

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

Vyhodnocení srážkoodtokových epizod na povodí Uhlířská

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autorka: Kateřina Školová

Katedra: Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Šanda, Ph. D.

Praha 2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Školová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 468636
Zadávající katedra: K143, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vyhodnocení srážkoodtokových epizod na povodí Uhlířská
Název bakalářské práce anglicky: Evaluation of rainfall-runoff episodes at Uhlířská catchment

Pokyny pro vypracování:

Z archivovaných dat srážek, odtoku a půdní vlhkosti za období 2007-2017 vyberte srážko-odtokové epizody z jednoduchých (nesložených) dešťů ve vegetčním období uvedených roků a stanovte objem srážky a odtoku. Epizody uveďte do kontextu celkového množství vody a stavu nasycení v půdním profilu kambizemě na svahu povodí a zhodnoťte vliv půdní vlhkosti na celkový průběh srážko-odtokové epizody.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Martin Šanda, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2020 Termín odevzdání bakalářské práce: 17.5.2020
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „Vyhodnocení srážkoodtokových epizod na povodí Uhlířská“ vypracovala samostatně a že jsem uvedla všechny podklady, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 20. 5. 2020

.....

Kateřina Školová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Martinu Šandovi Ph. D. za poskytnutí vstupních podkladů, vstřícný přístup při konzultacích, odborné rady a za trpělivost a ochotu při zpracovávání bakalářské práce.

Anotace

V této práci jsou prezentovány a zpracovány srážko-odtokové epizody z let 2007–2017 z experimentálního povodí Uhlířská v Jizerských horách. Celkem je analyzováno 88 epizod.

Klíčovým podkladem jsou naměřená data srážek, povrchového odtoku z povodí a objemových vlhkostí půdy. V práci je popsán princip měření i zpracování těchto dat. U každé vybrané epizody je proveden výpočet objemu srážky a odtoku, pro půdní prostředí je stanoven stupeň nasycení na základě měřených hodnot objemové vlhkosti.

Výstupem je popis vlivu vlhkosti půdy před srážkou na následný odtok z povodí a na celkový průběh srážko-odtokové epizody. Bakalářská práce se také zabývá jinými vlivy (např. délkou a intenzitou deště) a popisuje, do jaké míry ovlivňují odtok.

Výsledky analýz jsou také porovnány s obdobnou prací Hrnčíře et al. (2010).

Annotation

In this thesis, rainfall-runoff episodes from the experimental Uhlířská river basin in the Jizera Mountains in the period 2007-2017 are presented and analysed. Set of 88 episodes is described.

The principal source for the analysis is based on measured data of precipitation, surface runoff from the river basin, and volumetric soil moisture. The work describes the principles of measurements and means of processing the data. For each selected episode, the volume of precipitation and runoff is calculated. Based on the measured soil moisture values, the degree of saturation for the soil environment is determined.

The output is a description of the effect of antecedent soil moisture on the subsequent runoff from the river basin and on the overall course of the rainfall-runoff episode. The bachelor thesis also deals with other impacts such as the length and intensity of rain and describes the extent to which they affect the runoff.

The results of the analyses are also compared with a similar paper by Hrnčíř et al. (2010).

Obsah

1. Úvod	7
2. Jizerské hory	7
2.1. Obecné informace	7
2.2. Geologické poměry	8
2.3. Hydrologické poměry	8
2.3.1. Podnebí	9
2.3.1.1. Teplotní a srážkové situace	9
2.4. Povodí Uhlířská	9
3. Metodika	12
3.1. Zpracování dat srážek a průtoku v povrchovém toku	12
3.1.1. Kontrola dat před zpracováním	13
3.2. Měření půdní vlhkosti	15
3.3. Výběr epizod	16
3.3.1. Příklad výběru epizody	16
3.3.2. Přepočítání signálu z vlhkostních čidel na objemovou vlhkost	18
3.3.3. Povrchový odtok	20
4. Výsledky	21
4.1. Vliv vlhkosti půdy na epizodní odtok	21
4.2. Porovnání s předchozí prací na povodí Uhlířská	24
4.3. Vliv doby trvání, intenzity a velikosti srážky na epizodní odtok	28
4.4. Závěr	34
4.5. Příloha 1 Vykreslení srážek a odtoků z let 2007-2017	35
5. Zdroje	47

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení srážko-odtokových epizod, tj vztahu srážky na tvorbu odtoku při zvážení vlivu půdní vlhkosti na horském povodí. Práce vychází z dat srážek a průtoků na povrchovém toku a objemových vlhkostí půdy. Data srážek jsou zaznamenávána pomocí překlopného srážkoměru a data průtoků jsou získána převodem pomocí konzumpční křivky tlakového čidla umístěného před měrným přelivem na řece Černá Nisa, hodnoty vlhkosti půdy jsou získána z vlhkostních čidel uložených ve třech vertikálách půdního profilu kambizemě. Všechna data pochází z Jizerských hor v severních Čechách, konkrétně z povodí Uhlířská a subpovodí Porsche. Z každého roku (2007-2017) je pracováno jen s vegetačním obdobím hydrologického roku, tzn. s daty od 1.května do 31.října.

Na základě těchto dat se bakalářská práce zabývá vlivem stupně nasycení půdního profilu na odtokové poměry vyvolaných srážkovou činností v dané lokalitě. Dalším zkoumaným vlivem odtokových poměrů je doba trvání a intenzita srážek.

Podobná analýza byla ve stejné lokalitě již popsána v práci Hrnčíře et al. (2010). Zabývala se ale staršími daty. V této práci je porovnání aktuálně dostupných dat s daty dříve vyhodnocenými.

2. Jizerské hory

2.1. Obecné informace

Jizerské hory leží na severu Čech ve Frýdlantském výběžku a jsou nejsevernějším českým pohořím. Tyto hory byly nazvány podle řeky Jizery, která zde pramení. Podstatná část Jizerských hor se nachází v Polsku, kde leží i nejvyšší vrchol celých Jizerských hor, kterým je Wysoka Kopa (1126 m). Dále navazují na Krkonoše a na západě sousedí s Lužickými horami. Nejvyšší vrchol české části hor je Smrk (1124 m). Díky unikátní přírodě za účelem její ochrany byla v roce 1968 vyhlášena chráněná krajinná oblast Jizerské hory o rozloze 368 km² (Turistika.cz, 2012).



Obr. 1. a 2. Česká část Jizerských hor, (Seznam.cz, 2020)

2.2. Geologické poměry

Pohoří je tvořeno převážně hrubozrnnou žulou, masiv Smrku pak krystalickými břidlicemi. Řídký je výskyt dalších hornin. Například krystalické vápence – Vápenný Vrch nebo bazaltické – Bukovec, který je jeden z nejvýše položených čedičových výlevů Evropy. Na žulovém podloží vznikly za působení drsného klimatu chudé kyselé půdy. Pro Jizerské hory jsou charakteristické tzv. zarovnané povrchy ve vrcholových částech. Mají charakter vysoko položených náhorních plošin s mírně zvednutými plochými kupami žulových vrcholků a s mělkými depresiemi, v nichž se po skončení ledových dob vytvořila četná rašeliniště. Hojně jsou zajímavé skalní útvary vzniklé zvětráváním žul na vrcholcích hor a na okrajích příkrých svahů (Wikipedie, 2020).

2.3. Hydrologické poměry

Díky své poloze mají Jizerské hory velmi hustou síť vodních toků. Po hřebenech pohoří probíhá rozvodí mezi Baltickým a Severním mořem. Ze západní a jihozápadní části odvádí vodu Lužická Nisa Žitavskou kotlinou do Baltického moře. Jedním z jejích přítoků je Smědá, odvodňující sever pohoří. Dalšími významnými přítoky jsou Jeřice, Řasnice a Lomnice. Na polské straně jsou významnými řekami Bobr, Kamienna a Kwisa. Východ a jihovýchod území je odvodňován Jizerou do Labe a tím do Severního moře. Jejím nejvýznamnějším přítokem je Kamenice.

Pro vodní režim oblasti mají zásadní význam rašeliniště. Rašeliník, který je dominantní rostlinou vrchovišť, dokáže ve svých buňkách pojmout veliké množství srážkové vody – až dvacetinásobek vlastní váhy. Tím ovlivňuje výpar a zpětné zvlhčování mikroklimatu hor. Zároveň také zpožďuje jarní odtoky vod (Wikipedie, 2020).

2.3.1. Podnebí

Základní rysy podnebí jsou dány polohou pohoří ve středu Evropy a skutečností, že jde o první vyšší celistvý útvar na severozápadním okraji Krkonošsko-jesenické soustavy. Na jeho poměrně malé rozloze se střídají různé terénní útvary, které výraznou měrou ovlivňují místní klimatické podmínky a způsobují jejich velkou proměnlivost. Tu podmiňuje také expozice a sklon svahů, horninové podloží, vegetační kryt a skalní útvary. Jako celek poskytuje pohoří vhodné podmínky pro větrnou cirkulaci, patří do chladné klimatické oblasti. Léto je v centrální oblasti hor krátké, mírně chladné a vlhké, zima je dlouhá, po 140 až 160 dní v roce je oblast pokryta sněhem. V průběhu roku je 30–40 jasných dní (Wikipedie, 2020).

2.3.1.1. Teplotní a srážkové situace

Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 4–7 °C, v lednu od -7 do -3 °C a v červenci v rozmezí 12–16 °C. Extrémní teplota byla naměřena na Jizerce v roce 1940 a činila -42 °C. 31. prosince 1980 poklesla teplota během 24 hodin o 20 °C (Wikipedie, 2020).

Jizerské hory jsou prvním pohořím Krkonošsko-jesenické soustavy, které je vystaveno převládajícímu vlhkému severozápadnímu větrnému proudění, a jako takové jsou srážkami postihovány relativně více než jiná pohoří. Celkem v horách spadne ročně 800–1700 mm vody za rok. Od 29. července 1897 drží evropský rekord v denním úhrnu srážek – na stanici na Nové Louce bylo tehdy naměřeno 345 mm (Wikipedie, 2020).

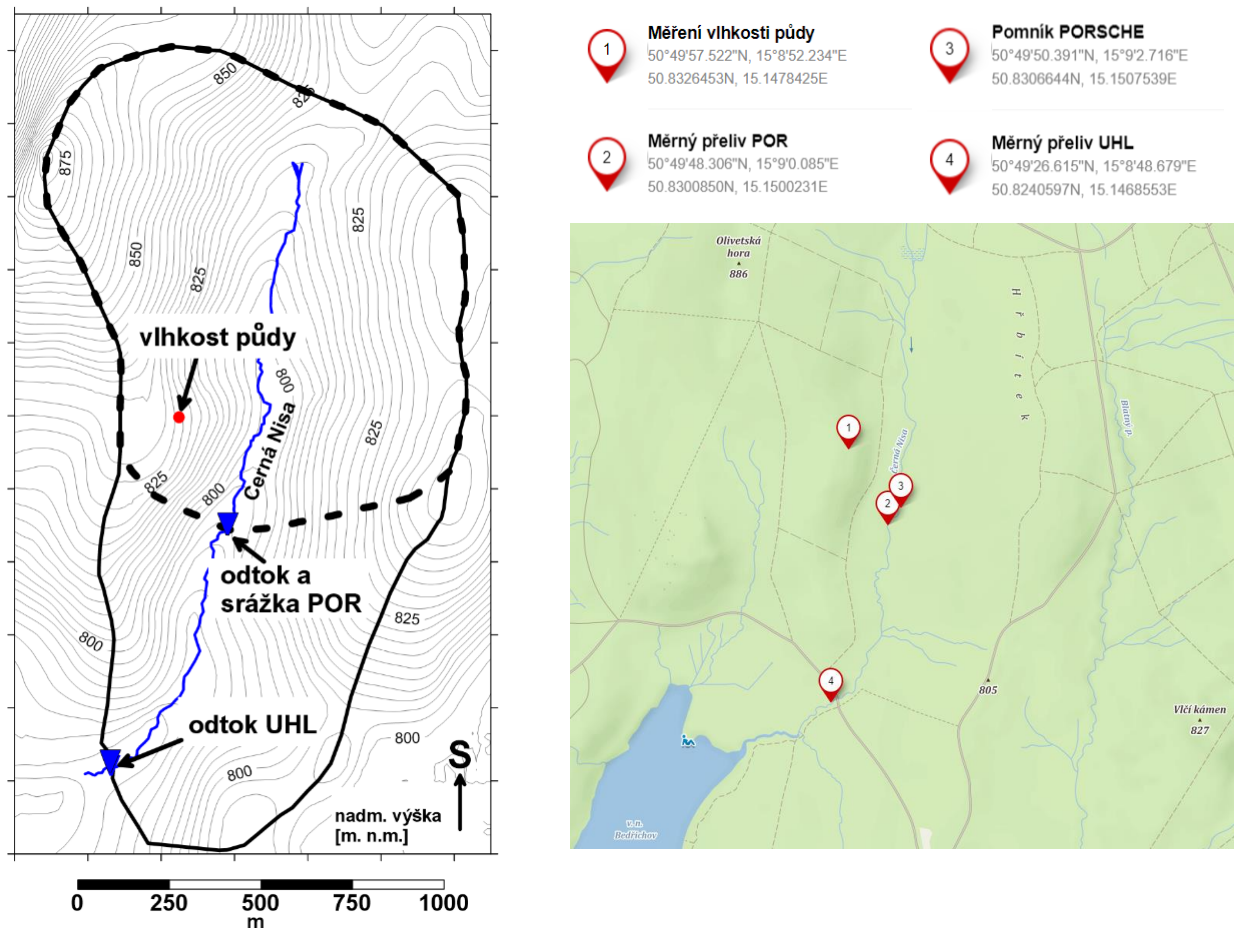
2.4. Povodí Uhlířská

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), založil a spravuje od osmdesátých let sedm experimentálních povodí v Jizerských horách. Měření klimatických a meteorologických prvků probíhá od roku 1982.



Obr. 3. Experimentální povodí v Jizerských horách (Kulasová, 2006)

Celková plocha povodí dosahuje 1.78 km² (Tachecí, 2002). Nejvyšší bod je vrchol Olivetské hoře ležící ve výšce 885,9 m n. m. a závěrový profil v 775,9 m n. m. Délka údolnice je 2,1 km s průměrným sklonem 2,3 %. Průměrná roční teplota je 4,7 °C a průměrný roční úhrn srážek 1229 mm. Obvyklé trvání sněhové pokrývky pro Povodí Uhliřská v období listopadu až dubna. Podloží povodí je tvořeno zvětralou žulou, svahy většinou pokrývá hnědá půda kyselá (místa s oglejeným horizontem), dno údolí pak rašelina na šedomodré jílovito-prachové vrstvě. Vegetační kryt tvoří smrkový les a holiny vzniklé odlesněním v osmdesátých letech, povodí bylo znovu zalesněno smrkovou monokulturou s ojedinělým výskytem buku a jeřábu. (Šanda, 1999).



