Pri vyhodnotenie dusičnanového dusíka max. hodnota bola stanovená pri poslednej vzorke. Vyhodnotenie koncentrácií organického dusíka a síranu boli najvyššie hodnoty stanovené pri vzorke č.1 a najnižšie pri vzorke č. 6. Obdobne pri stanovení koncentrácií organického dusíka a celkového obsahu fosforu, maximálna koncentrácia bola zaznamenaná pri vzorke č. 1 a minimálna pri poslednej vzorke č.7.

3.5.1 Vyhodnotenie kvality vody z povrchového odtoku podľa právnych predpisov

Na vyhodnotenie analyzovaných parametrov dažďového odtoku zachyteného zo spevnených plôch v záujmovej lokalite boli použité maximálne prípustné hodnoty na povrchovú vodu stanovené Nariadením vlády SR č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd [6] a kritériá na kvalitu povrchovej vody stanovené podľa Dánskeho Nariadenia vlády - Bek. Nr. 1070 af 09/09/2015 [7]. Pri vyhodnotení posudzovaných vzoriek podľa NV SR č. 269/2010 Z. z. boli použité ukazovatele kvality uvedené v prílohe 1. časť A, ktorá udáva požiadavky na kvalitu povrchovej vody.

Vyhodnocované boli všetky odobraté vzorky povrchového odtoku z urbanizovaných území. Koncentrácie prekračujúce limitné hodnoty podľa právnych predpisov sú vyznačené červenou farbou v Tab. 3.1, 3.2, a 3.3.

Vyhodnotenie stanovených hodnôt ako je: hodnota pH, vodivosť, AOX a CHSK podľa NV SR č. 269/2010 Z.z. je uvedený v Tab. 3.4

Tab. 3.4 Vyhodnotenie stanovených hodnôt podľa NV SR č.269/2010

Ukazovateľ	% vzoriek	Min. prekročenie	Max. prekročenie	Priemer
pH	20	0,8 %	6,9 %	-
vodivosť	-	-	-	-
AOX	100	3 - násobne	48 -násobne	26 -násobne
CHSK	60	1,8 - násobne	13 - násobne	3 - násobne

Pri vzorkách zachytených v dňoch 02.10.2019 a 25.09.2020 boli vyhodnocované iba koncentrácie stanovené pri prvej odobratej vzorke povrchového odtoku a priemerné hodnoty za posudzované obdobie (1 hod), (vzhľadom na to, že pri niektorých vzorkách, nie vždy prvá odobratá vzorka dosahovala najvyššiu stanovenú hodnotu). Porovnanie stanovených koncentrácií s limitnou hodnotou podľa NV SR č. 269/2010 Z.z. je uvedený v Tab. 3.5.

Tab. 3.5 Vyhodnotenie stanovených hodnôt dusíkových zlúčenín, organického dusíku, celkového fosforu a síranov podľa požiadaviek NV SR č. 269/2010

Ukazovateľ	Prekročenie (02.10.2019)	Prekročenie (25.09.2020)
N-NH ₄	-	2,2 - násobne (1,29 - násobne)
N-NO ₂	-	(5,5 - násobne)
N-NO ₃	2,11 - násobne (1,85 - násobne)	-
N _{org.}	2,33 - násobne (1,73 - násobne)	3,1 - násobne (1,62 - násobne)
N _{celk.}	1,02 - násobne (-)	1,31 - násobne (-)
P _{celk.}	4,91 - násobne (4,97 - násobne)	4,17 - násobne (2,7 - násobne)
SO ₄ ²⁻	-	-

Poznámka: V zátvorke je uvedené prekročenie priemernej hodnoty

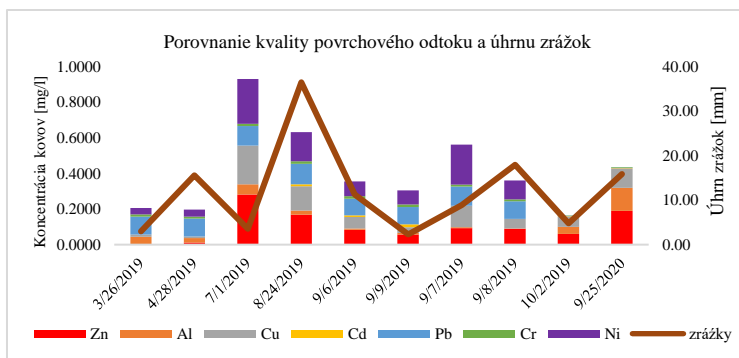
Vyhodnotenie ťažkých kovov bolo podľa NV SR č. 269/2010 Z.z. a podľa Dánskeho NV z dôvodu, že Dánske NV pri niektorých ukazovateľoch stanovuje prísnejšie povolené koncentrácie vzhľadom na Slovenské právne predpisy.

Tab. 3.6 Vyhodnotenie stanovených koncentrácií ťažkých kovov podľa prípuštných hodnôt

Ukazovateľ	NV SR č.269/2010 príloha č.1		Dánske NV	
	Max. prípuštná hodnota	Ročný priemer (násobne)	Max. prípuštná hodnota	Ročný priemer (násobne)
Zn	-	10,4 – 1,56	2,7 – 33,3	11,9
Al	-	-	-	-
Cu	-	8 – 64	4 – 10	69,6
Cd	20 - 55	20 - 60	20 - 55	20 - 60
Pb	-	13,29	30 - 74	79
Cr	1,1 – 1,7	1,2	2 – 3,3	3,3
Ni	-	5,35	1,1 -7,4	27

3.5.2 Vplyv charakteristík zrážok na kvalitu povrchového odtoku

Pre potreby posúdenia vplyvu charakteristika dažďa na kvalitu povrchového odtoku boli použité údaje o zrážkových udalostiach poskytnuté SHMU [8] a namerané koncentrácie jednotlivých ukazovateľov. Vplyv úhrnu zrážok na koncentráciu znečisťujúcich látok nachádzajúcich sa v povrchovom odtoku je zobrazený v grafe 3.2. Na základe vyhodnotenia grafu, možno pozorovať, ako sa hodnoty znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku časovo menili. Takmer pri všetkých posudzovaných vzorkách boli najvyššie stanovené koncentrácie pri vyššom úhrne dažďa a dlhšom období sucha, pokiaľ v období častého výskytu zrážok, zaznamenané hodnoty boli o niečo nižšie. Aj napriek tomu, že pri udalosti 01.07.2019 úhrn zrážok bol pomerne nízky, (3,60 mm) dĺžka bezdažďového obdobia (7 dní) a intenzita dažďa v čase odberu vzorky mohla mať značný vplyv na vysoké koncentrácie polutantov. Vyššie koncentrácie znečisťujúcich látok boli tiež stanovené pri dažďovej udalosti dňa 25.09.2020. Počas tejto udalosti úhrn zrážok bol 12,20 mm a obdobie sucha trvalo 18 dní. Pri zrážkovej udalosti 07.09.2019 boli stanovené priemerné koncentrácie polutantov, pričom úhrn zrážok bol pomerne vysoký (17,95 mm). Kvalitu povrchového odtoku počas tejto udalosti pravdepodobne ovplyvnila dĺžka bezdažďového obdobia (0 dní).