Obr. 4. Umístění měrných objektů na povodí Uhlířská (vlevo), umístění na topografické mapě (vpravo), (Seznam.cz, 2020)

V povodí Uhlířská UHL je subpovodí Porsche POR, které má plochu 1.18 km², to je 2/3 plochy UHL. Na Černé Nise, která protéká celým povodím je v oblasti Porsche nainstalovaný měrný přeliv, ze kterého jsem získala data průtoků. Niže v povodí Porsche je také nainstalovaný měrný přeliv, označovaný UHL. Měření klimatických a meteorologických prvků probíhá v povodí Uhlířská od roku 1982 a na svahu západně od profilu POR od května 2005 i půdních vlhkostí, kdy byly instalována čidla na měření vlhkostí metodou frekvenční reflektometrie. (Campbell Scientific – CS616) a od května 2007 jsou měřeny průtoky v profilu POR (Šanda, 2018).



Obr. 5. Povodeň 6.8.2010 na přelivu POR (vlevo) a na přelivu UHL (vpravo) (Kulasová, 2010)

Nejvyšší průtoky za období analýz 2007-2017 byly zaznamenány v srpnu roku 2010. Obr. 4 zobrazuje již sestupovou větev hydrogramu epizody z 6.8.2010. Na obr. 4 jsou vidět plaveniny zachycené na větvích (POR vlevo), v profilu UHL (vpravo) je vyšší průtok zřejmý z mokrých dolních čtyřech prken na boudě, která stojí na břehu.

3. Metodika

3.1. Zpracování dat srážek a průtoku v povrchovém toku

Data hodnot průtoků pro tuto práci jsou měřena na profilu POR (Porsche). Přeliv se nachází na Černé Nise asi 50 m jižně od pomníku Porscheho smrti.



Obr. 6. Foto přelivu POR (Šanda, 2007)

Přeliv je tvořen konstrukcí tvaru V s úhlem 120° a hydraulicky ostrou hranou o maximálním průtoku v konstrukci cca 500 l/s. Vyšší průtoky prochází širším okolím upraveném přibližně do roviny.

Měření probíhá nepřímo pomocí tlakového čidla ponořeného nad přelivnou hranou.

Z tlakové výšky přes konsumpční křivku je spočítán průtok, s kterým jsem dále pracovala.

Data z měrného přelivu POR jsou lépe měřena (větší kapacita přelivné trojúhelníkové hrany, rovný úsek), a tudíž přesnější než v závěrovém profilu UHL. Profil v POR je do vyššího průtoku v kovové trojúhelníkové konstrukci s hydraulicky ostrou hranou, cca 500 l/s, zatímco UHL má v přesně definované kovové konstrukci jen 100 l/s a nejasný přepad přes širokou korunu, to navíc při uvážení, že průtoky v profilu UHL jsou přibližně 1,5x vyšší než v profilu POR. Oba profily jsou vybaveny dataloggerem Fiedler se záznamem hladiny ponořeným tlakovým čidlem a přepočtem konzumpční křivkou na průtok.

Srážky jsou měřeny v lokalitě přelivného objektu POR na levém břehu pomocí překlopného srážkoměru, s otevřenou plochou 500 cm^2 a ekvivalentem srážky 0.1 mm.

3.1.1. Kontrola dat před zpracováním

Při společném vykreslení srážky a odtoku je zřejmé, že závislost odtoku na srážce je okamžitá a průběh odtoku odpovídá době trvání a měnící se intenzitě srážky.

Vždy po srážce, pokud množství vody pouze nedosytí půdní profil, ale způsobí i proudění vody do mělkých i hlubších půdních horizontů nebo výjimečně i odtok povrchový vzniká odtoková epizoda. Data, kdy se odtok zvyšuje bez srážky, nebo naopak dochází k okamžitému vysokému úhrnu ve velmi omezeném čase, indikují problém srážkoměru jeho zacpáním a pak následným servisem. Tyto data jsem vyhodnotila jako chybná. Mohlo se stát, že do srážkoměru spadla nějaká nečistota (například nějaký list či brouk) a ucpala tím srážkoměr. Po vyčištění pak nakapala všechna voda do srážkoměru a na záznamu dat je vidět zdánlivě opožděná srážka s vysokou intenzitou, než odpovídá skutečnému průběhu deště. Tato data jsem opravila pomocí jiného srážkoměru fungujícím na stejném principu umístěného u měření půdní vlhkosti na svahu severozápadně od měrného profilu (obr. 4).

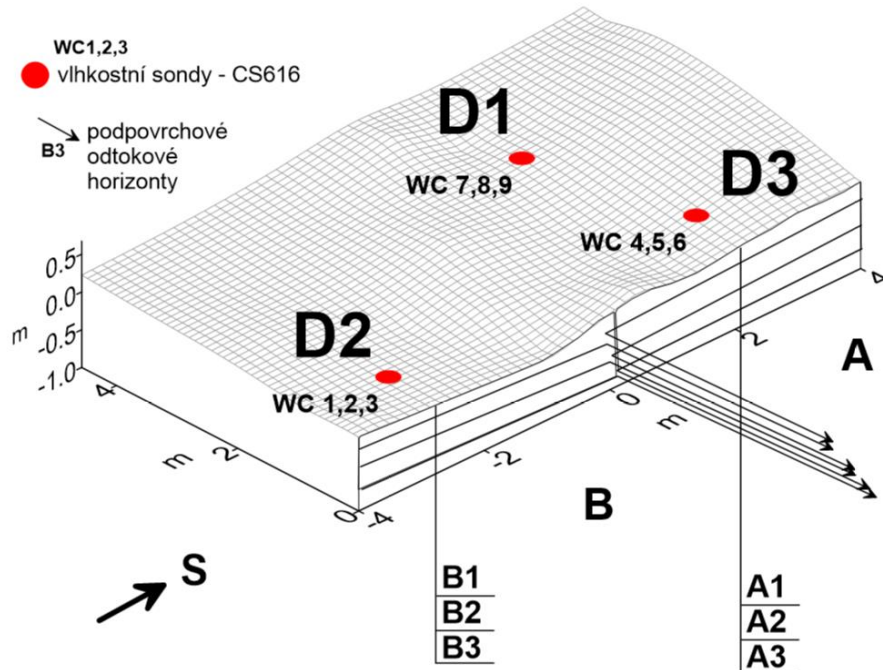


Obr. 7. Foto srážkoměru umístěného u vlhkostních čidel na svahu (vlevo) (Šanda, 2007), Foto srážkoměru v lokalitě POR (vpravo) (Školová, 2020)

U dvou epizod (konkrétně 21.9.-14.10.2014 a 13.-27.7.2016) se stalo, že v tuto dobu byl i tento srážkoměr ucpaný a pro tyto dvě epizody jsem použila srážkoměr umístěný severněji u řeky Jizery v rašeliništi Velká Jizerská louka (VJL). Data úhrnu srážkové epizody byla korelována podle celkových úhrnů stanic POR a VJL ve vegetačním období v obou lokalitách (V-X měsíc), časový průběh srážky v lokalitě Uhlířské byl ponechán.

3.2. Měření půdní vlhkosti

Objemové půdní vlhkosti jsou měřeny přibližně 200 m severozápadně od přelivu Porsche (obr. 4).



Obr. 8. Rozmístění vlhkostních čidel

Na třech místech (D1, D2, D3) jsou nainstalovány vlhkostní čidla vždy tři nad sebou, každé čidlo je umístěno horizontálně (obr. 8).



Obr. 9. Instalace čidel (Mrázková 2005)

Pro měření jsou použita čidla CS616 Campbell Scientific pracující na bázi frekvenční reflektometrie. Čidla byla v laboratoři ČVUT v Praze, F. stavební kalibrována pro půdní typ kambizemě z předmětné lokality (Jankovec, 2009). V lokalitě D1 (obr. 8) jsou čidla umístěna v hloubkách 25 cm, 40 cm a 55 cm pod terénem, v D2 jsou čidla v hloubkách 20 cm, 40 cm a 55 cm pod terénem a v D3 jsou čidla v hloubkách 20 cm, 40 cm a 60 cm pod terénem. Vlhkostní čidla se nacházejí nad podpovrchovým sběrným příkopem. Čidla měří vlhkost vždy po 10 minutách. Pro každých 10 minut jsem tedy získala naměřených 9 hodnot objemové vlhkosti.

3.3. Výběr epizod

Jako hlavní kritérium pro výběr konkrétních srážko-odtokových epizod jsem zvolila celkový úhrn srážky. Vybírala jsem pouze epizody, při kterých napršelo alespoň 20 mm. Pro každý rok zvlášť z období 2007-2017 jsem si vykreslila součtový graf srážek, ve kterém lze rozeznat jednotlivé srážky (obr. 10). Pro každou srážku jsem odečetla kumulativní srážkový úhrn na konci a na začátku. Při rozdílu vyšším než 20 mm byla epizoda dále analyzována. Některé roky vlivem nižších úhrnů a s menším výskytem epizod poskytly méně údajů pro analýzu. Například v roce 2005 jsem tímto kritériem mohla vybrat jen 4 epizody. Naopak v roce 2017 přšelo mnohem více častěji, a tak jsem získala 12 epizod z tohoto roku.

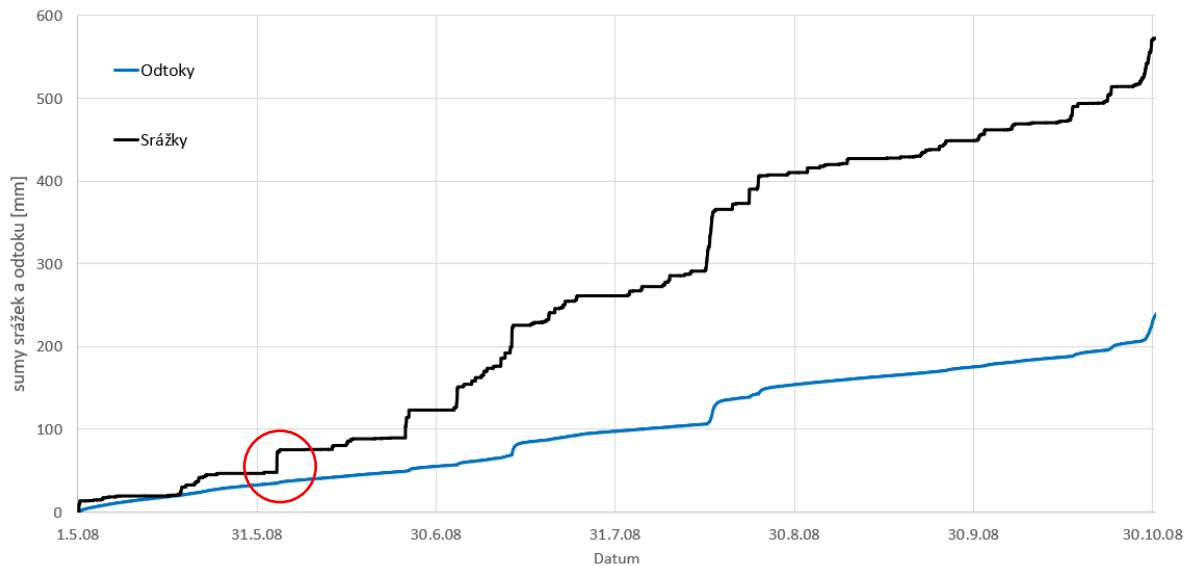
3.3.1. Příklad výběru epizody

Příklad výběru konkrétní epizody 30.6.-12.6.2008.

Na součtovém grafu (obr. 11.) jsou vykreslena černě data srážek a modře data odtoků. Zaměříme-li se na srážky, tak první významný skok vidíme na začátku června. Najde-li přesné datum začátku a konce srážky, tak zjistím, že pršet začalo 3.6.2008 v 18:00 a skončilo 4.6.2008 v 7:10. Během této srážky napršelo 27.8 mm vody.

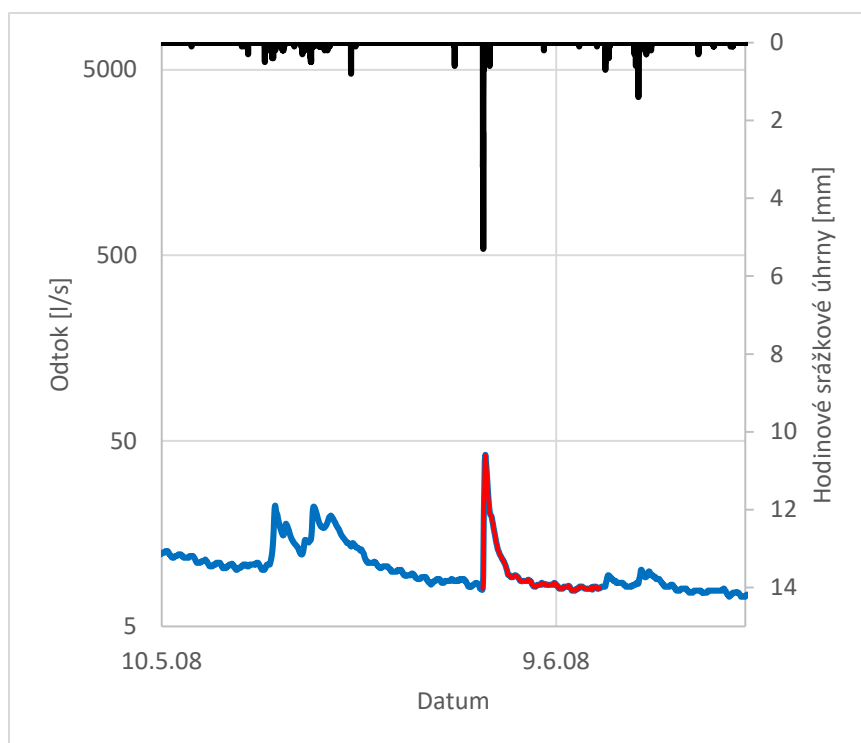
V datech odtoků jsem si také vyhledala tuto epizodu. Její konec byl stanoven až do okamžiku, kdy odtok začne stoupat vlivem další srážky, tj. epizoda je analyzována v nejdelším možném intervalu, kdy odtok co nejvíce poklesne k základnímu odtoku. V této konkrétní epizodě je

tedy čas konce 12.6.2008 v 19:00. Celou epizodu jsem zaznačila červeně na obr.11. do hydrogramu odtoku.



Obr. 10. Součtový graf srážek a odtoků ve vegetačním období roku 2008

Na obr.10. nahoře jsou černě vykresleny srážkové úhrny a dole modře odtoky. Mimo jiné na hydrogramu odtoku jsou zřetelně pozorovatelné denní výkyvy odtoku způsobené s největší pravděpodobností transpirací rostlin, a tedy omezeným odtokem z povodí.



Obr. 11. Část hydrogramu odtoků v roce 2008, znázorněna první epizoda

3.3.2. Přepočítání signálu z vlhkostních čidel na objemovou vlhkost

Čidla CS616 jsou přístroje vysílající elektromagnetické vlnění a snímající jeho odezvu dle složení prostředí, která závisí na dielektrické konstantě prostředí. Tu tvoří soubor pevné fáze-půdních zrn, množství vody, množství vzduchu a jejich chemické složení (Šanda, 2009). Tím, že dominantní podíl na celkové odezvě má voda, lze tato čidla po kalibraci na další vlivy použít pro nepřímé měření objemové půdní vlhkosti. Kalibrační rovnici ve tvaru:

$$y = -1,1250x^2 + 0,0843x - 0,00101 \quad (\text{rovnice 1})$$

Kde x je surový signál z čidla a y je výsledná objemová vlhkost.