Graf 3.2 Porovnanie kvality povrchového odtoku vzhľadom na úhrn zrážok

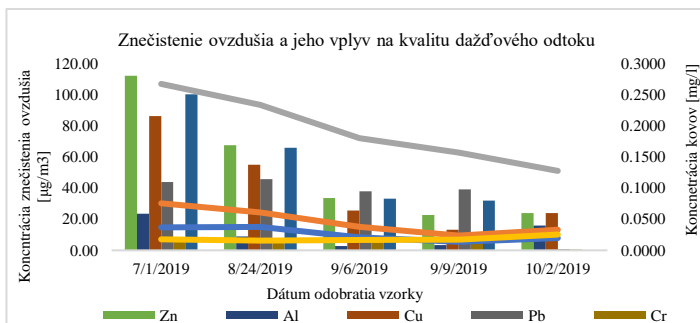
Vzhľadom na vyššie uvedené výsledky, možno posúdiť, že koncentrácia znečisťujúcich látok nie je podmienená len úhrnom zrážok. Jednoznačne možno skonštatovať, že kvalitu dažďového odtoku zo spevnených plôch ovplyvňuje viacero faktorov ako sú: druh a intenzita dopravy, materiál spevnenej plochy a iné parametre, ale vo veľkej miere sa na tom podieľajú charakteristiky dažďovej udalosti v deň zachytenia vzorky a obdobia sucha.

3.5.3 Vplyv kvality ovzdušia na kvalitu povrchového odtoku z urbanizovaného územia

Posúdenie vplyvu kvality ovzdušia na kvalitu povrchového odtoku z urbanizovaného územia bol iba pre vzorky zachytené v katastrálnom území Bratislavy za časové obdobie od 01.07.2019 do 02.10.2019. Za toto obdobie bolo zachytených 8 vzoriek počas piatich rôznych dažďových udalostí. Vyhodnotenie poskytnutých údajov kvality ovzdušia je uvedené v grafe 3.3.

Porovnaním poskytnutých koncentrácií znečistenia ovzdušia so stanovenými hodnotami koncentrácií polutantov dažďového odtoku, možno skonštatovať, že látky nachádzajúce sa v ovzduší v určitej miere majú vplyv na zvýšenie koncentrácie znečisťujúcich látok v dažďovom odtoku. V čase, keď boli zaznamenané pomerne vysoké koncentrácie znečistenia ovzdušia (01.07.2019 a 24.08.2019) pri posudzovaných vzorkách povrchového odtoku boli stanovené najvyššie hodnoty vybraných ukazovateľov. Z uvedeného grafu 3.3 vyplýva, že najväčšie znečistenie za posudzované obdobie bolo zaznamenané pri dažďových udalostiach v dňoch 01.07.2019 a 24.08.2019. V rovnakom období bolo zaznamenané najvyššie znečistenie ovzdušia. V tomto období boli odobraté tri vzorky (vzorka č. 5, 6 a 7).

Na základe uvedených výsledkov možno predpokladať, že v období zachytenia vzoriek, znečistenie ovzdušia mohlo mať vplyv na zvýšené koncentrácie polutantov v dažďovom odtoku. Toto tvrdenie je založené iba na základe podkladov za posudzované obdobie i keď nemožno s úplnou istotou povedať, v akej miere látky nachádzajúce sa v ovzduší vplývajú na kvalitu dažďového odtoku. Na spoľahlivý prehľad by sme potrebovali dlhodobé monitorovanie znečistenia ovzdušia a dažďového odtoku v urbanizovaných území

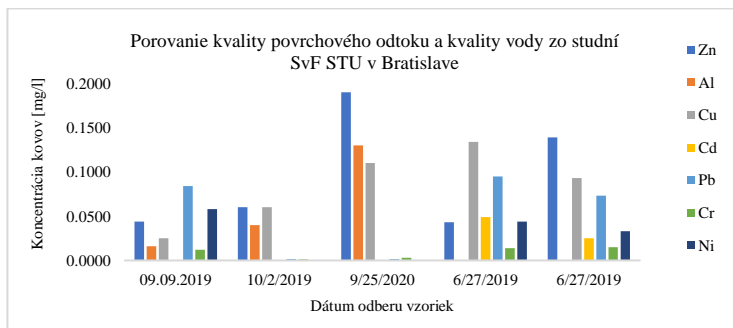


Graf 3.3 Vplyv znečistenia ovzdušia v deň odobratia vzorky na kvalitu dažďového odtoku

3.5.4 Porovnanie kvality povrchového odtoku a kvality podzemnej vody okoli SvF

Na posúdenie kvalitatívnych parametrov podzemnej vody v okolí záujmovej lokality z vrtov, ktoré sa nachádzajú v areáli SvF STU v Bratislave, bol zabezpečený odber vzoriek. Odber vzoriek bol uskutočnený dňa 27.06.2019. Následne na odobratých vzorkách bola vykonaná laboratórna analýza pri, ktorej boli stanovené fyzikálne a chemické ukazovatele kvality vody, ako sú: hodnota pH, elektrická vodivosť, chloridy, chemická spotreba kyselika a koncentrácia ťažkých kovov (Zn, Cu, Ni, Al, Cd, Pb, Cr).

Porovnanie stanovených hodnôt koncentrácií ťažkých kovov v povrchovom odtoku a vody z vrtov SvF sú uvedené v grafe 3.4.



Graf 3.4 Porovnanie kvality povrchového odtoku z urbanizovaného územia a kvality vody zo studní SvF STU v Bratislave

Na základe výsledkov uvedených v grafe, možno skonštatovať, že pri niektorých parametroch hodnoty koncentrácie ťažkých kovov vo vode z vrtov boli vyššie než koncentrácie stanovené v dažďovom odtoku. Výrazne vyššie hodnoty boli zaznamenané pri kadmii, medi a olovi, na čo mohol mať vplyv starý potrubný systém použitý na chladenie budovy SvF. Porovnanie kvality vody

z vrtov a kvality povrchového odtoku, možno skonštatovať, že hodnoty koncentrácie niektorých ťažkých kovov v povrchovom odtoku sú vyššie než vo vode zo studní a niektoré sú nižšie. Výrazné rozdiely stanovených hodnôt koncentrácie ťažkých kovov mohlo ovplyvniť niekoľko faktorov, ktoré si vyžadujú podrobnejší prieskum. S istotou nemožno predpokladať, že na kvalitu podzemnej vody v okolí areálu budovy SvF STU v Bratislave vplýva kvalita povrchového odtoku, vzhľadom na to, že hĺbka hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná pri cca 10,0 m pod úrovňou terénu.

3.6 Modelovanie zrážkovo-odtokového procesu v záujmovom povodí

Táto časť dizertačnej práce je venovaná simulácii zrážkovo-odtokového procesu a jeho vplyvu na vybrané povodie. V matematickom softvéri SWMM je zostavený model záujmového územia a existujúcej stokovej siete na základe mapového podkladu a terénneho merania, na ktorom je posudzovaných niekoľko zrážkových udalostí s rôznou periodicitou

3.6.1 Záujmové územie

Povodie v okolí Stavebnej fakulty STU v Bratislave bolo zvolené za hlavnú oblasť výskumu, na ktorom prebiehalo posúdenie vplyvu zrážkovo-odtokového procesu na existujúcu stokovú sieť a okolité prostredie. Záujmová oblasť sa nachádza v katastrálnom území Bratislava v mestskej časti Staré mesto. Povodie sa nachádza v mierne sklonitom území (2,5 - 3,0 %) s kótou terénu od 148 m n. m. 141 m n. m. klesajúcou smerom od ulice Námestie slobody k Radlinského ulice. Celková plocha posudzovaného územia je 23 275 m², s čoho spevnené plochy predstavujú 70,7 % územia a vegetačné plochy tvoria 29,3 %.

Z hľadiska povrchovej úpravy spevnených plôch ide prevažne o asfaltovú a betónovú plochu, výnimkou je veľké átrium a parkovisko pre zamestnancov Úradu vlády SR, ktoré je tvorené z betónových tvárnic. Vsakovaciu plochu tvoria zelené pásy stromoradia pozdĺž komunikácie (Imricha Karvaša, Námestia slobody a Radlinského) v šírke ± 1,0 m, časť veľkého átria a malého átria umiestneného v Bloku B a malé zatrávnené plochy vo vnútrobloku areálu. Základný prehľad využitia spevnených a nespevnených plôch posudzovaného záujmového povodia, ako je: typ povrchu, funkcia, materiál povrchu, plocha v m² a percentuálny podiel je uvedený v Tab. 3.7.