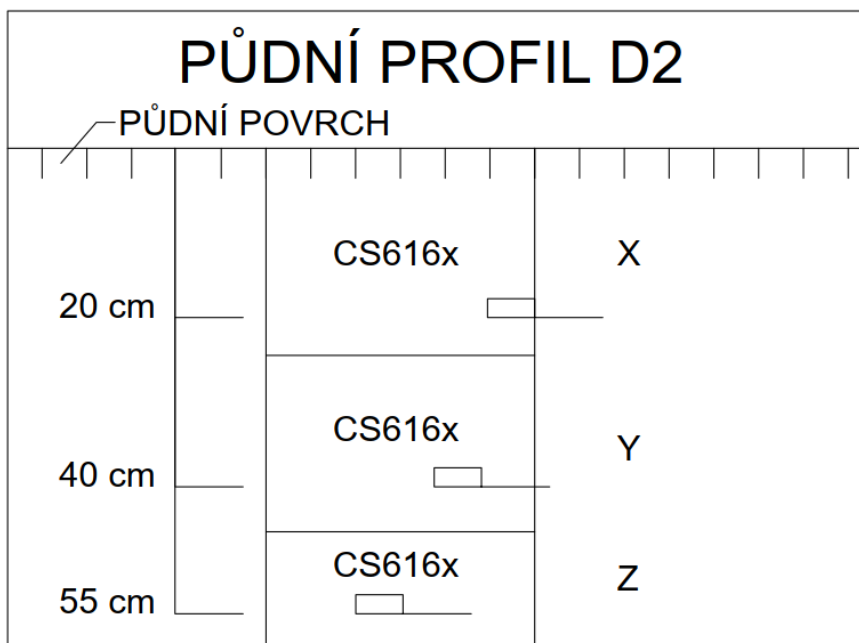
uvádí pro kambizem z povodí Uhlířská Jankovec, (2009). Signál je dále upravován na vliv teploty prostředí. Pro tento vliv je použit podzemní teploměr v lokalitě vlhkostních čidel umístěný v hloubce -20 cm. Přesnější hodnoty by poskytl i teploměry ve větších hloubkách, které jsou součástí půdních tenzometrů, umístěných ve srovnatelných hloubkách jako jsou

vlhkostní čidla, nelze je však použít v období od roku 2012, pro jejich poruchovost. Proto byla zvolen konsistentní přístup jednoho teploměru po celou dobu měření.

Pro každé čidlo zvlášť jsem si našla maximální naměřenou hodnotu objemové vlhkosti v daném roce a tím získala nasycenou vlhkost (lze předpokládat, že alespoň jednou za vegetační sezónu dojde k plnému nasycení půdního profilu). Z hloubek jsem vypočítala mocnosti instalace čidel vlhkostí. Mocností jsem vynásobila aktuální a nasycenou vlhkost a jejich podílem jsem vypočítala stupeň nasycení pro všechny půdní profily D1, D2 a D3 pro každých 10 minut. Po zprůměrování stupňů nasycení pro každý profil jsem získala průměrný stupeň nasycení.

$$S = \sum_{i=1}^3 \left[\left(\frac{l_{Ah}i\theta_{Ah} + l_{Bi}\theta_{Bi} + l_{BC}i\theta_{BC}i}{l_{Ah}i\theta_{Ah,max,i} + l_{Bi}\theta_{B,max,i} + l_{BC}i\theta_{BC,max,i}} \right) / 3 \right] \quad (\text{rovnice 2})$$

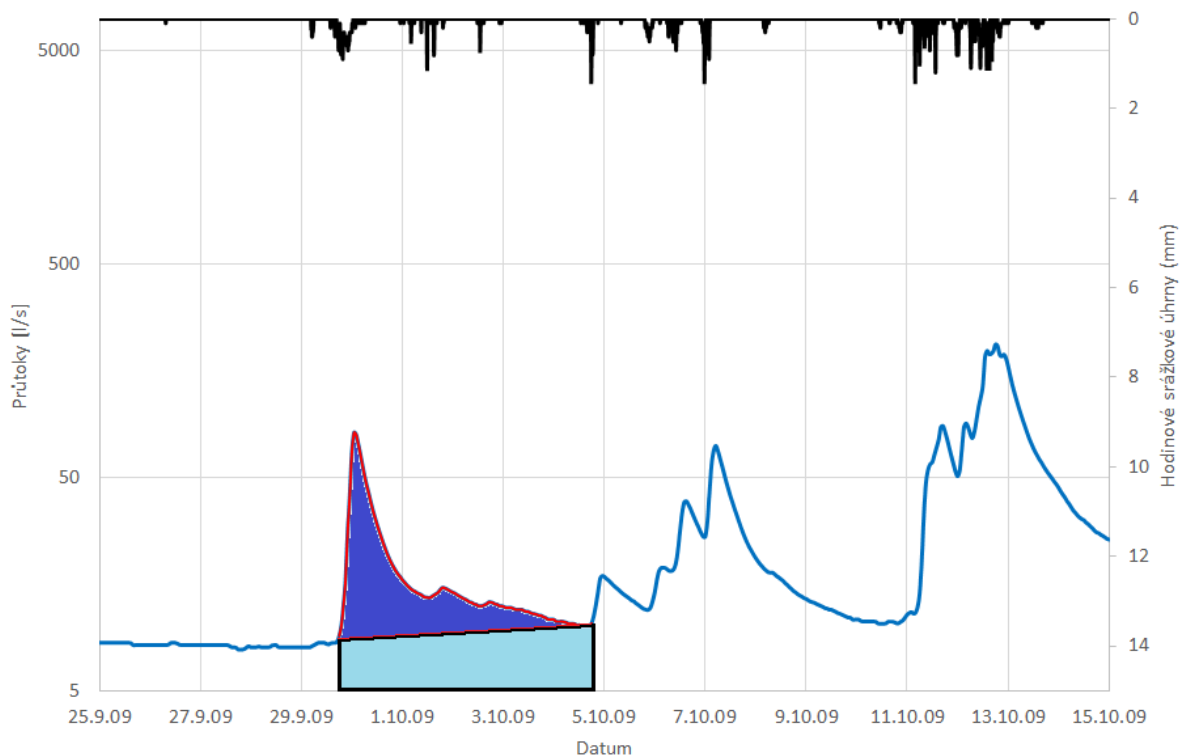
Kde S je stupeň nasycení (-), l_{Ah} , l_B a l_{BC} jsou mocnosti instalace čidel, tj výšky horizontů (mm), θ_{Ah} , θ_B a θ_{BC} jsou objemové vlhkosti v horizontech (-), $\theta_{Ah,max}$, $\theta_{B,max}$ a $\theta_{BC,max}$ je roční maximální objemová vlhkost v horizontu.



Obr. 12. Ukázka vertikálního rozdělení a umístění vlhkostních sond CS616 v profilu D2.

3.3.3. Povrchový odtok

Pro každou vybranou epizodu jsem přepočítala nejprve celkové odteklé množství v profilu POR na odtokovou výšku (mm) během celé epizody. Dále jsem spočítala základní odtok. Základní odtok je v této práci uvažován jako přímá spojnice vstupní a konečné hodnoty povrchového odtoku na zvolené epizodě (obr. 13). Celkové množství odtoku znázorňuje plocha (světle modrá) pod spojnici bodů odtoku na začátku a konci epizody. Tato plocha je rovna lichoběžníku.



Obr. 13. Grafické znázornění základního a epizodního odtoku

Po odečtení základního odtoku od celkového odtoku je získán epizodní odtok (tmavě modrá červeně lemovaná), který je dále analyzován (obr. 13). Odečtení základního odtoku umožňuje pracovat s dynamikou vlastní epizody, volit její delší doběh v čase a pracovat s epizodami i v jarním období, kdy je na hydrogramu odtoku zřetelný dlouhodobý vliv ustávajícího základního odtoku z tajícího sněhu.

Dále jsem vypočítala celkový odtokový koeficient a epizodní odtokový koeficient (bez základního odtoku). Odtokový koeficient jsem vypočítala jako podíl odtoku a srážky.

Pro ilustraci použiju opět první epizodu z roku 2008.

CELKOVÝ ODTOK EPIZODY		srážka začátek a konec		srážka	odtok				
od	do	mm	mm	suma mm	suma mm	čas [s]	l/s začátek	l/s konec	
03.06.2008 18:00	12.06.2008 19:00	47.9	75.7	27.8	6.90454	781200	7.98837	8.02117	

plocha pod spojnicí bodů na začátku a konci epizody				
základní odtok [l]	základní odtok [mm]	epizodní odtok [mm]	celkový odtokový koef	epizodní odtokový koef
6253328.41	5.299430856	1.605114015	0.248364923	0.057737914

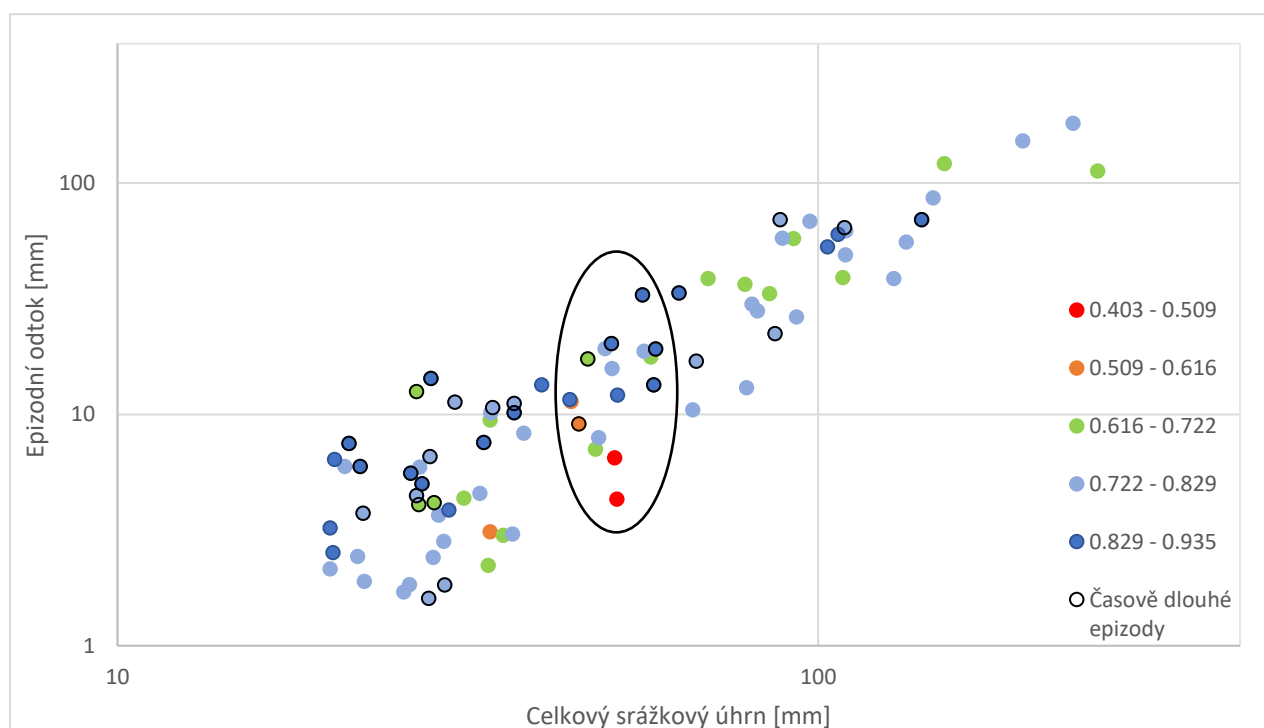
objemová vlhkost		stupeň nasycení %	
začátek	konec	začátek	konec
0.45751	0.45356	0.80524	0.79807

Obr. 14. Ukázka výsledků výpočtu epizody 30.6.-12.6.2008

4. Výsledky

4.1. Vliv vlhkosti půdy na epizodní odtok

Na obr. 15 je prezentován souhrn analýz pro soubor 88 srážko-odtokových epizod.



Obr. 15. Epizodní odtoky rozděleny barevně dle počátečního stupně nasycení, se zvýrazněným černým okrajem u epizod, při kterých je objemová vlhkost na konci epizody nižší než na jejím začátku (časově dlouhé epizody)

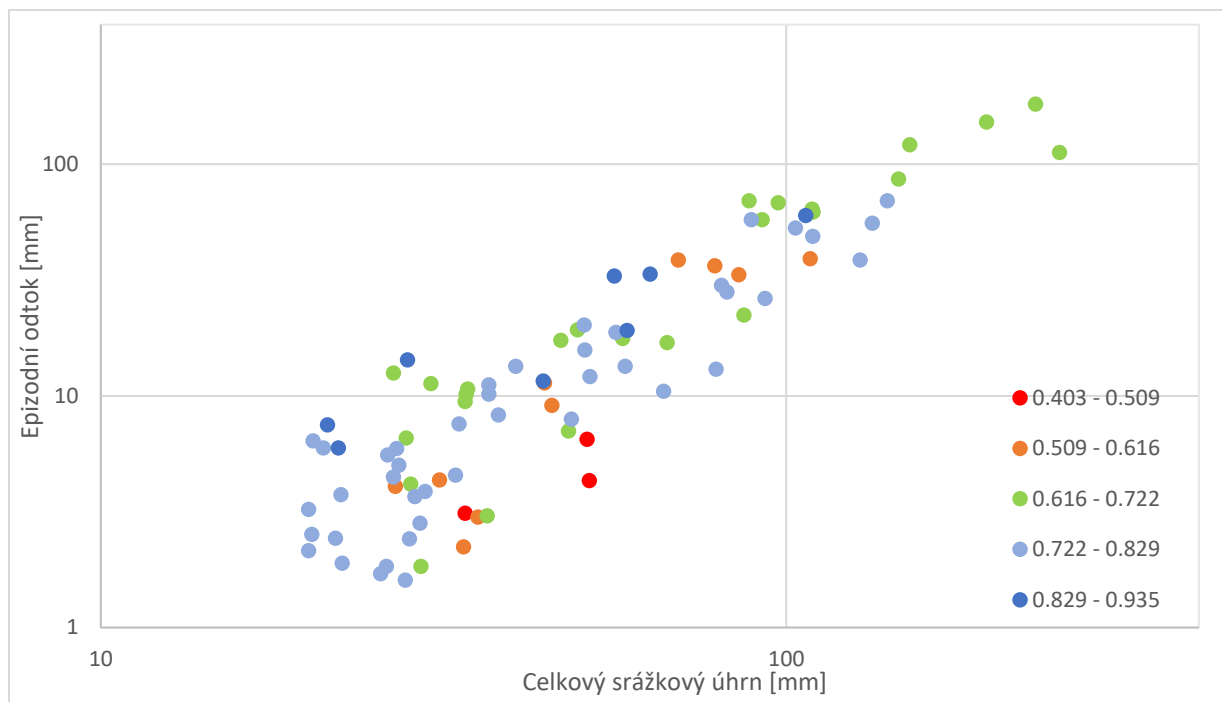
Barvy epizod jsou seřazeny podle stupně nasycení od nejmenšího (červené značky) po největší (tmavě modré značky), přes oranžové, zelené a světle modré. Epizody, které mají na konci nižší objemovou vlhkost, než na začátku jsou označeny černým okrajem. Průměrná doba trvání těchto epizod je vyšší (10,3 dnů) než průměrná doba trvání epizod s vyšší hodnotou stupně nasycení na konci epizody (8,3 dne).