Tab. 3.7 Charakteristiky využitia plôch záujmového povodia

Typ povrchu	Materiál	Funkcia	Plocha [m ²]	[%]
Spevnená plocha	Asfaltové pásy	Plochá strecha SvF	6753	28,4
	Škridla	Šikmá strecha ÚVSR	420	1,8
	Betón	Parkovisko	6821	28,7
	Dlažba	Parkovisko	130	0,5
	Betón	Chodník	1125	4,8
	Dlažba	Átrium	1208	5,5
Nespevnená plocha	Zatrávnená plocha	Vsakovanie	6813	29,5

3.6.2 Definovanie povrchového odtoku

Pre potreby posúdenia zrážkovo-odtokového procesu bola vytvorená samostatná hydrotechnická situácia, ktorá pozostáva zo 42 kanalizačných okrskov. Na správne definovanie veľkosti okrskov a stanovenie odtokového koeficientu boli použité dáta z katastrálnych máp, Google Earth, mapový podklad poskytnutý BVS a terénneho prieskumu. Následne na základe získaných údajov bolo záujmové povodie SvF STU a okolie rozdelené na menšie plochy rôznych tvarov a veľkostí podľa konfigurácie terénu, informácií o využití plôch (zastavané plochy, parkovisko, budovy, zelená plocha), umiestnení dažďových vpustov a žľabov. Každému kanalizačnému okrsku bol pridelený príslušný súčiniteľ odtoku Ψ , metódou stanovovania podľa STN 75 6101 [9]. Príklad rozdelenia záujmového povodia na jednotlivé kanalizačné okrsky, vzhľadom na spôsob odvedenia dažďových vôd možno vidieť na Obr. 3.1.



Obr. 3.1 Analýza záujmového povodia z hľadiska využitia

3.6.3 Konštrukcia modelového dažďa

Dôležitým vstupným parametrom pre posúdenie vplyvu atmosférických zrážok na povodie a existujúcu stokovú sieť je krátkodobý privalový dážď, charakteristický vysokou intenzitou a krátkou dobou trvania. Pre potreby simulovania zrážkovo-odtokového procesu a jeho vplyvu na vybranú lokalitu, boli použité dažďové udalosti s pravdepodobnosťou výskytu raz za dva roky, 5-krát do roka a raz za 10 rokov. Na porovnanie boli použité skutočné dažďové udalosti pre vybrané obdobia (24.08.2019 a 25.09.2020), počas ktorých prebiehal odber vzoriek dažďového odtoku z urbanizovaného územia.

Tab. 3.8 Tabuľka výdatnosti blokového dažďa

t [mm]	p=5		p = 0,5		p =0,1	
	q [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]	i [mm.hod ⁻¹]	q [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]	i [mm.hod ⁻¹]	q [l.s ⁻¹ .ha ⁻¹]	i [mm.hod ⁻¹]
0	54,22	19,504	122,81	44,176	172,98	62,223
60	54,22	19,504	122,81	44,176	172,98	62,223

Dáta pre simulovanie zrážkovo-odtokového procesu počas dažďových udalostí 24.08.2019 a 25.09.2020 boli poskytnuté VÚVH pre dve zrážkomerné stanice 11810 Bratislava - Mlynská dolina a 11813 Bratislava – Koliba [8].

3.6.4 Modelové územie záujmového povodia

Modelové územie vybranej záujmovej lokality pozostáva z odtokového územia alebo kanalizačných okrskov, šácht a systémov potrubí. Odtokové územie je definované niekoľkými parametrami: plochou okrsku, sklonom terénu, priemernou šírkou okrsku, percentuálnym podielom nepriepustných plôch, drsnosťou priepustných a nepriepustných plôch, retenčnou výškou pre nepriepustné a priepustné plochy. Hodnoty retenčnej výšky a drsnosti plôch boli zvolené podľa typu povrchu. Na stanovenie týchto parametrov boli použité tabuľky, ktoré sú súčasťou manuálu SWMM [10]. Pre nepriepustné plochy bola zvolená výška retencie 2,54 mm a pre trávnik 5,08 mm. Drsnosť pre asfaltové plochy bola 0,011, pre betónové 0,013 a zatravnené plochy 0,15. Definovanie šácht a potrubí bolo vykonané podľa mapového podkladu. Šachty boli definované polohou, nadmorskou výškou dna a maximálnou hĺbkou, pokým potrubia boli definované prítokovým bodom a odtokovým bodom (šachtou), dĺžkou, tvarom prierezu, veľkosťou, a koeficientom drsnosti.

3.6.5 Vyhodnotenie zrážkovo-odtokového procesu

Cieľom matematického modelovania bolo nasimulovanie vplyvu zrážkovo-odtokového procesu na vybrané modelové povodie pri rôznych scenároch dažďových udalostí. Posúdenie prebiehalo podľa 5 scenárov zrážkových udalostí. Krátke zhrnutie vyhodnotenia simulácie je spracované v Tab. 3.9 a Tab. 3.10.

Tab. 3.9 Porovnanie zrážkovo-odtokového procesu pri rôznych scenároch

Scenár	Doba trvania dažďa	Úhrn zrážok [mm]	Evapo. [mm]	Infiltrácia [mm]	Povrchový odtok [mm]	Retencia [mm]
Blokový (p=5,0)	1 hod	3,251	0,324	1,268	0,874	0,794
Blokový (p=0,5)	1 hod	7,363	0,328	3,125	3,148	0,804
Blokový (p=0,1)	1 hod	10,370	0,330	4,398	4,912	0,806
24.08.2019	24 hod	33,976	0,287	11,511	18,553	3,628
25.09.2020	24 hod	12,200	0,951	5,545	4,790	0,914

Tab. 3.10 Analýza preťažených úsekov

Scenár	Počet preťažených úsekov	Doba preťaženia
Blokový q (p=5,0)	1	00:35
Blokový q (p=0,5)	1	00:55
Blokový q (p=0,1)	5	00:02 – 00:58
24.08.2019	1	03:25
25.09.2020	1	05:57

Z výsledkov uvedených v Tab. 3.9 a Tab. 3.10, možno konštatovať, že počas dažďovej udalosti dňa 24.08.2019 boli zaznamenané najvyššie hodnoty hydrologických procesov. Infiltrácia dosahovala 34,0 %, retencia 10,7 % a zvyšných 54,7 % tvoril povrchový odtok na spevnených a nespevnených plochách. Najvyššie preťaženie stokového systému bolo zaznamenané pri blokovaní daždi $p = 0,1$ počas ktorého nastalo preťaženie piatich úsekov s dobou preťaženia od 2 min do 1 hod.

Zo získaných údajov možno konštatovať, že najvyššie zaťaženie záujmového povodia nastalo počas blokovaného dažďa s periodicitou výskytu raz za 10 rokov. Počas pôsobenia danej dažďovej udalosti došlo k zaťaženiu 5 úsekov. Pri ostatných scenároch najvyššie zaťaženie bolo zaznamenané pri dažďovom vpuste S22. Dôvodom je pravdepodobne odvedenie povrchového odtoku z parkoviska priľahlých spevnených plôch pred blokom B. Z hľadiska tvorby povrchového odtoku najvyššie zaťaženie posudzovaného územia bolo zaznamenané pri dažďovej udalosti dňa 24.08.2019 pri úhrne zrážok 33,976 mm. Pri tejto dažďovej udalosti maximálne preťaženie povodia nastalo približne po 2 hod od začiatku dažďa. Povrchový odtok sa pri tomto zaťažovacom stave pohyboval v rozmedzí od $0,02 \text{ l.s}^{-1}$ do $5,85 \text{ l.s}^{-1}$.

4 Záver

Dizertačná práca s názvom „Variabilita povrchového odtoku a jej vplyv na kvalitu vôd v urbanizovanom území“ je zameraná na získanie údajov o kvalite a vplyve dažďa na povrchový odtok a kvalitu podzemných vôd. Pri riešení problematiky boli vykonané terénne merania, odber vzoriek a analyzovanie kvalitatívnych parametrov povrchových vôd z urbanizovaného územia. Následne na základe mapových podkladov bol vytvorený matematický model záujmového územia SvF STU v Bratislave, ktorý slúžil ako podklad na posúdenie zrážkovo-odtokového procesu.

S cieľom získať čo najpresnejšie údaje o kvalite dažďového odtoku z urbanizovaného územia, odber vzoriek prebiehal od marca 2019 do októbra 2019. Snaha bola zachytiť každý mesiac aspoň jednu vzorku dažďa. Počas tohto obdobia bolo odobratých 14 vzoriek povrchového odtoku z cestnej komunikácie, s čoho 8 vzoriek bolo odobratých v Bratislave, 2 v Trnave a 4 v Srbsku v obci Hložany. S ohľadom na predpoklad, že najvyššia koncentrácia znečisťujúcich látok sa nachádza v rannej fáze odtoku, odber vzoriek prebiehal na začiatku dažďovej udalosti (pri tvorbe povrchového odtoku). So snahou získať informácie o priebehu zmeny koncentrácií znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku počas dažďovej udalosti, bol uskutočnený odber vzoriek po dobu jednej hodiny od začiatku dažďa (tvorby odtoku). Odber vzoriek prebiehal v dňoch 02.10.2019 a 25.09.2020. Počas jednej dažďovej udalosti bolo zachytených 7 vzoriek z povrchového odtoku urbanizovaného územia.

Pri analýze kvalitatívnych parametrov bol kladený dôraz na vyhodnotenie najčastejšie vyskytujúce sa látky (polutanty) v povrchovom odtoku. Na základe mnohých štúdií boli analyzované fyzikálne a chemické ukazovatele kvality, ako sú: hodnota pH, vodivosť, AOX, CHSK, ťažké kovy (Zn, Cu, Pb, Cr, Al, Cd, Fe) oxidy dusíka, celkový dusík a fosfor a síra. Stanovené

ukazovatele boli posudzované so zreteľom na niekoľko požiadaviek: z hľadiska koncentrácií jednotlivých parametrov, podľa požiadaviek NV SR č. 269/2010 Z.z. a dánskeho Nariadenia vlády, vplyvu charakteristik dažďa (úhrnu, trvania, obdobia sucha) a vplyvu emisií v ovzduší na kvalitu dažďového odtoku z urbanizovaných území .

Z hľadiska stanovených požiadaviek pre vyhodnotenie dažďového odtoku možno vyvodit nasledujúce závery:

- Porovnaním stanovených koncentrácií škodlivých látok v povrchovom odtoku zachyteného z urbanizovaného územia za sledované obdobie jednoznačne možno potvrdit, že ide o kontaminovanú dažďovú vodu z povrchového odtoku. Na základe uvedených výsledkov bolo zistené, že v prípade vyhodnotenia ťažkých kovov najvyššie hodnoty koncentrácií boli stanovené vo vzorke č. 5 a 7: Križna ulica BA, vo vzorke č. 6: Blumentálska ulica BA, vo vzorke č. 12: Na hlinách TR a vo vzorke č. 15: ulica Imricha Karvaša BA. Vyhodnotením priemerných koncentrácií ťažkých kovov najvyššie hodnoty boli zaznamenané pre nikel ($0,099 \text{ mg.l}^{-1}$), olovo ($0,096 \text{ mg.l}^{-1}$) a zinok ($0,081 \text{ mg.l}^{-1}$). Naopak, najnižšie hodnoty koncentrácií boli stanovené pre kadmium ($0,005 \text{ mg.l}^{-1}$) a chróm ($0,012 \text{ mg.l}^{-1}$). Porovnaním koncentrácií adsorbovateľných organicky viazaných halogénov bolo zistené, že takmer všetky posudzované vzorky povrchového odtoku dosahovali vysoké hodnoty (v porovnaní z max. prípustnou hodnotou podľa NV SR č.269/2010), pričom najvyššie koncentrácie boli zaznamenané vo vzorke č. 7 a 9: Križna ulica BA a vo vzorke č. 15: ulica Imricha Karvaša BA. Pri vyhodnotení chemickej spotreby kyslíka boli vysoké hodnoty stanovené vo vzorke č. 5, 12, 14 a 15.

- Porovnanie hodnôt koncentrácie vzoriek odobratých v obci - Hložany (vzorka č. 1 až 4) a vzoriek v meste (vzorka č. 5 až 14) na základe vyššie uvedených výsledkov možno skonstatovať, že dažďový odtok v mestách je znečistenejší. Obsahuje výrazne vyššie koncentrácie ťažkých kovov (až 5 – násobok), čo je pravdepodobne spôsobené intenzitou a druhom dopravy, ako to bolo uvedené v niekoľkých štúdiách.

- Na získanie údajov o priebehu koncentrácií polutantov počas dažďovej udalosti, boli posudzované vzorky odobraté v dňoch 02.10.2019 a 25.19.2020. Vyhodnotením týchto vzoriek bolo zistené, že najvyššie koncentrácie škodlivých látok boli stanovené prvých 10 až 15 minút od začiatku tvorby odtoku. Následne s ubiehajúcim časovým intervalom koncentrácia polutantov sa postupne znižovala. Na základe čoho možno konstatovať, že najkontaminovanejší odtok dažďových vôd sa nachádza v počiatkovej fáze odtoku, čo bolo potvrdenie autormi ako sú: Deletic A. (1998) [11], Huang (2012)) [12].

- Vyhodnotenie stanovených hodnôt koncentrácií znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku z urbanizovaného územia bolo vykonané podľa požiadaviek NV SR č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd. Na porovnanie povolených limitných hodnôt boli použité Dánske právne predpisy pre povrchovú vodu. V prípade vyhodnotenia zachytených vzoriek podľa právnych predpisov takmer pri všetkých posudzovaných ukazovateľoch

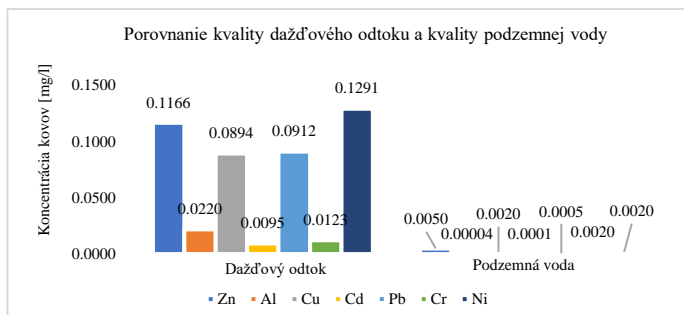
kvality boli prevýšené limitné hodnoty na povrchovú vodu (Tab. 3.4, 3.5 a 3.6). Prevýšenie maximálnych hodnôt nebolo zaznamenané iba pri parametroch ako sú: sírany, hliník a pri niektorých vzorkách kadmium. Najvyššie prevýšenie povolených hodnôt bolo zaznamenané pri vyhodnotení olova (79 – násobné), pri kadmii (60 – násobné) a pri AOX (48 – násobné).

- Porovnaním stanovených parametrov kvality povrchového odtoku s charakteristikami dažďovej udalosti (úhm zrážok, trvanie, obdobie sucha a pod.) možno posúdiť, že koncentrácia znečisťujúcich látok nie je podmienená len úhrom zrážok. Jednoznačne možno skonštatovať, že kvalitu dažďového odtoku zo spevnených plôch ovplyvňuje viacero faktorov ako sú: druh a intenzita dopravy, materiál spevnenej plochy a iné parametre, ale vo veľkej miere sa na tom podieľajú charakteristiky dažďovej udalosti v deň zachytenia vzorky a obdobia sucha.