V zakroužkované oblasti se srážkou 40-60 mm je dobře pozorovatelné, že ze stejně velké srážky vznikají v závislosti na počáteční vlhkosti diametrálně odlišné velikosti celkového odtoku. Zatímco u červeně označených epizod (srážek v období s nejmenší hodnotou stupně nasycení půdy) je odtok velice nízký, přes oranžově a zeleně označené epizody se odtok zvyšuje až do modře označených epizod, kde je epizodní odtok i 5x vyšší. Konkrétně červená epizoda (16.-30.8.2015) má celkový srážkový úhrn 51,6 mm a epizodní odtok 4,31 mm, modrá epizoda přímo nad ní (3.-13.5.2016) má srážkový úhrn 50,7 mm a odtok 20,27 mm.

V oblasti graficky znázorněné na pravé straně, tj. u vyšší srážkových úhrnů je viditelné, že počáteční stupeň nasycení nehraje pro epizodní odtok téměř žádnou roli. Déšť je tak veliký, že poměr mezi srážkou a odtokem se blíží poměru 1:1, tj. odtéká podstatné množství celkové množství srážky.

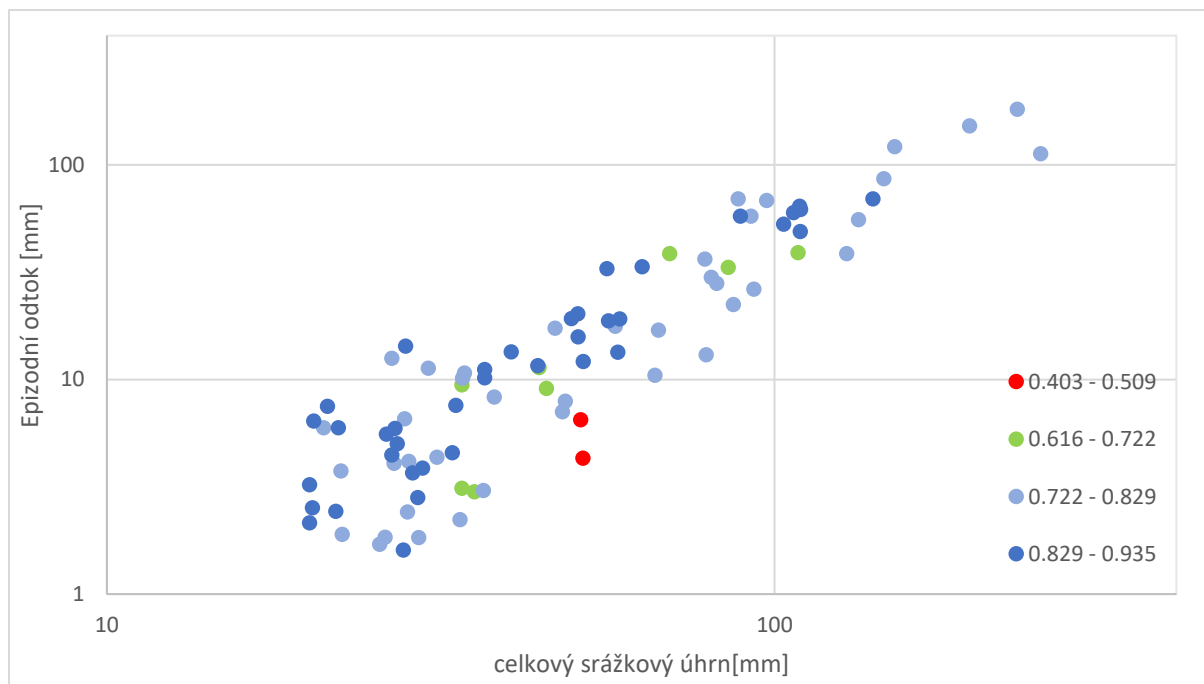
Zatímco v levé části obrázku (nízké srážkové úhrny) je znázorněno, že po srážce o velikosti 20 mm odeče přibližně pouze 2 mm, tj. je 10 %, na straně pravé po srážce o velikosti 200 mm odeče 150 mm, tj. 75%. Absolutně však je zřejmé, že z malé srážky zůstalo v půdním a horninovém prostředí 18 mm vody, zatímco ze zmíněné velké srážky zůstalo v povodí 50 mm, což je 2,8x více.

Jelikož jsou objemové vlhkosti měřeny ve třech vertikálních profilech a ve vykreslených epizodních odtoků je použita jen jedna hodnota a to jejich průměr, je pro každou epizodu vyjádřena směrodatná odchylka stupně nasycení. Po následném odečtení a přičtení směrodatné odchylky k průměru se některé epizody přesunuly klasifikačně do jiné skupiny.



Obr. 16. Epizodní odtoky rozřazeny do skupin podle stupně nasycení po odečtení směrodatné odchylky

Po odečtení směrodatné odchylky se jen mírně změní epizody s nejsušším počátečním stavem (do červeně označených nejsušších epizod přibude jen jedna epizoda). Více to ovlivní střední (zelenou) skupinu, kde přibude epizod více a nejlhčejší (tmavě modrou) skupinu, kde naopak počet epizod klesne.

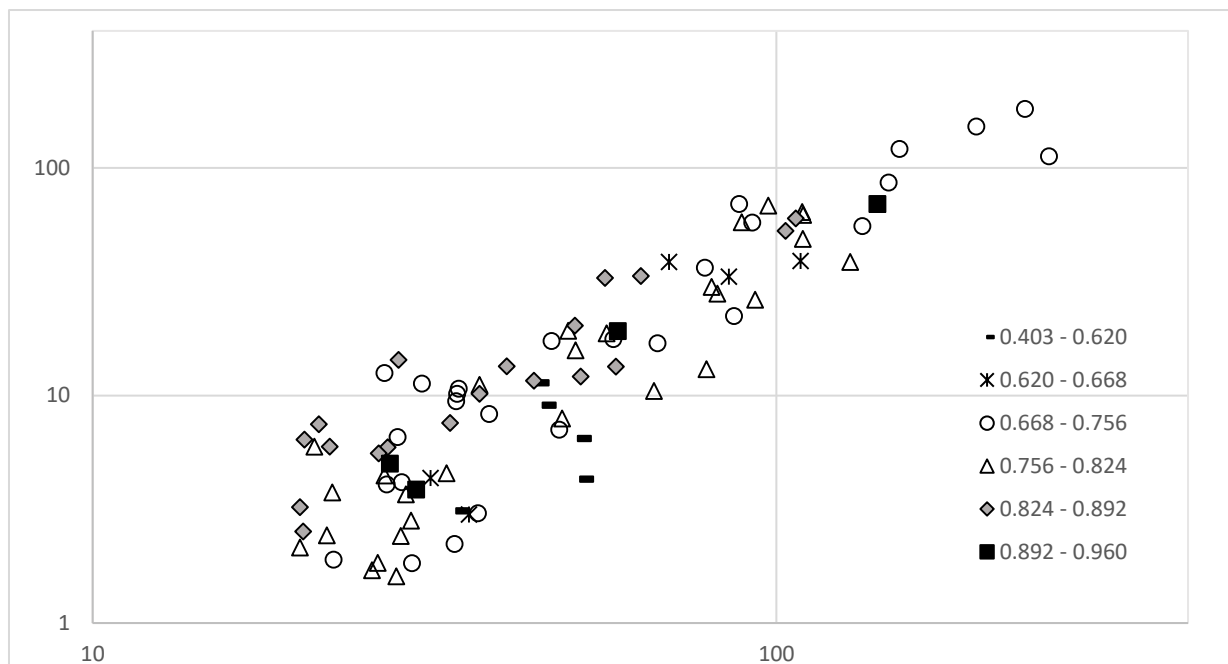


Obr. 17. Epizodní odtoky rozřazeny do skupin podle stupně nasycení po přičtení směrodatné odchylky

Po přičtení směrodatné odchylky k objemovým vlhkostem se mnoho epizod přemístilo do skupin s vyšším počátečním stupněm nasycení, na obrázku č. 17 je vidět, že úplně chybí druhá skupina (oranžová) – náhodou se všechny epizody v druhé skupině přesunuly přes hranici do vlhčí skupiny (zelené). Přibylo i mnoho tmavě modře označených epizod.

4.2. Porovnání s předchozí prací na povodí Uhlířská

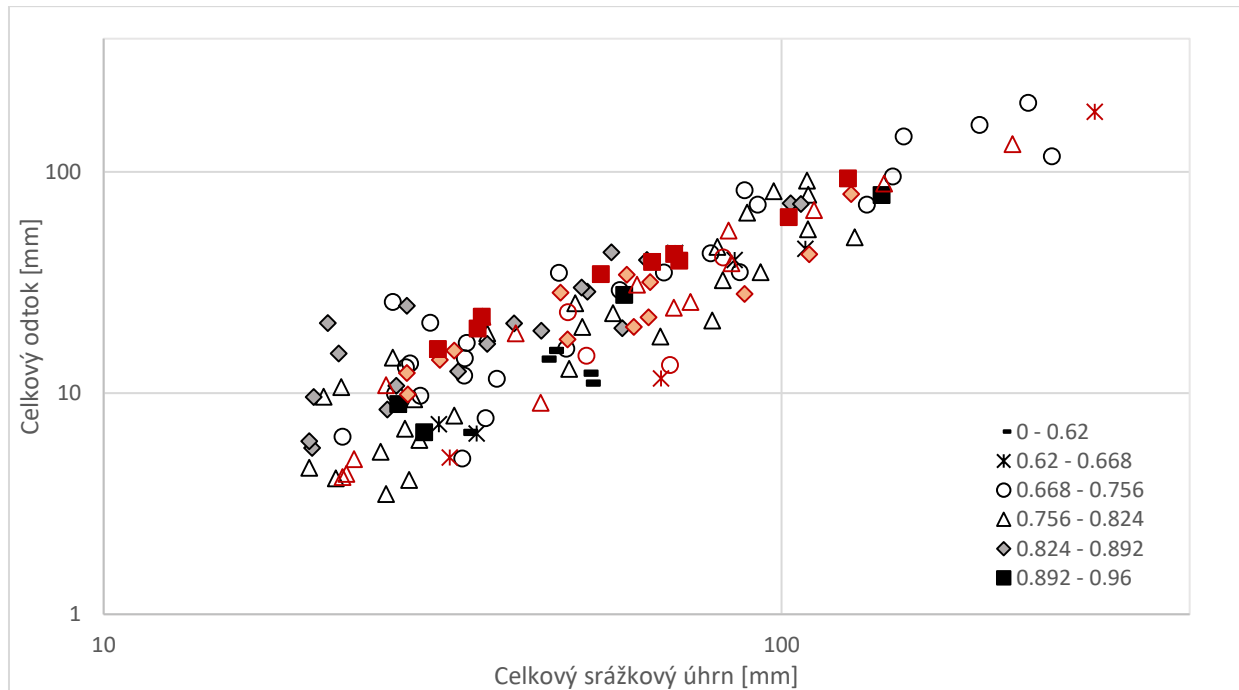
Dále jsou výsledky analýz porovnány s obdobnou prací Hrnčíře et al. (2010)



Obr. 18. Epizody z období 2007-2017 klasifikované dle tříd stupně nasycení použitých v publikaci (Hrnčíř et al., 2010)

V porovnání s obdobím 1998-2009 (Hrnčíř et al., 2010) dochází v období 2007-2017 k většímu vysychání, tj. zaznamenání sušších stavů půdního profilu, proto není možné zachovat třídy přesně podle dřívější práce, proto je přidána třída pro nasycení 0,403-0.620. Taktéž rozdílem může být i fakt, že Hrnčíř et al. (2010) používá pro svou práci ve stanovení objemové vlhkosti půdní tenzometry a přepočít pomocí retenční křivky na objemovou vlhkost, zatímco tato analýza pracuje s daty z vlhkostních elektromagnetických čidel. Využití stejné techniky nebylo možné, jelikož v období 2007-2017 nebyly již funkční původní tenzometry a v období předchozí práce nebyly po celou dobu instalována vlhkostní čidla. Tento rozdílný přístup může způsobovat mírně odlišné výsledky při absolutním srovnání. Taktéž je použit odlišný způsob hodnocení odtoku z epizody. Zatímco tato práce analyzuje odtokovou výšku redukovanou o základní odtok na profilu subpovodí POR, Hrnčíř et al. (2010) pracuje s celkovým odtokovým množstvím na profilu celého UHL (jelikož v této práci pro většinu epizod profil POR neexistoval), ačkoliv v mezipovodí neexistují žádné významné toky, celková hydrologická situace i nepřesnosti měření na profilu UHL mohou způsobovat odlišnosti. Aby byly v porovnání vidět rozdíly, byl pro vykreslení vztahu mezi srážkou a odtokem (obr. 19) použit i zde pro epizody z období 2007-2017 celkový odtok (součet epizodního odtoku se základním odtokem, viz obr. 13) a byla k původním pěti třídám přidána

jedna nová, s nejnižším počátečním stupněm nasycení půdy, proto byla tato třída zařazena před ostatní. Tato nová, první třída, je značená pomlčkami a vyskytují se v ní všechny epizody se začínajícím stupněm nasycení menší než 62 %, tj. v rozmezí 40,3-62 %.



Obr. 19. Porovnání analýzy dat z let 2007-2017 (černé) i data z článku Hrnčíř et al. (2010) (červené) epizody.

Odtok začne být znatelný až při vyšší hodnotě deště. Proto černé nejsušší epizody (označené pomlčkou) jsou nižší, než červené nejsušší epizody (označené červenou hvězdičkou).

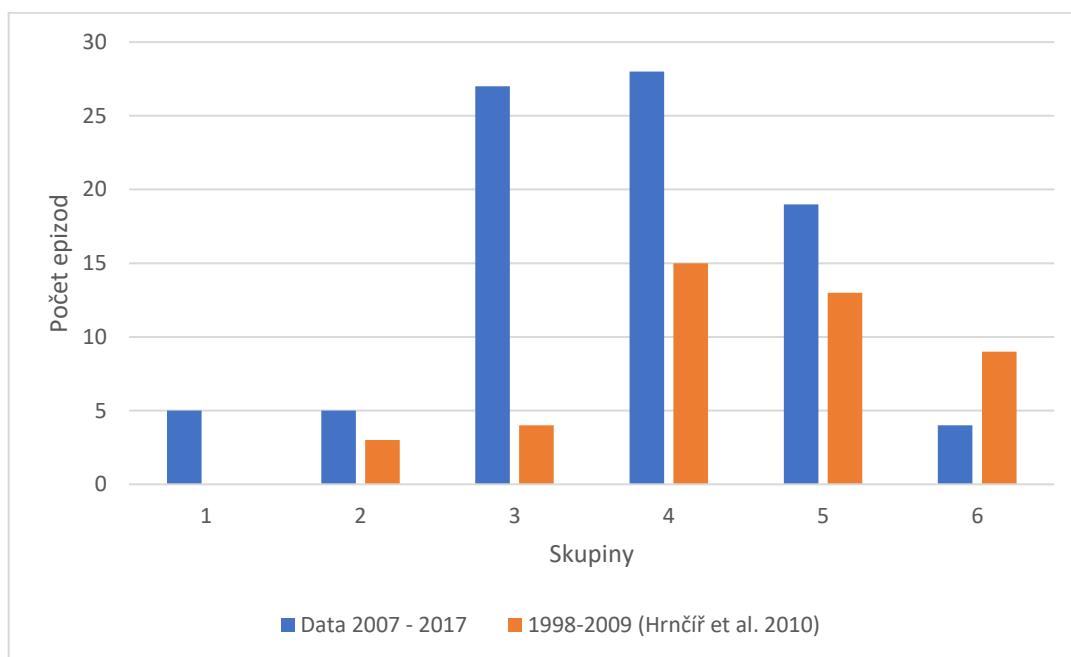
Lze si také povšimnout, že epizody, se kterými porovnávám data z let 2007–2017 tvoří obalovou křivku, kde data s nejvyšší vlhkostí tvoří tzv. „horní obálku“ a naopak epizody s vlhkostí nejnižší se tvoří spíše dolní obálku. To o datech z let 2007-2017 říci nelze.