- V prípade vyhodnotenia vplyvu znečistenia ovzdušia na kvalitu dažďového odtoku z urbanizovaného územia, na základe uvedených výsledkov v grafe 3.3 bolo zistené, že emisie nachádzajúce sa v ovzduší v určitej miere majú vplyv na zvýšenie koncentrácie znečisťujúcich látok v dažďovom odtoku. V čase, keď boli zaznamenané pomerne vysoké hodnoty koncentrácií emisií v ovzduší (01.07.2019 a 24.08.2019) pri posudzovaných vzorkách povrchového odtoku boli stanovené najvyššie koncentrácie polutantov.

Cieľom dizertačnej práce bolo získať údaje o vplyve povrchového odtoku na kvalitu podzemnej vody. Vyhodnotenie stanovených koncentrácií znečisťujúcich látok v dažďovom odtoku podľa požiadaviek na kvalitu podzemnej vody nebolo zohľadnené. Dôvodom je predpoklad zachytenia určitého množstva škodlivín v pôdnych vrstvách a preto nevieme s istotou posúdiť, v akej miere by povrchový odtok spôsobil znehodnotenie kvality podzemnej vody. Toto tvrdenie bolo overené autormi ako sú: Datry a kol. (2004) [13], Tedoldi a kol. (2016) [14]. Na spoľahlivý prehľad o vplyve dažďového povrchového odtoku na kvalitu podzemnej vody by sme potrebovali dlhodobé monitorovanie kvality dažďového odtoku a kvality podzemnej vody, ako i množstvo znečisťujúcich látok zachytených vo filtračných vrstvách zeminy.

Na porovnanie kvality dažďového odtoku z urbanizovaného územia a kvality podzemnej vody boli SHMÚ poskytnuté informácie o kvalite podzemnej vody zo studní v Ružinove BA [8] (Graf. 4.1). Z uvedeného grafu vidno, že hodnoty koncentrácií povrchového odtoku niekoľkonásobne prevyšujú koncentráciu látok v podzemnej vode. V prípade vysokej hladiny podzemnej vody a priameho vsiaknutia takto znečistenej vody do pôdneho horizontu by pravdepodobne došlo k zvýšeniu koncentrácií znečisťujúcich látok v podzemnej vode. Pokiaľ by dažďová voda z povrchového odtoku bola odvedená do objektu alebo zariadenia na HDV určité množstvo škodlivín by sa zachytilo vo filtračných vrstvách daného opatrenia. Rôzne štúdie naznačujú, že účinnosť HDV opatrení a zariadení pri znížení koncentrácií znečisťujúcich látok nachádzajúcich sa v povrchovom odtoku môže dosahovať 20 až 50 % [15] [16] [17] [18] [19]. Z čoho vyplýva, že v prípade adaptácií opatrení v miestach odberu vzoriek by sa zabezpečilo zníženie koncentrácií niektorých škodlivých látok aj o polovicu.



Graf 4.1 Porovnanie koncentrácií ťažkých kovov v odobratých vzorkách povrchového odtoku a podzemnej vody zo studní v Ružinove BA

Jedným z čiastkových cieľov dizertačnej práce bolo posúdenie vplyvu dažďa na tvorbu povrchového odtoku na základe čoho bol vytvorený matematický model vybraného povodia SvF STU v Bratislave vo softvéri SWMM. Pri simulácii vplyvu zrážkovo-odtokového procesu na povodie bolo posudzovaných 5 rôznych dažďových udalostí (blokovo dážď $p = 5$, $p = 0,5$ a $p = 0,1$ a skutočná dažďová udalosť dňa 24.8.2019 a dňa 25.09.2020). Z výsledkov a porovnaní týchto simulácií je zrejmé, že pri všetkých dažďových udalostiach nastalo zaťaženie jedného úseku – dažďového vpustu, do ktorého je vzhľadom na konfiguráciu terénu odvedený odtok z parkoviska pred blokom B a blokom A. Najvyššie preťaženie bolo zaznamenané pri dažďovej udalosti blokového dažďa ($p=0,1$) s výdatnosťou $172,98 \text{ l.s.}^{-1}\text{ha}^{-1}$. Počas tejto dažďovej udalosti došlo k vyplaveniu až 5 úsekov. Vzhľadom na to, že najvyššie zaťaženie bolo zaznamenané pri dažďovom vpuste S22 do budúca by bola potrebné navrhnuť opatrenia, ktorých by primárnou funkciou bola zachytenie povodňovej vlny.

Ďalším cieľom dizertačnej práce z hľadiska udržateľnosti kvality a kvantity podzemných vôd bolo získanie údajov o kvalitatívnych a kvantitatívnych parametroch povrchového odtoku pri rôznych scenároch. Na dosiahnutie stanovených cieľov bol vykonaný chemický rozbor kvalitatívnych parametrov dažďovej vody z povrchového odtoku a posúdenie vplyvu zrážkovo-odtokového procesu na vybrané kanalizačné povodie použitím matematického modelovania. Z vyššie uvedených výsledkov možno konštatovať, že z hľadiska vyhodnotenia kvality a kvantity povrchového odtoku boli stanovené pomerne vysoké koncentrácie znečisťujúcich látok a pri rôznych dažďových udalostiach došlo k preťaženiu minimálne jedného úseku. Pri dažďovej udalosti dňa 24.08.2019 bolo zaznamenané najvyššie zaťaženie vybraného povodia z hľadiska tvorby povrchového odtoku, zároveň počas tejto dažďovej udalosti boli stanovené vysoké hodnoty znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku. Z hľadiska preťaženia kanalizačného povodia pri danej dažďovej udalosti bol vytopený iba jeden dažďový vpust v okolí fakulty. K najvyššiemu zaťaženiu záujmového povodia došlo počas extrémneho dažďa s periodicitou výskytu raz za 10 rokov. Pri tejto

dažďovej udalosti došlo k vyplaveniu 5 úsekov z toho dva úseky tvorili dažďové vpusty v okolí Stavebnej fakulty STU v Bratislave.

Z predkladanej dizertačnej práce možno skonštatovať, že súčasný rozvoj urbanizovaného územia a zmena klímy sú nezanedbateľné. Poukazujú na problematiku tvorby povrchového odtoku v urbanizovanom území a jeho vplyvu na kvalitu vôd. Z uvedených výsledkov možno konštatovať, že ciele dizertačnej práce boli splnené a po vyhodnotení všetkých čiastkových cieľov je možné konštatovať, že voda z povrchového odtoku v záujmovom území, je nadlimitne kontaminovaná polutantmi, nie je vhodná na opätovné využitie a je potrebné dodatočné prečistenie (napríklad filtrami s obsahom aktívneho uhlia, zeolitov a podobne.). V prípade nekontrolovateľného odtoku do vodných útvarov by znečistený odtok dažďových vôd mohol spôsobiť znehodnotenie kvality podzemných a povrchových vôd, poprípade ohroziť ľudské zdravie [20; 2], [5]. Vzhľadom na predpoklad zvýšenia úhrnu zrážok na území Slovenska o približne 10 % [21] a rozvoja sociálno-ekonomických aktivít miest do budúca je potrebné uvažovať s návrhom prvkov modro-zelenej infraštruktúry, ktorá by do určitej miery znížila dopady klimatickej zmeny (extrémnych dažďových udalostí, zníženie teploty vzduchu a pod). Implementáciou týchto opatrení by sa podľa mnohých štúdií znížila tvorba povrchového odtoku, znížilo by sa množstvo emisií v ovzduší a tým pádom aj koncentrácia znečisťujúcich látok v povrchovom odtoku. V rámci efektívneho využívania filtračného zariadenia je však potrebný dlhodobý výskum jeho účinnosti. Predmetné závery môžu slúžiť aj na podklad pri vytváraní legislatívy platnej v Slovenskej republike.

5 Literatúra

[1] GAO, B., GAO, L., XU, D., ZHANG, M., QU, X., LI, Y. A novel method for evaluating the potential release of trace metals associated with rainfall leaching/runoff from urban soils. *Science of The Total Environment*, 2019. Volume 664. Pages 37-44. ISSN 0048-9697.

[2] MAMOON, A.A., JAHAN, S., HE, X., JOERGENSEN, E. N., RAHMAN, A. First flush analysis using a rainfall simulator on a micro catchment in an arid climate. *Science of The Total Environment*, 2019. Volume 693. ISSN 0048-9697.

[3] BABAEI, S., GHAZAVI, R., ERFANIAN, M. Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2018. Volume 105. Pages 3-11. ISSN 1474-7065.

[4] URČIKÁN, P., RUSNÁK, D. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd, Stokovanie I, Návrhovanie stokových sietí*. Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU, Bratislava, 2004. 324 s. ISBN 80-227-2136-0.

[5] ANGRILL, S., PETIT-BOXI, A., MORALES-PIZÓN, T., JOSA, A., RIERADEVALL, J., GABARRELL, X. Urban rainwater runoff quantity and quality – A potential endogenous resource in cities? *Journal of Environmental Management*, 2017. Volume 189. Pages 14-21. ISSN 0301-4797.

[6] NÁRODNÁ RADA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. *NARIADENIE VLÁDY Slovenskej republiky č.269/2010 Z.z. z 25. mája 2010 ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd*.

[7] MINISTRY OF ENVIRONMENT AND FOOD OF DENMARK. *Departmental Order Concerning Establishment of Environmental Goals for Streams, Lakes, Transition Waters, Coastal Waters and Groundwater*. Bek. Nr. 1070 af 09/09/2015. Ministry of Environment and Food of Denmark. Copenhagen, Denmark. 2015.

- [8] SHMÚ - SLOVENSKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚSTAV [online]. © 2021 Slovenský hydrometeorologický ústav. [cit. 20. 04. 2021]. Dostupné z: www.shmu.sk
- [9] STN 75 6101. *Gravitačné kanalizačné systémy mimo budov*, Júl 2016,
- [10] ROSSMAN, A.L. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1* [online]. September 2015, 353 p. [cit. 10.05. 2021]. Dostupné z: https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf
- [11] DELETIC, A. The first flush load of urban surface runoff. *Water Research*, 1998. Volume 32. Issue 8. Pages 2462-2470. ISSN 0043-1354
- [12] HUANG, J., TU, Z., DU, P., LI, Q., LIN, J. Analysis of rainfall runoff characteristics from a subtropical urban lawn catchment in South-east China. *Frontiers of Environmental Sciences and Engineering*. 2012, Volume 6. Issue 4. Pages: 531-539
- [13] DATRY, T., MALARD, F. A GIBERT, J. Dynamics of solutes and dissolved oxygen in shallow urban groundwater below a stormwater infiltration basin. *Science of Total Environment*, 2004. Volume 329. Issues 1–3. Pages 215-229. ISSN 0048-9697
- [14] TEDOLDI, D., CHEBBO, G., PIERLOT, D., KOVACS, Z., GROMAIRE, M-C. Impact of runoff infiltration on contaminant accumulation and transport in the soil/filter media of Sustainable Urban Drainage Systems: A literature review. *Science of The Total Environment*, 2016. Volumes 569–570. Pages 904-926. ISSN 0048-9697
- [15] AHIALBLAME, M.L., ENGEL, A.B., CHAUBEY, I. Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2012. Volume 223. Issue 7. Pages 4253-4273. ISSN 1573-2932.
- [16] ZHANG, L., YE, Z., SHIBATA, S. Assessment of Rain Garden Effects for the Management of Urban Storm Runoff in Japan. *Sustainability*, 2020. MDPI. Volume 12. Number 23. Pages 1-17. ISSN 2071-1050.
- [17] DING, Y., DONG, F., ZHAO, J., PENG, W., CHEN, Q., MA, B. Non-Point Source Pollution Simulation and Best Management Practices Analysis Based on Control Units in Northern China. *International Journal of Environmental Reserch and Public Health*, 2020. Volume 17. Issue 3. ISSN 1661-7827.
- [18] LI, R., KUO, Y-M. Effects of Shallow Water Table Depth on Vegetative Filter Strips Retarding Transport of Nonpoint Source Pollution in Controlled Flume Experiments. *International Journal of Environmental Research*. 2021, Volume 15. Issue 1. ISSN 2008-2304.
- [19] HOU, W., ZHOU, H., LIU, L., ZHAO, G., YANG, Z., YU, Y. Performance of Grass Filter Strip in Copper and Zinc Removal in Surface and Subsurface Runoff. *MATEC Web of Conferences*, 2017. Volume 95. Article No.18002.
- [20] TROJAN, D.M., GULLIVER, S.J., FAIRBAIRN, J.D. Groundwater Impacts from Stormwater Infiltration Practices. *Encyclopedia of Water: Science, Technology, and Society*, 2019. © 2019 John Wiley & Sons. ISBN 9781119300755.
- [21] ENVIROPORAL - *Informačný portál rezortu MŽP SR. Stratégia adaptácie Slovenskej republiky na nepriaznivé dôsledky zmeny klímy – aktualizácia* [online]. © 2005-2021 www.enviroportal.sk [2.03.2021]. Dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/strategia-adaptacie-slovenskej-republiky-na-nepriaznive-dosledky-zmeny>.

6 Publikačná činnosť

ADE Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

- ADE01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - MARKO, Ivana. LCA analýza čistiarní odpadových vôd v podmienkach Slovenskej republiky. In *Odpadové fórum*. Roč. 20, č. 11 (2019), s. 20-21. ISSN 1212-7779.
- ADE02 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Analysis of the suitability of decentralized and centralized wastewater management in large area. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 4, iss. 2 (2018), online, s. 63-68. ISSN 2336-7148.
- ADE03 HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Assessment of existing stormwater network by application extreme rain intensity. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 4, iss. 2 (2018), online, s. 57-62. ISSN 2336-7148.
- ADE04 LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Dažďové vody v urbanizovanej krajine. In *Czech Journal of Civil Engineering [elektronický zdroj]*. Vol. 5, iss. 2 (2019), online, s. 55-61. ISSN 2336-7148.
- ADE05 MARKO, Ivana - BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján. Použitie vybraných sorpčných materiálov pri odstraňovaní bromičnanov z vody. In *TZB-info.cz [elektronický zdroj]*. Roč. 20, č. 21 (2018), online, [5] s. ISSN 1801-4399.
- ADE06 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Assessment of heavy precipitation events impacts on the combined sewer collector. In *Vodovod.info*. Roč. 11, č. 13 (2021), online, [8] s. ISSN 1804-7157.

ADF Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

- ADF01 HRUDKA, Jaroslav - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Kvalita prvého splachu zo spevnených plôch na území Slovenskej republiky. In *Vodohospodársky spravodajca*. Roč. 63, č. 1-2 (2020), s. 26-29. ISSN 0322-886X.

ADM Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

- ADM01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav. Implementation of the percolation facilities for rainwater runoff reduction. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, No. 2 (2019), s. 201-210. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85072226566 ; DOI: 10.1556/606.2019.14.2.18.
- ADM02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Present condition analysis and design of sewer collector recovery. In *Pollack Periodica*. Vol. 15, no. 3 (2020), s. 184-195. ISSN

1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85096217238 ; DOI: 10.1556/606.2020.15.3.18.

ADM03 MARKO, Ivana - BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján. Removal of bromates from drinking water with seven types of sorbent materials. In *Pollack Periodica*. Vol. 13, no. 3 (2018), s. 231-240. ISSN 1788-1994 (2018: 0.219 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85057058328 ; DOI: 10.1556/606.2018.13.3.22.