Naznačuje to tzv. hydrologický neklid, který se v posledních letech ukazuje se změnou dynamiky klimatu a nárůstu teplot. Další možností je, že na rozdíly dat může mít vliv vývoj na povodí. Analýza srážkoodtokových dat podle Hrnčíře et al. 2010 byla získána za období, kdy byl v dané lokalitě relativně mladý les I a II. věkové kategorii (tj. 10-20 let). Naopak v letech 2007-2017, ze kterých jsou data vyhodnocena, je už území zalesněno asi o 10 let starším lesem, tj. převážně III. věkovou kategorií. Stáří lesa a jeho rozsah, způsob zachytávání deště

a evapotranspirace lesa má vliv i na hydrologické poměry. Tím, že je v posledních letech vyšší teplota vzduchu a větší sucho, tak i počáteční vlhkosti jsou nižší než v letech minulých.

Epizod z let 2007–2017 je dohromady 88. Z toho 6 % v první skupině s počátečním stupněm nasycení menším než 0,62 (znak pomlčky), 6 % v druhé skupině s počátečním stupněm nasycení 0,62 – 0,668 (znak hvězdičky), 31 % ve třetí skupině s počátečním stupněm nasycení 0,668 – 0,756 (znak kolečka), 32 % ve čtvrté skupině s počátečním stupněm nasycení 0,756 – 0,824 (trojúhelníkový znak), 22 % v páté skupině s počátečním stupněm nasycení 0,824 – 0,892 (znak kosočtverce) a 5 % v šesté skupině s počátečním stupněm nasycení 0,892 – 0,96 (čtvercový znak) (Obr. 20).

Epizod vyhodnocených ve článku Hrnčíř et al. je dohromady 44 a to 7 % v druhé skupině, 9 % ve třetí skupině, 34 % ve čtvrté skupině, 30 % v páté skupině a 20 % v šesté skupině.



Obr. 20. Srovnání výsledků s článkem od Hrnčíře et al. (2010). Skupiny dle počátečního stupně nasycení: 1: 0,403-0,620; 2: 0,620 – 0,668; 3: 0,668 – 0,756; 4: 0,756 – 0,824; 5: 0,824 – 0,892; 6: 0,892 – 0,960

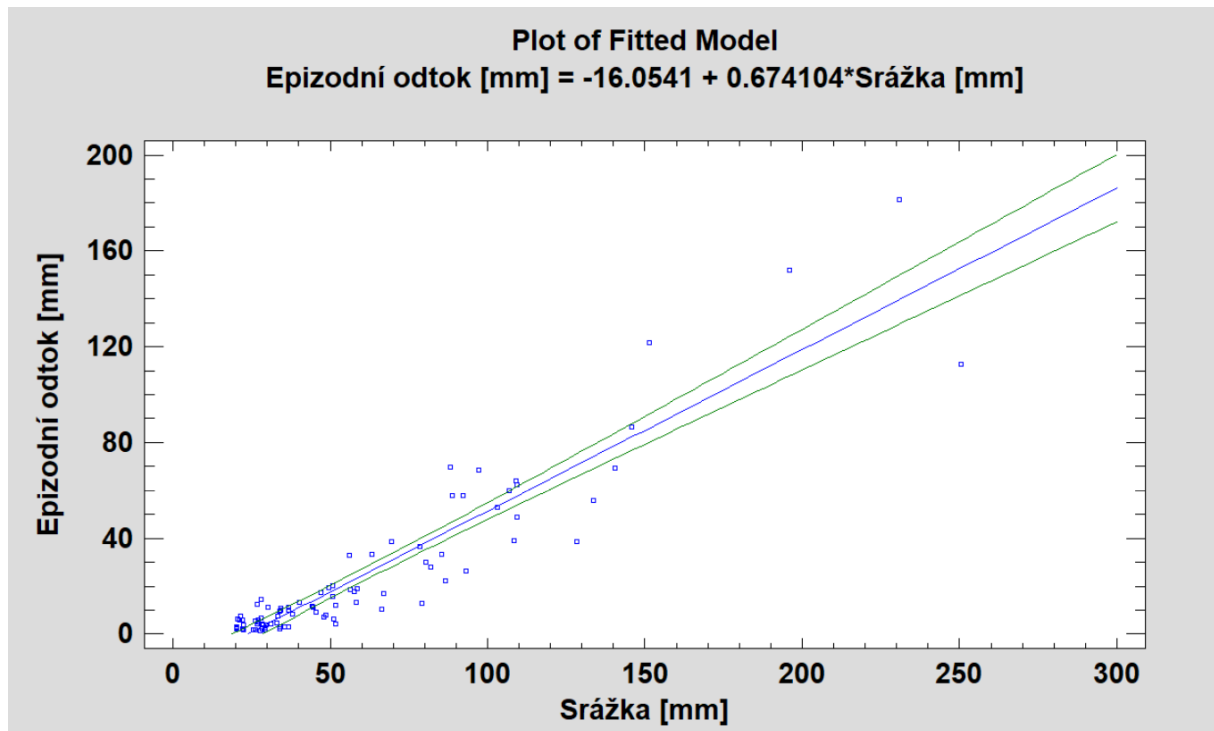
4.3. Vliv doby trvání, intenzity a velikosti srážky na epizodní odtok

Tabulka 1. Přehled analyzovaných epizod v období 2007-2017

Číslo epizody	srážka [mm]	průměrná intenzita srážek [mm/hod]	maximální intenzita srážek [mm/hod]	základní odtok [mm]	epizodní odtok [mm]	celkový odtokový koeficient	epizodní odtokový koeficient
1	29.2	0.17	27.0	3.32	2.83	0.21	0.10
2	26.1	0.43	25.2	1.65	1.84	0.13	0.07
3	32.9	0.25	13.8	3.36	4.56	0.24	0.14
4	33.3	0.36	28.8	4.97	7.58	0.38	0.23
5	20.1	0.50	13.2	2.44	2.15	0.23	0.11
6	48.6	0.30	28.2	4.92	7.94	0.26	0.16
7	22.0	0.27	13.2	1.69	2.43	0.19	0.11
8	106.7	0.47	7.8	11.58	60.01	0.67	0.56
9	40.3	0.25	9.0	7.22	13.45	0.51	0.33
10	20.1	0.55	10.2	2.82	3.24	0.30	0.16
11	27.8	0.44	31.8	5.30	1.61	0.25	0.06
12	36.6	0.18	48.0	4.68	3.04	0.21	0.08
13	28.2	0.83	16.8	1.64	2.41	0.14	0.09
14	50.8	0.40	37.8	4.10	15.82	0.39	0.31
15	81.9	0.46	6.6	4.40	28.06	0.40	0.34
16	36.8	0.22	16.8	6.51	10.20	0.45	0.28
17	21.1	0.17	4.8	3.65	5.97	0.46	0.28
18	109.4	0.35	22.2	16.68	62.17	0.72	0.57
19	36.8	0.36	21.6	7.45	11.16	0.51	0.30
20	109	0.20	54.0	27.28	64.14	0.84	0.59
21	49.6	0.74	52.2	6.20	19.27	0.51	0.39
22	27.9	2.27	20.4	6.53	6.58	0.47	0.24
23	34.0	0.28	6.6	3.55	3.12	0.20	0.09
24	92.2	0.39	33.0	13.49	57.67	0.77	0.63
25	88.2	0.45	40.8	13.06	69.56	0.94	0.79
26	45.5	0.16	57.0	6.54	9.10	0.34	0.20
27	44.4	2.23	10.8	2.88	11.39	0.32	0.26
28	69.6	1.38	24.0	4.35	38.66	0.62	0.56
29	34.0	2.02	21.0	2.56	9.46	0.35	0.28
30	250.4	3.47	42.0	5.10	112.64	0.47	0.45
31	26.7	0.52	5.4	13.29	12.58	0.97	0.47
32	151.3	0.33	6.6	23.03	121.50	0.96	0.80
33	28.3	0.20	8.4	9.46	4.16	0.48	0.15
34	31.2	0.23	73.8	2.89	4.34	0.23	0.14
35	26.9	0.16	15.0	5.84	4.08	0.37	0.15
36	78.6	0.55	20.4	6.30	36.51	0.54	0.46
37	34.1	0.89	12.0	4.21	10.17	0.42	0.30

38	195.9	1.28	24	11.32	152.01	0.83	0.78
39	97.3	0.52	7.8	13.46	68.32	0.84	0.70
40	34.3	0.29	43.2	6.12	10.72	0.49	0.31
41	86.7	0.31	73.8	12.83	22.38	0.41	0.26
42	57.7	0.20	6.0	11.50	17.71	0.51	0.31
43	29.7	0.43	16.2	2.78	3.87	0.22	0.13
44	140.4	1.05	60.0	9.26	69.48	0.56	0.49
45	51.7	0.21	18.6	16.60	12.14	0.56	0.23
46	27.2	1.12	37.8	3.90	5.02	0.33	0.18
47	26.2	3.21	102.6	2.87	5.57	0.32	0.21
48	58.6	0.29	43.2	8.60	19.18	0.47	0.33
49	30.3	0.33	10.8	9.51	11.30	0.69	0.37
50	231.0	0.67	25.2	23.70	181.57	0.89	0.79
51	145.8	2.48	11.4	8.91	86.38	0.65	0.59
52	46.9	1.17	24.6	17.62	17.39	0.75	0.37
53	108.4	1.96	117.6	5.91	39.08	0.42	0.36
54	67.0	0.18	48.6	18.13	16.98	0.52	0.25
55	85.2	1.84	9.0	6.59	33.33	0.47	0.39
56	63.3	1.11	11.4	6.49	33.52	0.63	0.53
57	21.4	0.24	38.4	13.24	7.50	0.97	0.35
58	38.0	0.45	26.4	3.31	8.29	0.31	0.22
59	128.2	0.31	45	11.98	38.66	0.39	0.30
60	22.5	0.19	40.2	4.45	1.90	0.28	0.08
61	80.4	0.60	9.0	15.86	30.00	0.57	0.37
62	56.1	1.37	14.4	10.36	32.90	0.77	0.59
63	51.2	0.27	12.6	5.82	6.49	0.24	0.13
64	51.6	0.20	35.4	6.80	4.31	0.22	0.08
65	33.8	0.34	14.4	2.83	2.23	0.15	0.07
66	35.5	0.23	4.2	3.57	3.00	0.18	0.08
67	50.7	0.17	9.6	9.74	20.27	0.59	0.40
68	93.1	0.45	30.6	8.89	26.39	0.38	0.28
69	58.2	0.42	22.8	6.23	13.42	0.34	0.23
70	88.9	0.49	37.8	7.73	57.70	0.74	0.65
71	20.3	0.25	27.0	3.13	2.53	0.28	0.12
72	20.4	0.24	22.8	3.19	6.41	0.47	0.31
73	26.7	0.13	10.8	10.01	4.46	0.54	0.17
74	29.3	0.94	32.4	7.91	1.84	0.33	0.06
75	48.1	0.48	38.4	8.81	7.07	0.33	0.15
76	133.5	0.33	22.8	15.51	55.63	0.53	0.42
77	22.2	6.05	57.6	9.16	5.96	0.68	0.27
78	22.4	0.17	16.8	6.91	3.75	0.48	0.17
79	25.6	0.19	15.0	3.72	1.71	0.21	0.07
80	79.0	0.27	38.4	8.26	13.05	0.27	0.17
81	66.2	0.28	35.4	7.57	10.47	0.27	0.16
82	109.3	0.63	19.2	6.21	48.89	0.50	0.45
83	28.7	0.19	13.2	5.72	3.68	0.33	0.13

84	27.0	0.33	49.2	4.87	5.93	0.40	0.22
85	56.4	1.79	11.4	4.21	18.79	0.41	0.33
86	44.2	0.26	21.0	7.50	11.62	0.43	0.26
87	28.0	0.30	3.6	10.52	14.34	0.89	0.51
88	103.1	0.24	12.0	19.13	53.02	0.70	0.51

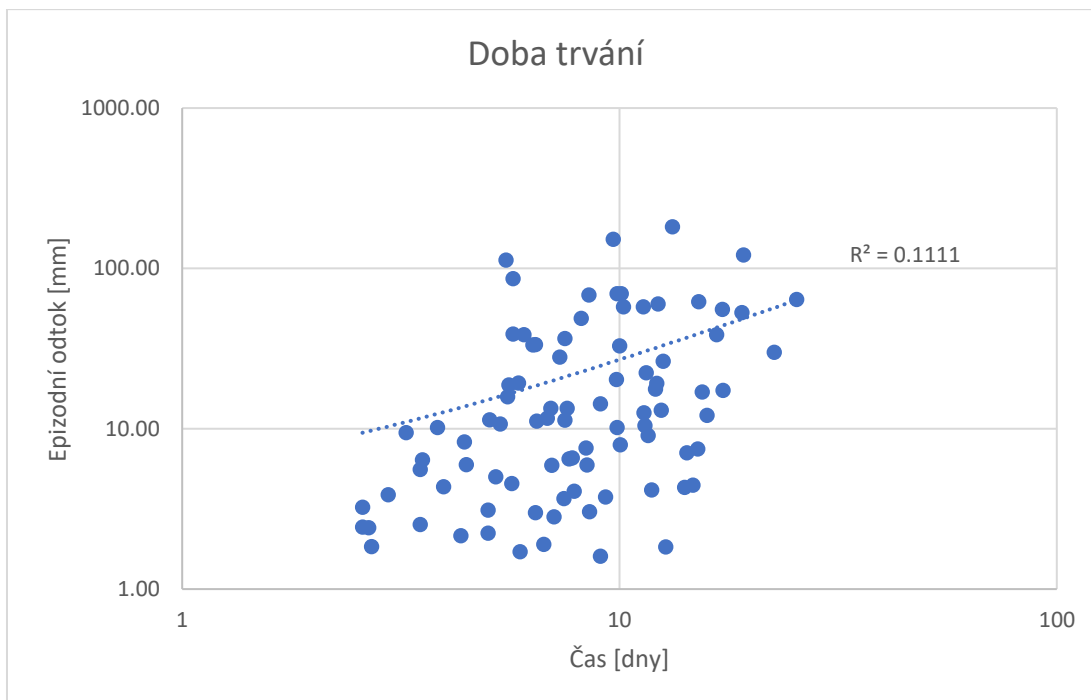


Obr. 21. Vztah mezi srážkou a epizodním odtokem proložen regresní křivkou s pásmem 95 % spolehlivosti