ADM04 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Comparison of the adsorbent efficiency of different types of granulated activated charcoal. In *Pollack Periodica*. Vol. 14, no. 3 (2019), s. 87-95. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.1556/606.2019.14.3.9 ; SCOPUS: 2-s2.0-85078788198.

ADM05 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan - BRANDEBUROVÁ, Paula [Brandeburová]. Laboratory analysis of the rainwater runoff from an urbanized area. In *Pollack Periodica*. Vol. 15, no. 3 (2020), s. 196-207. ISSN 1788-1994 (2019: 0.262 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85096233857 ; DOI: 10.1556/606.2020.15.3.19.

AEC Vedecké práce v zahraničných recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách

AEC01 ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - DUBCOVÁ, Mária - HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Energy Balance of WWTP Using LCA Analysis. In *International Journal of Engineering Research in Africa* Vol. 47. 1. vyd. Baech (Switzerland) : Trans Tech Publications, 2020, S. 119-125. ISSN 1663-3571. ISBN 978-3-0357-1381-7. V databáze: WOS: 000520850000012 ; SCOPUS: 2-s2.0-85083388118 ; DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.47.119.

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

AFC01 BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján - MARKO, Ivana - TKÁČOVÁ, Jana. Removal of bromates from water. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 92, (2017), [5] s. ISSN 1755-1307 (2017: 0.149 - SJR). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85034758119 ; WOS: 000417457600021 ; DOI: 10.1088/1755-1315/92/1/012021.

AFC02 BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján - MARKO, Ivana - KUNŠTEK, Michal. Elimination of iron and manganese from water by natural materials. In *SGEM 2018. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 18. Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems : conference proceedings. Albena, Bulgaria, 2 July - 8 July 2018*. 1. vyd. Sofia : STEF 92 Technology, 2018, S. 243-250. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-42-3. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85058889974 ; DOI: 10.5593/sgem2018/3.1/S12.032.

- AFC03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - DUBCOVÁ, Mária - TROŠANOVÁ, Mária. Analýza jednotnej stokovej siete a posúdenie návrhu opatrení na hospodárenie s dažďovou vodou. In *Mladá voda břehy mele 2018, sborník příspěvků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 89-97. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC04 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Vplyv kvality vsakovanej vody na hydrologické podložie. In *Městské vody 2019 = Urban water 2019 [elektronický zdroj] : sborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, ČR, 3. - 4. 10. 2019*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2019, USB kľúč, s. 157-164. ISBN 978-80-86020-90-7.
- AFC05 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - HRUDKA, Jaroslav. Impact of stormwater runoff in the urbanized area. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012008. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079609468 ; WOS: 000538681400008 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012008.
- AFC06 DUBCOVÁ, Mária - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - TROŠANOVÁ, Mária. Spôsoby spracovania dát na posúdenie environmentálnych dopadov z ČOV. In *Mladá voda břehy mele 2018, sborník příspěvků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 98-103. ISBN 978-80-270-3802-2.
- AFC07 HRUDKA, Jaroslav - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. The impact of intense rainfall on a storm sewage system of the east part of Tmava city. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012022. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079680193 ; WOS: 000538681400022 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012022.
- AFC08 MARKO, Ivana - BARLOKOVÁ, Danko - ILAVSKÝ, Ján. Účinnosť sorpcie pri odstraňovaní bromičnanov. In *Juniorstav 2018 [elektronický zdroj] : sborník příspěvků. 20. odborná konference doktorského studia. Brno, ČR, 25. 1. 2018 = Juniorstav 2018, proceedings of the 20th International Conference of Ph.D. Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2018, USB kľúč, s. 773-778. ISBN 978-80-86433-69-1.
- AFC09 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - TROŠANOVÁ, Mária - DUBCOVÁ, Mária. Účinnosť zeolitu a aktívneho uhlia pri odstraňovaní bromičnanov z vody. In *Mladá voda břehy mele 2018, sborník příspěvků 1. konference, 14. 06. 2018, Brno*

[elektronický zdroj]. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 137-142. ISBN 978-80-270-3802-2.

AFC10 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Závislosť kvality prvého splachu dažďových vôd od materiálu spevnenej plochy. In *Juniorstav 2020 [elektronický zdroj] : zborník príspevků. 22. odborná konferencia doktorského štúdia s mezinárodnou účasťou. Brno, ČR, 23. 1. 2020 = Juniorstav 2020, proceedings of the 22nd International Conference of doctoral Students*. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2020, USB kľúč, s. 564-569. ISBN 978-80-86433-73-8.

AFC11 MARKO, Ivana - CSICSIAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - HRUDKA, Jaroslav. Analysis of the recent state of sewage network in Serbia. In *Advances in Environmental Engineering (AEE2019) [elektronický zdroj] : proceedings. November 25-27, 2019, Ostrava, Czech Republic*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [6] s., art. no. 012038. ISSN 1755-1307. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85079616708 ; WOS: 000538681400038 ; DOI: 10.1088/1755-1315/444/1/012038.

AFC12 SUCHÁČEK, Tomáš - ALDEA, Alexandru - BYLKA, Jędrzej - MARKO, Ivana - TUHOVČÁK, Ladislav. Comparative Analysis and Benchmarking of Water Supply Systems and Services in Central and Eastern Europe. In *Environment, Green Technology and Engineering International Conference - EGTEIC 2018 [elektronický zdroj] : Cáceres, Spain, 18-20 June 2018*. 1. vyd. Basel : MDPI, 2018, online, [8] s. ISSN 2504-3900. V databáze: DOI: 10.3390/proceedings2110597.

AFC13 TROŠANOVÁ, Mária - DUBCOVÁ, Mária - CSICSIAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Možnosti zhodnotenia kalov z čistenia komunálnych odpadových vôd. In *Mladá voda břehy mele 2018, zborník príspevků 1. konferencie, 14. 06. 2018, Brno [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Brno : Young Water Professionals Czech Republic, 2018, online, s. 121-127. ISBN 978-80-270-3802-2.

AFC14 WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Vplyv extrémnych zrážok na jednotnú kanalizáciu. In *Městské vody 2020 = Urban water 2020 [elektronický zdroj] : zborník přednášek konference s mezinárodní účastí. Velké Bílovice, 1. - 2. října 2020*. 1. vyd. Brno : ARDEC, 2020, CD-ROM, s. 136-143. ISBN 978-80-86020-91-4.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

AFD01 BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján - MARKO, Ivana - TKÁČOVÁ, Jana. Bromičnany vo vodách. In *Zborník přednášek z XVII. konferencie s mezinárodníou účastí Pitná voda*. 1. vyd. Bratislava : VodaTím, 2017, S. 187-194. ISBN 978-80-971272-5-1.

AFD02 CSICSIAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - MARKO, Ivana. Alternatívne riešenia nakladania s dažďovými vodami. In *Zborník přednášek z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19.*

- september 2018. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 26-33. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD03 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária - MARKO, Ivana. Hodnotenie vplyvu kalového hospodárstva pomocou metodiky LCA. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 39-44. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD04 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Application of mathematical models in design and assessment of sewer network facilities. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia*. 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012005. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012005 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093955606.
- AFD05 CSÓKA, Marek - HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Analýza stavu vybranej jednotnej stokovej siete v meste Trnava. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 12-18. ISBN 978-80-227-5057-8.
- AFD06 HOLUBEC, Michal - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Klimatická zmena na území Slovenskej republiky. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 50-54. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD07 HRUDKA, Jaroslav - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Posúdenie kanalizačného zberača pri zvyšujúcej sa intenzite zrážok. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 63-71. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD08 HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Hydrodynamické posúdenie pretokových rýchlostí v aktivačnej nádrži. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 92-98. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD09 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Posúdenie vhodnosti centralizovaného a decentralizovaného odvádzania splaškových vod z kopaničiarskych usadlostí. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov -*

- KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 78-84. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD10 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - ŠUTÚŠ, Marek - STANKO, Štefan. Analysis of the efficiency of sewerage with the illegal rainwater inflow. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia.* 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [4] s., art. no. 012010. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012010 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093933407.
- AFD11 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - ŠUTÚŠ, Marek - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Posúdenie časti jednotnej stokovej siete mesta Bardejov. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 25-31. ISBN 978-80-227-5057-8.
- AFD12 LUKÁČOVÁ, Kristína [Galbová, Kristína] - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Zelená a modrá infraštruktúra: príležitosť pre vytváranie "smarter" miest? In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 21-25. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD13 MARKO, Ivana - BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján. Odstraňovanie bromičnanov z vodného zdroja Dvorníky. In *Konferencia mladých výskumníkov - KOMVY 2017 [elektronický zdroj] : zborník prednášok. Chvojnica, SR, 20. - 22. 11. 2017.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2017, CD-ROM, s. 74-80. ISBN 978-80-227-4749-3.
- AFD14 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária. Plán obnovy vodovodných sietí vo vybraných vodárenských spoločnostiach na Slovensku. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 72-76. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD15 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - DUBCOVÁ, Mária. Porovnanie sorpčných vlastností aktívneho uhlia pri úprave pitnej vody. In *Zborník prednášok z Konferencie mladých výskumníkov - KOMVY 2018 [elektronický zdroj] : Podhájska, SR, 17. - 19. september 2018.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 99-105. ISBN 978-80-227-4847-6.
- AFD16 MARKO, Ivana. Analýza súčasného stavu zásobovania a odkanalizovania obce v Srbsku. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 28th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental*

- Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 24th 2018, Bratislava.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2018, CD-ROM, s. 478-483. ISBN 978-80-227-4864-3.
- AFD17 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Porovnanie kvality prvého splachu dažďových vôd z urbanizovaných území na Slovensku a Srbsku. In *Chémia a technológia pre život [elektronický zdroj] : 21. celoslovenská študentská vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou. Bratislava, 6. 11. 2019.* 1. vyd. Bratislava : Slovenská chemická knižnica, 2019, USB kľúč, s. 466-467. ISBN 978-80-8208-015-8.
- AFD18 MARKO, Ivana. Analýza kvalitatívnych parametrov dažďového odtoku z urbanizovaného územia. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 29th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 16th 2019, Bratislava.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2019, CD-ROM, s. 521-526. ISBN 978-80-227-4972-5.
- AFD19 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - RÓZSA, Gergely - STANKO, Štefan. Surface runoff as a potential source of pollution. In *Young Scientist 2020 [elektronický zdroj] : proceedings of the 12th International Scientific Conference of Civil and Environmental Engineering for PhD. Students and Young Scientists. 15-16 October 2020, High Tatras, Slovakia.* 1. vyd. Bristol : IOP Publishing, 2020, online, [5] s., art. no. 012030. ISSN 1757-899X. V databáze: DOI: 10.1088/1757-899X/867/1/012030 ; SCOPUS: 2-s2.0-85093966016.
- AFD20 MARKO, Ivana. Mestský povrchový odtok, ako potenciálny zdroj znečistenia povrchovej vody. In *Advances in Architectural, Civil and Environmental Engineering [elektronický zdroj] : 30th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Building Technology, Geodesy and Cartography, Landscaping, Theory and Environmental Technology of Buildings, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Water Resources Engineering. October 14th 2020, Bratislava, Slovakia.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 603-608. ISBN 978-80-227-5052-3.
- AFD21 MARKO, Ivana - WITTMANOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - RÓZSA, Gergely - STANKO, Štefan. Analýza koncentrácie adsorbovateľných organických halogénov (AOX) v povrchovom odtoku. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020.* 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 39-46. ISBN 978-80-227-5057-8.
- AFD22 PORTNOV, Maksim - TARABRINA, Ekaterina - MARKO, Ivana - STANKO, Štefan. Optimization of the management of the water treatment and water supply company in

emergency situations. In *Proceedings from 9th Conference of Young Researchers - KOMVY 2020 [elektronický zdroj] : virtuálny priestor, Bratislava, SR, 27. 11. 2020*. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2020, CD-ROM, s. 60-66. ISBN 978-80-227-5057-8.

AFD23 RÓZSA, Gergely - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana. Analýza využiteľnosti vody na zbernom dvore. In *Zborník súťažných prác mladých odborníkov 2019 [elektronický zdroj] : Bratislava, 14. novembra 2019*. 1. vyd. Bratislava : Slovenský hydrometeorologický ústav, 2019, CD-ROM, [7] s. ISBN 978-80-99929-03-7.

AFG Abstrakty príspevkov zo zahraničných konferencií

AFG01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Combined sewer network assessment in the implementation of the rainwater runoff reduction objects. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018*. Pécs : Pollack Press, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.

AFG02 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - MARKO, Ivana - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Present condition analysis of sewer network in urban catchments. In *Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 28-29 October 2019*. Pécs : Pollack Press, 2019, USB kľúč, [1] s., paper 65. ISBN 978-963-429-449-8.

AFG03 MARKO, Ivana - BARLOKOVÁ, Danka - ILAVSKÝ, Ján. Removal of bromates from drinking water with sorbent materials. In *Architectural, Engineering and Information Sciences : abstract book. 13th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium. November 3-4, 2017, Pécs, Hungary*. Pécs : Pollack Press, 2017, S. 89. ISBN 978-963-642-780-1.

AFG04 MARKO, Ivana - STANKO, Štefan - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka]. Comparison of the adsorbent efficiency of different types of granulated activated carbon. In *Abstract book for the 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 29-30 October 2018*. Pécs : Pollack Press, 2018, USB kľúč, [1] s. ISBN 978-963-429-284-5.

AFG05 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - HRUDKA, Jaroslav - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona - STANKO, Štefan. Laboratory analysis of the surface runoff from an urbanized area. In *Abstract book for the 15th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium [elektronický zdroj] : Architectural, Engineering and Information Sciences. Hungary, Pécs, 28-29 October 2019*. Pécs : Pollack Press, 2019, USB kľúč, [1] s., paper 71. ISBN 978-963-429-449-8.

BEE Odborné práce v zahraničných zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

- BEE01 CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan - MARKO, Ivana. Environmentálne hodnotenie prevádzky kalového hospodárstva komunálnej čistiarne odpadových vôd. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : sborník přednášek a posterových sdělení z 13. bienální konference CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB kľúč, s. 515-518. ISSN 2694-7013.
- BEE02 HRUDKA, Jaroslav - MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - ŠKULTÉTYOVÁ, Ivona. Analýza kvalitatívnych ukazovateľov prvého splachu z ciest na území Slovenskej republiky. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : sborník přednášek a posterových sdělení z 13. bienální konference CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB kľúč, s. 528-531. ISSN 2694-7013.
- BEE03 ILAVSKÝ, Ján - BARLOKOVÁ, Danka - MARKO, Ivana - TKÁČOVÁ, Jana. Sorpčné materiály pre odstraňovanie bromičnanov z pitnej vody. In *Voda Zlín 2018 : sborník přednášek z konference. Zlín, ČR, 15. - 16. 3. 2018*. 1. vyd. Olomouc : Moravská vodárenská, 2018, S. 79-84. ISBN 978-80-905716-4-8.
- BEE04 MARKO, Ivana - CSICSAIOVÁ, Réka [Csicsaiová, Réka] - STANKO, Štefan. Využitelnosť regulačných objektov na stokovej sieti na Slovensku. In *Voda 2019 [elektronický zdroj] : sborník přednášek a posterových sdělení z 13. bienální konference CzWA. Poděbrady, ČR, 18. - 20. září 2019*. 1. vyd. Brno : CzWA service, 2019, USB kľúč, s. 541-544. ISSN 2694-7013.