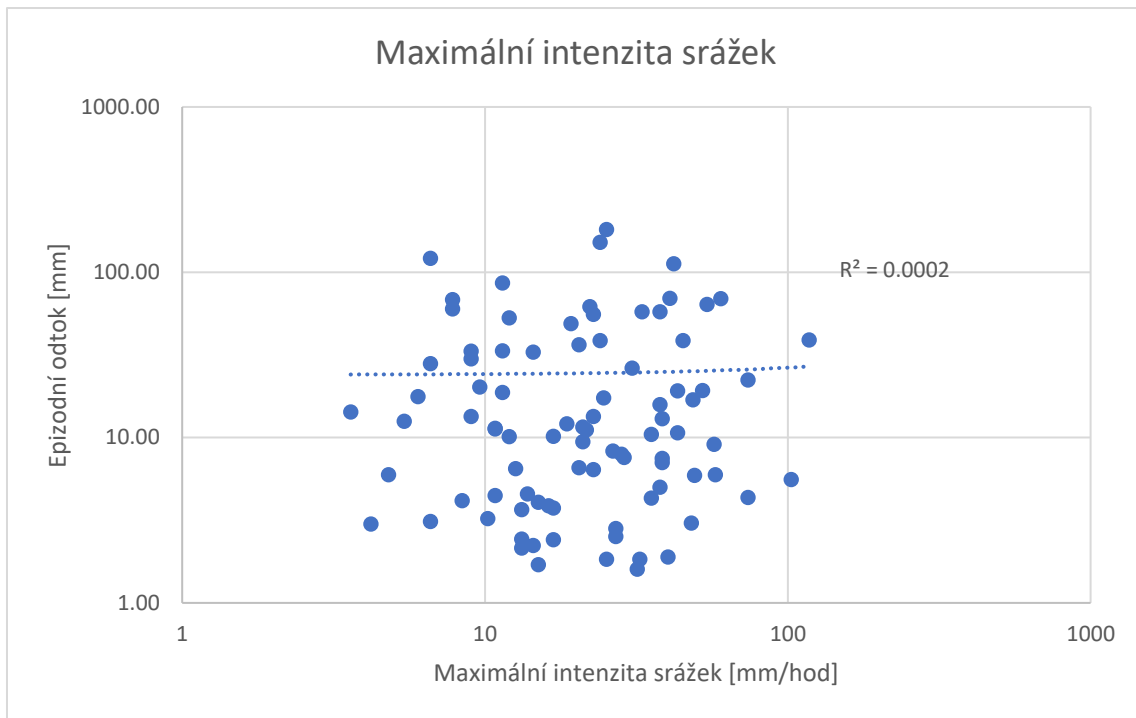
V programu Statgraphics, který provádí statistické funkce byl vytvořen obr. 21 pro epizodní odtoky proložený regresní křivkou s pásmem 95 % spolehlivosti. Tyto výsledky analýzy lineární regrese ukazují, že existuje statisticky významný vztah: tím, že se v 95 % intervalu spolehlivosti mezi odtokem a množstvím srážek vyskytuje asi polovina vybraných epizod. Ostatní epizody mimo tento interval se nevyskytují náhodně, ale drží se poblíž a rostou společně s obalovými křivkami.

Pro zjištění, jaké vlivy mohou ovlivňovat tvorbu odtoku ze srážky jsou vykresleny ve dvojitým logaritmickém měřítku vztahy mezi epizodním odtokem a dobou trvání (obr. 22), maximální intenzitou srážek (obr. 23), počátečním nasycením (obr. 24), celkovou srážkou (obr. 25) a množstvím zachycené a odpařené vody (obr. 26). Dále jsou všechny proloženy lineární křivkou a u každé je vyjádřen koeficient determinace R^2 . Nejméně silný vztah je mezi

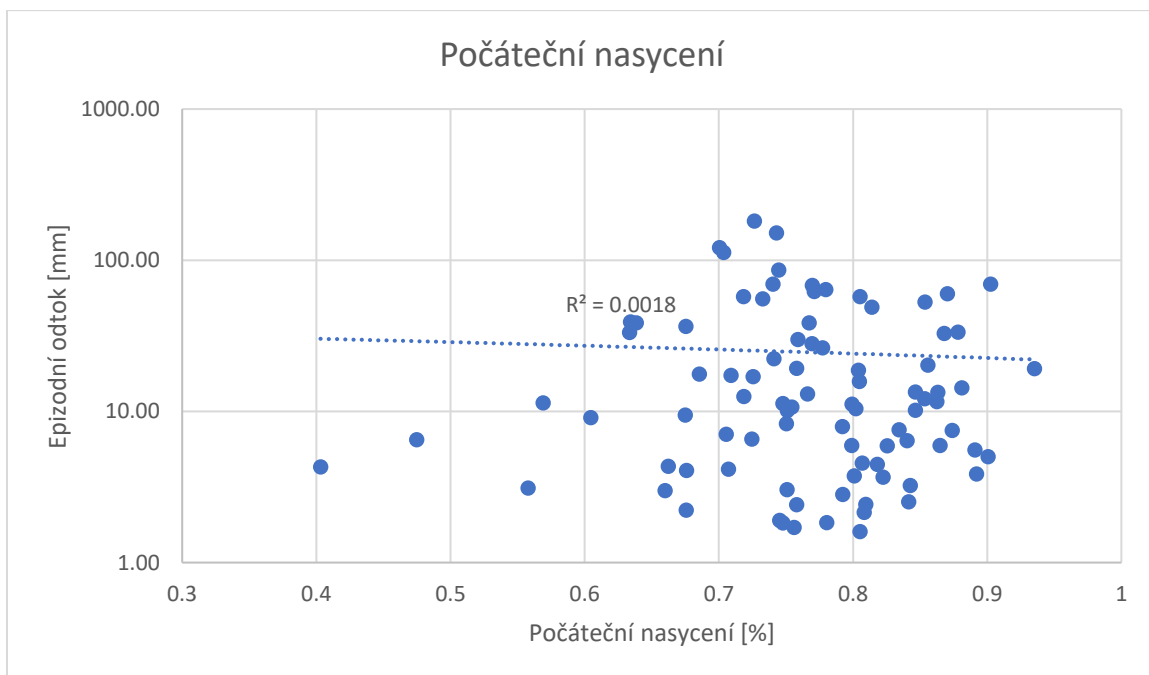
epizodním odtokem a maximální intenzitou deště. To znamená, že intenzita deště následný odtok téměř neovlivňuje. Další slabé vazby jsou mezi počátečním nasycením a epizodním odtokem a mezi půdou zachyceným a odpařeným množstvím vody a epizodním odtokem, během epizody. Znamená to tedy, že množství v půdě zachycené a celkově odpařené vody, které je vypočítáno odečtením srážky od odtoku na konci epizody nemají veliký vliv na následný odtok. Silnější vztah je pak mezi dobou trvání a epizodním odtokem. Tady už se začíná projevovat, že doba trvání epizody s odtokem více souvisí. Bezkonkurenčně nejsilnější determinace je mezi celkovou srážkou a epizodním odtokem. Z toho vyplývá, že pokud jsou ve vícenásobných regresních modelech zahrnuty dvě nebo více nezávislých proměnných, jedinou kombinací parametrů, kde jsou všechny parametry statisticky významné, je množství srážek a epizodní odtok.



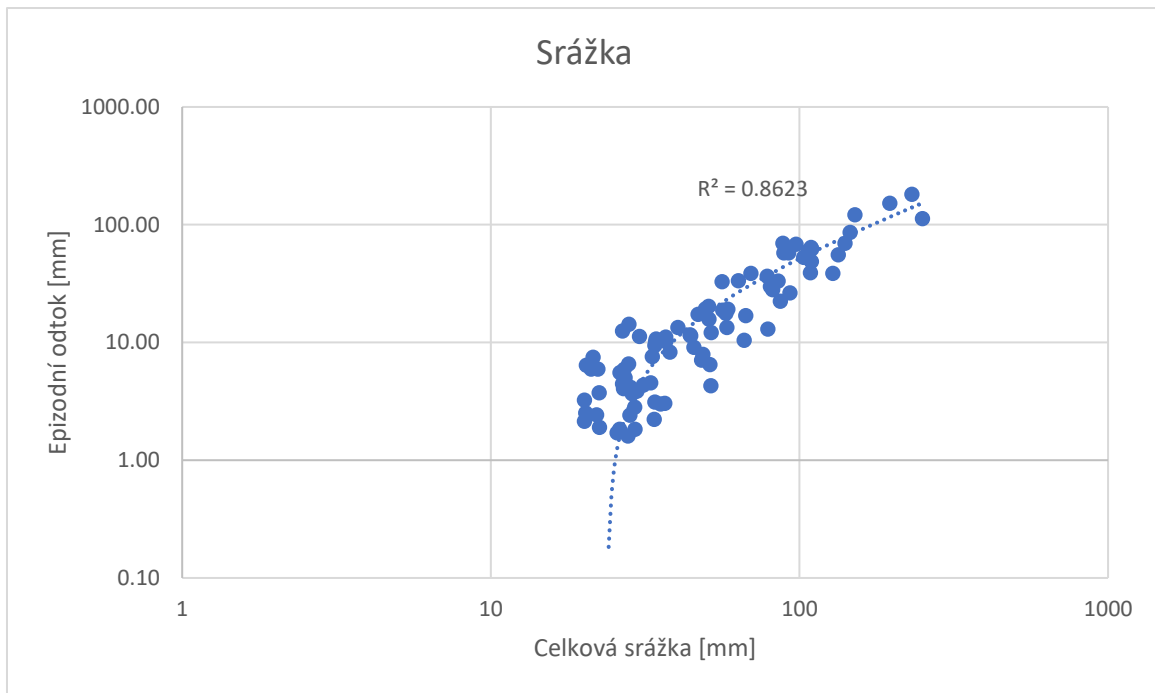
Obr. 22. Vztah mezi epizodním odtokem a dobou trvání deště



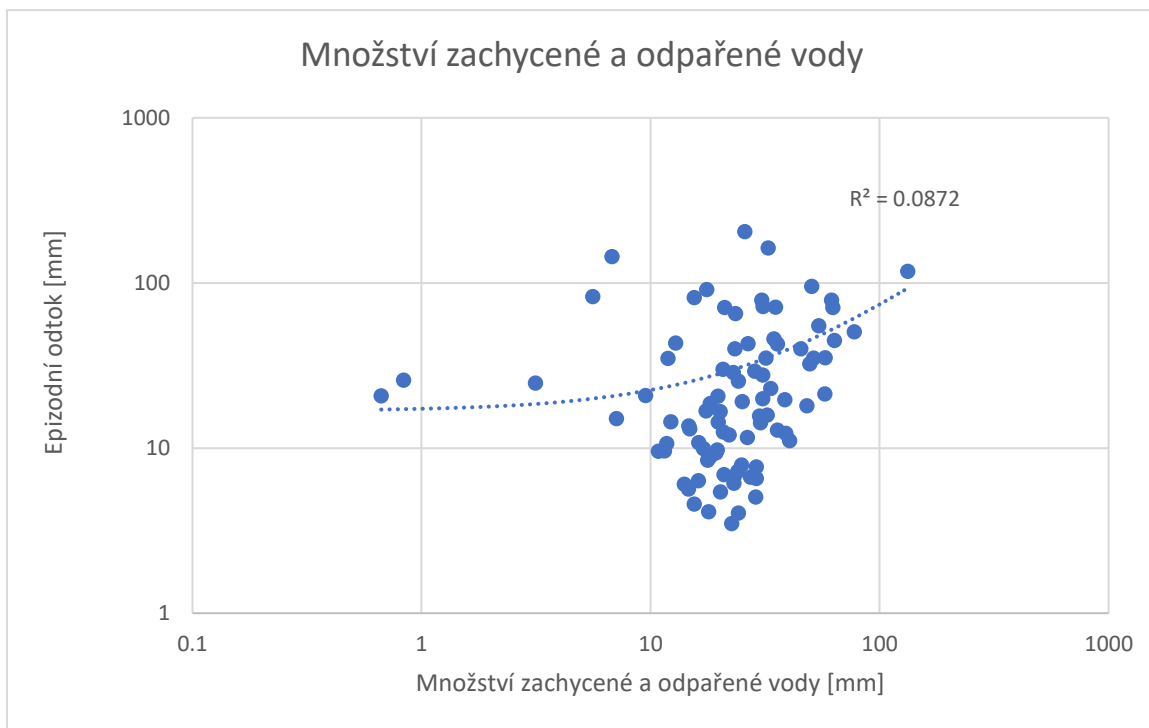
Obr. 23. Vztah mezi epizodním odtokem a maximální intenzitou srážek



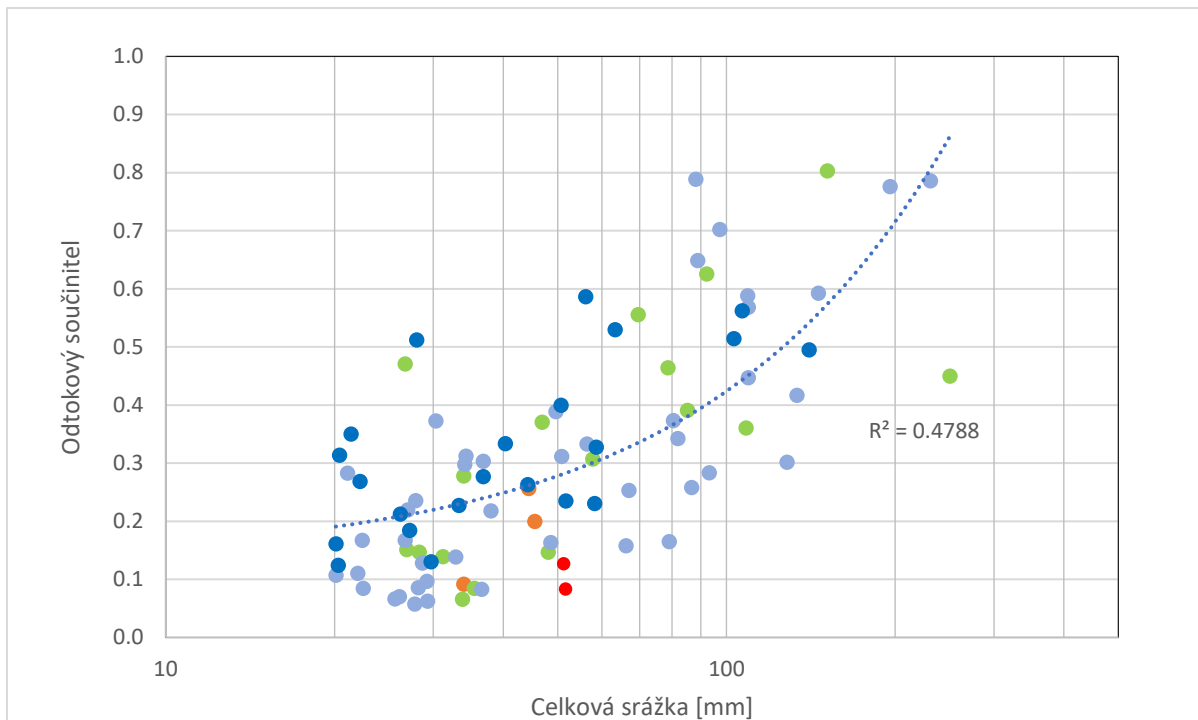
Obr. 24. Vztah mezi epizodním odtokem a počátečním nasycením



Obr. 25. Vztah mezi epizodním odtokem a celkovou srážkou



Obr. 26. Vztah mezi epizodním odtokem a množstvím v půdě zachycené a odpařené vody ze srážky



Obr. 27. Vztah mezi srážkovým úhrnem a epizodním odtokovým součinitelem. Barvy bodů odpovídají počátečnímu stupni nasycení dle obr. 15.

Z obr. 27 je patrný nárůst odtokového součinitele s narůstajícím množstvím srážky, je zde patrný retenční prostor povodí, především v půdním a horninovém prostředí na tvorbu celkového odtoku.

Zeleně značená epizoda s největším srážkovým úhrnem (250.4 mm) nemá vysoký odtokový součinitel, protože po této vydatné srážce nestihla všechna voda odtéct a brzy přišel další déšť, před kterým jsem ukončila dobu této epizody. Tato epizoda tedy není zcela reprezentativní. Pro lepší reprezentativnost by bylo vhodné ji sloučit se srážkou, která přišla v průběhu odtoku a prodloužit celkovou dobu epizody, tj. sloučit ji s následující epizodou a protáhnout tak i dobu jejího odtoku.

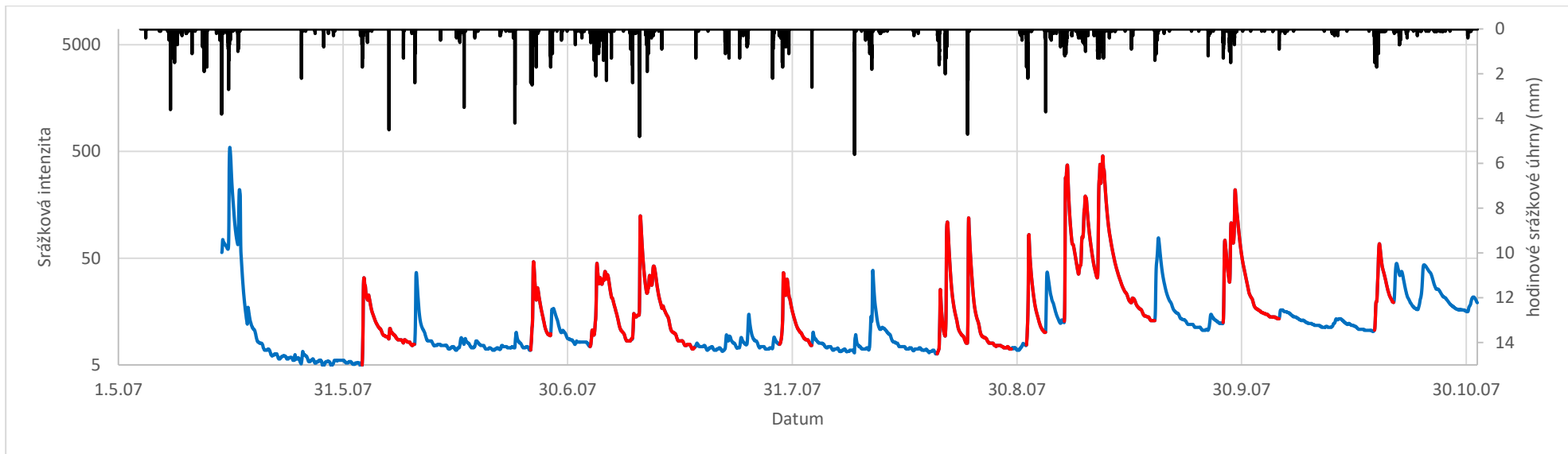
4.4. Závěr

V práci bylo zjištěno, že největší vliv na velikost odtoku má srážkový úhrn. Maximální intenzita deště ani doba trvání deště na následný odtok nemají zřetelný vliv. Nelze tedy říci, že by platila nějaká zákonitost (například, že po intenzivním dešti vznikne velký odtok). Na rozdíl od stupně nasycení půdy, který může mít na začátku srážko-odtokové epizody vliv na velikost odtoku po srážce.

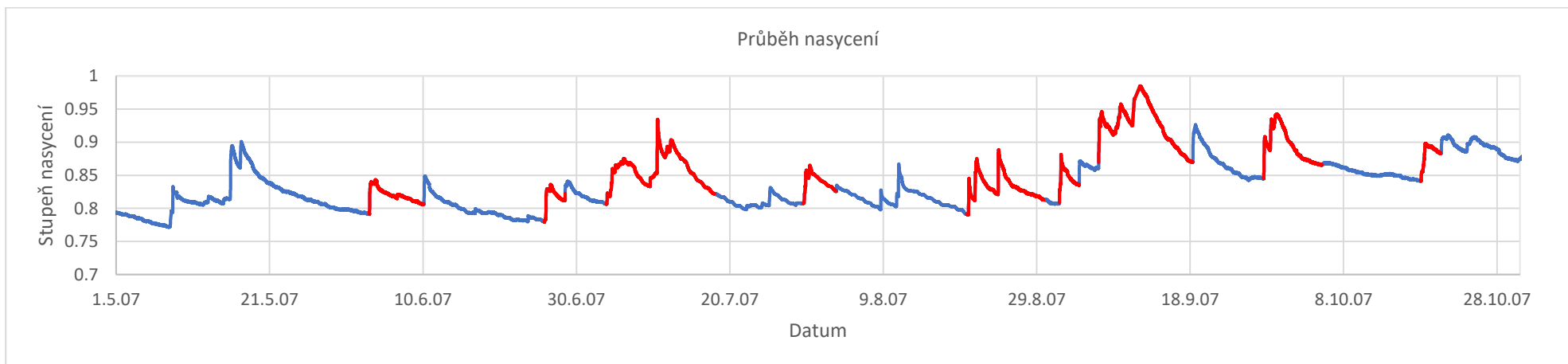
Při porovnání dat se starší prací Hrnčíře et al. (2010) na stejném povodí bylo zjištěno, že epizody v období 2007-2017 vykazují nižší uspořádanost převodu srážky na odtok. Na vykreslení poměru odtoku a srážkového úhrnu tvoří výsledky dle Hrnčíře et al. (2010) s nejnižšími a nejvyššími hodnotami půdního nasycení tzv. horní a dolní obálku. Epizody z let 2007-2017 nejsou hodnotami půdního nasycení na začátku epizody tolik ovlivňovány a jsou rozprostřeny při vykreslení více náhodně.

4.5. Příloha 1 Vykreslení srážek a odtoků z let 2007-2017

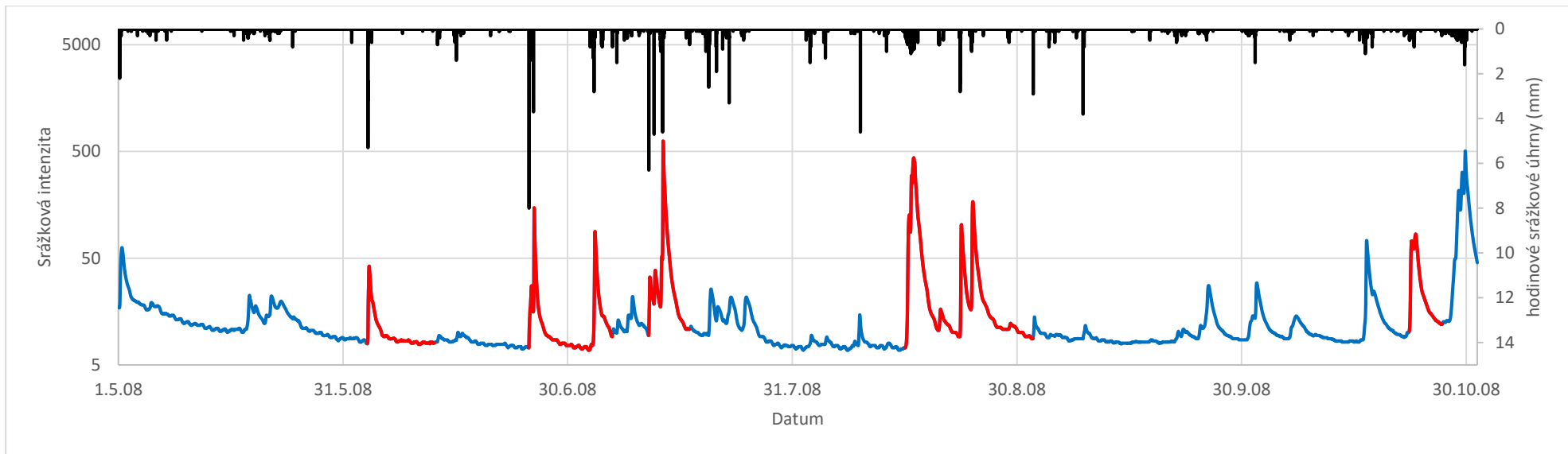
Následující kapitola poskytuje přehled všech vybraných srážkoodtokových epizod, prezentovaných na průběžných záznamech jednotlivých vegetačních období.



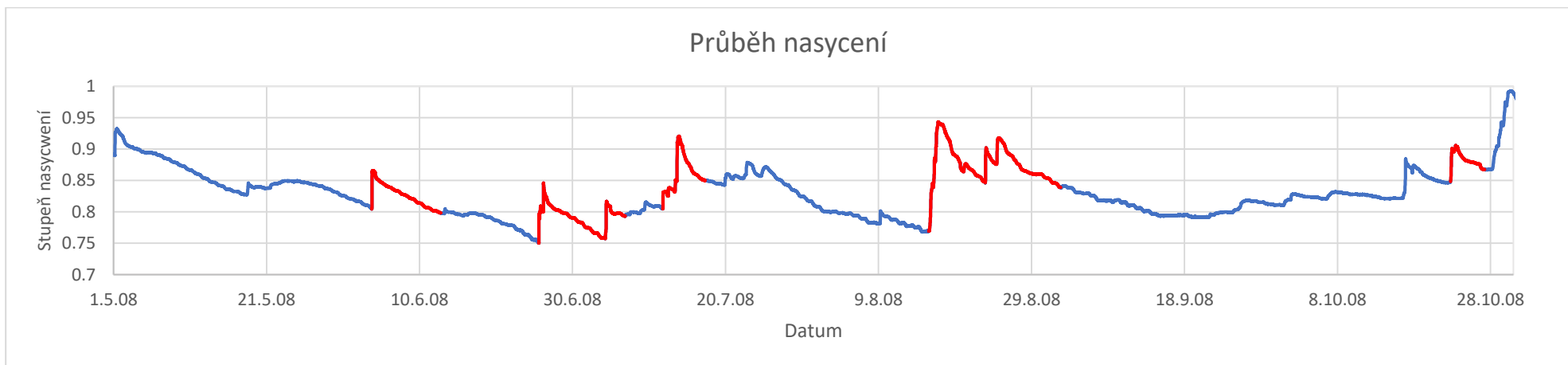
Obr. 28. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2007



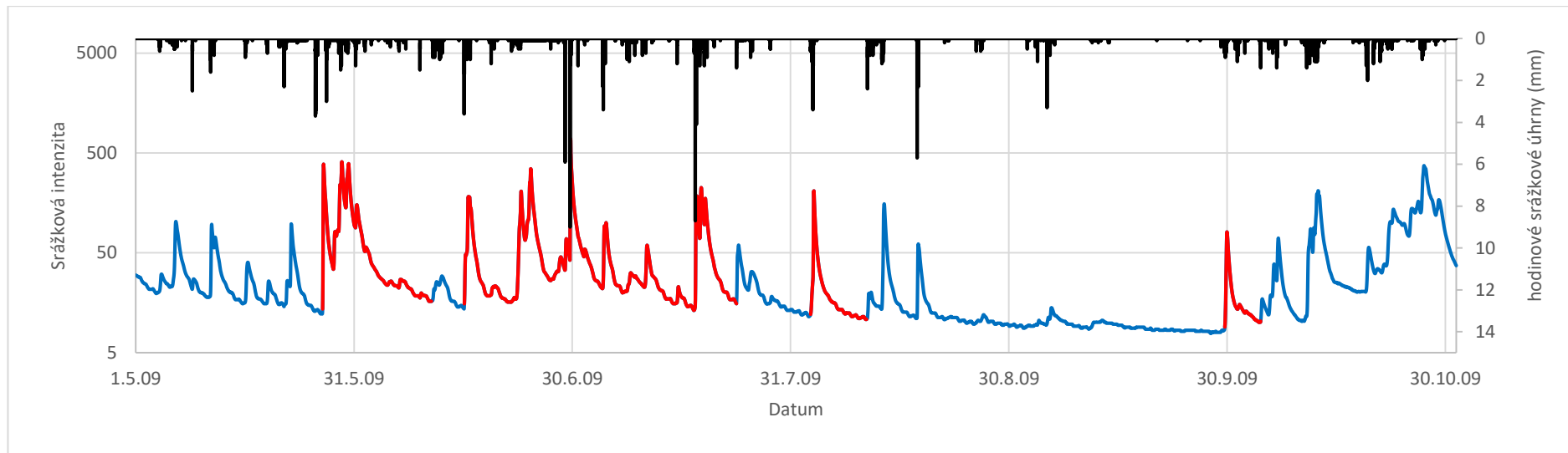
Obr. 29. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2007



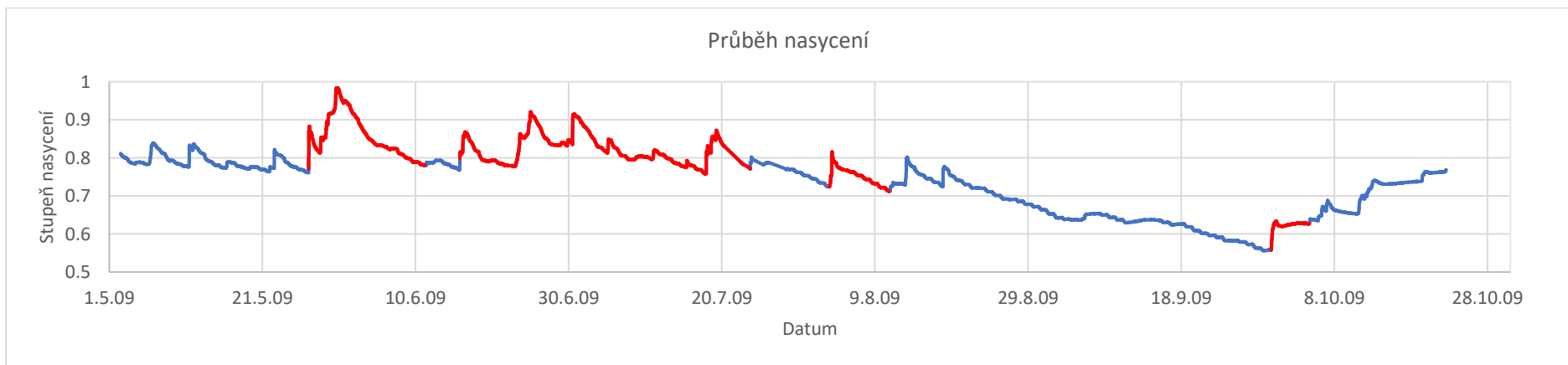
Obr. 30. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2008



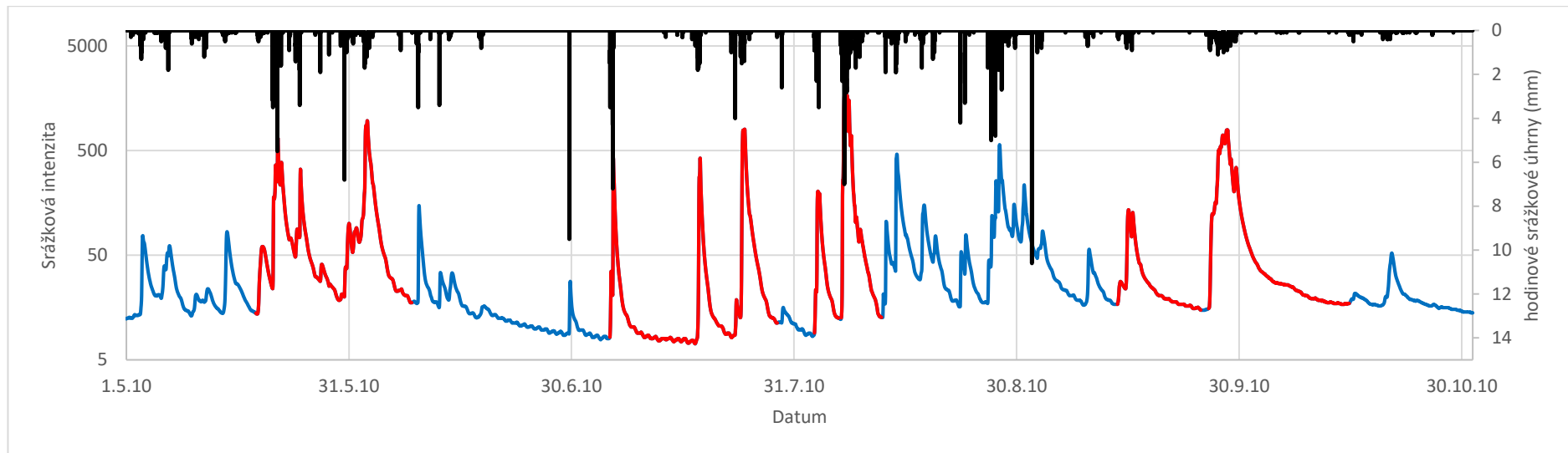
Obr. 31. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2008



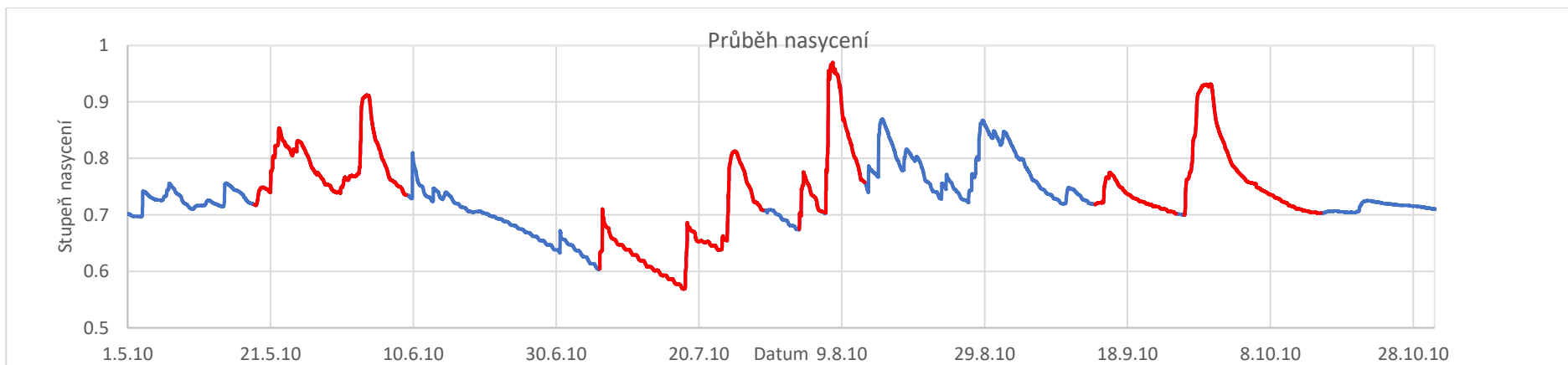
Obr. 32. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2009



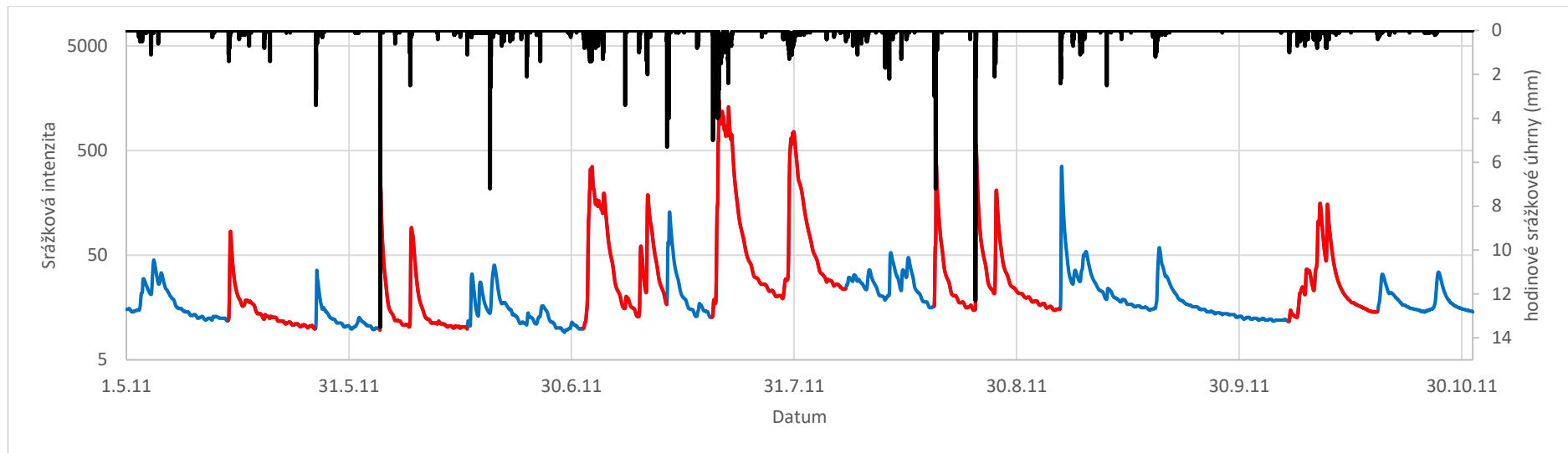
Obr. 33. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2009



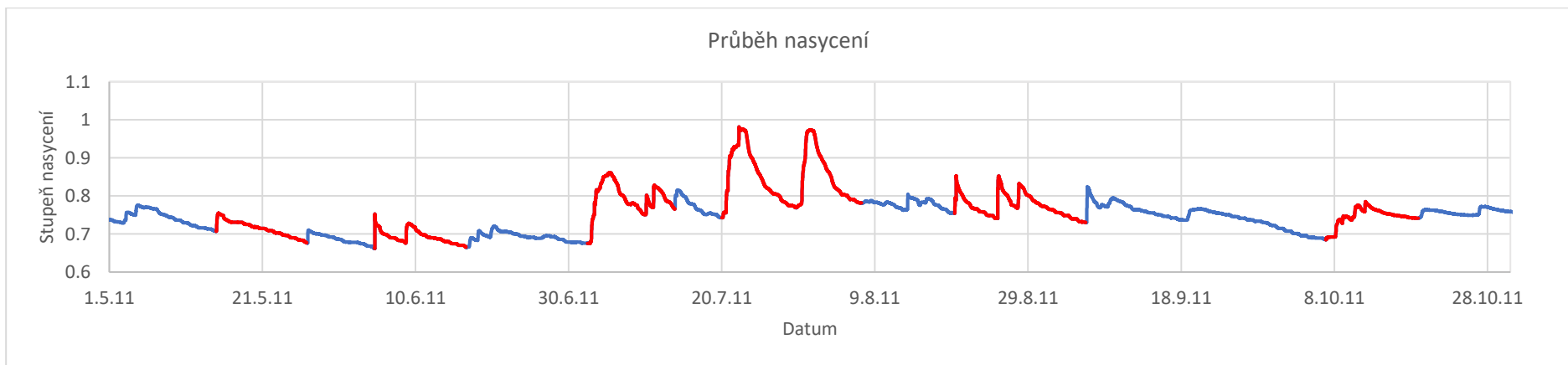
Obr. 34. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2010



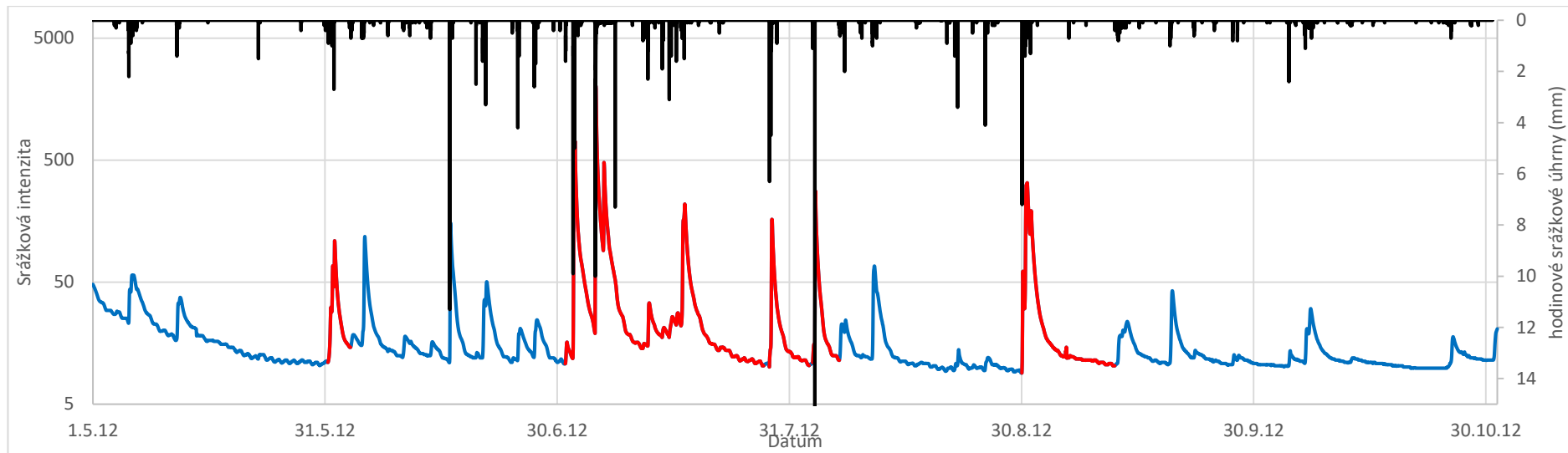
Obr. 35. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2010



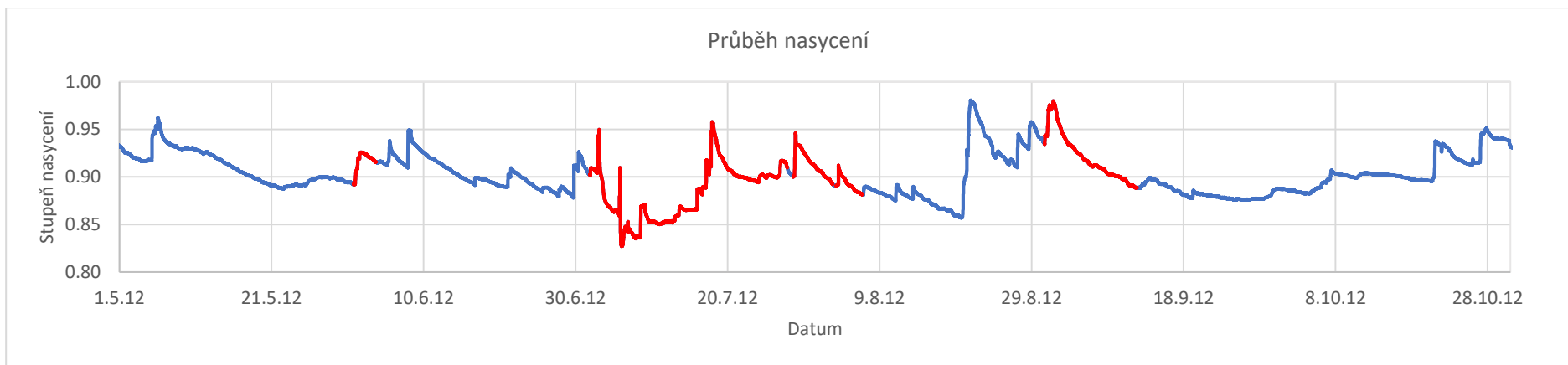
Obr. 36. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2011



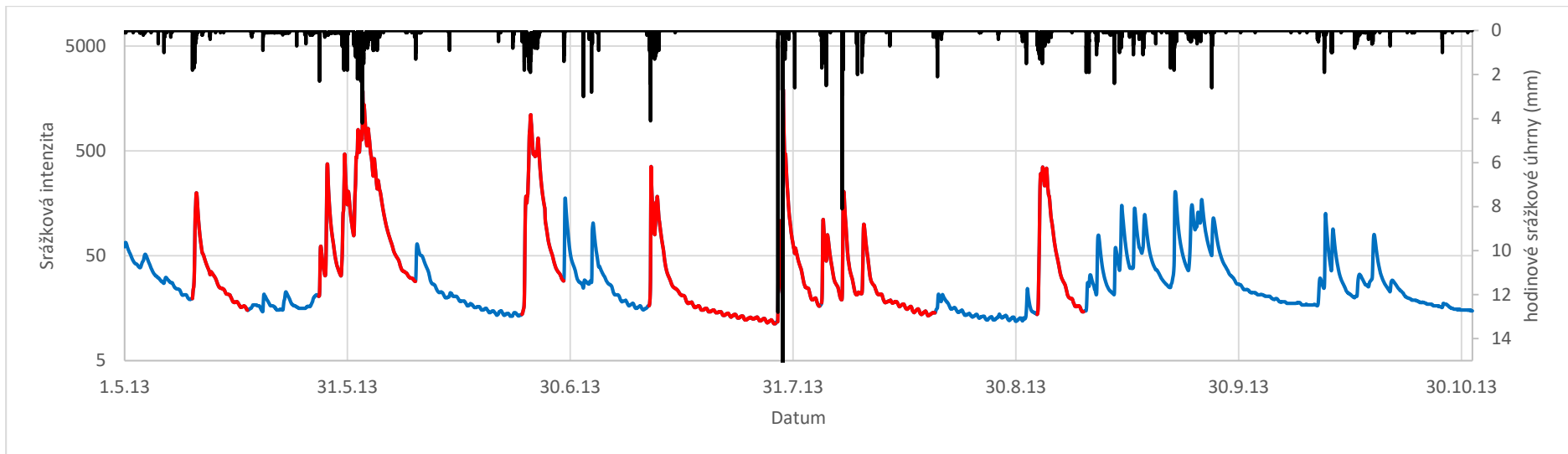
Obr. 37. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2011



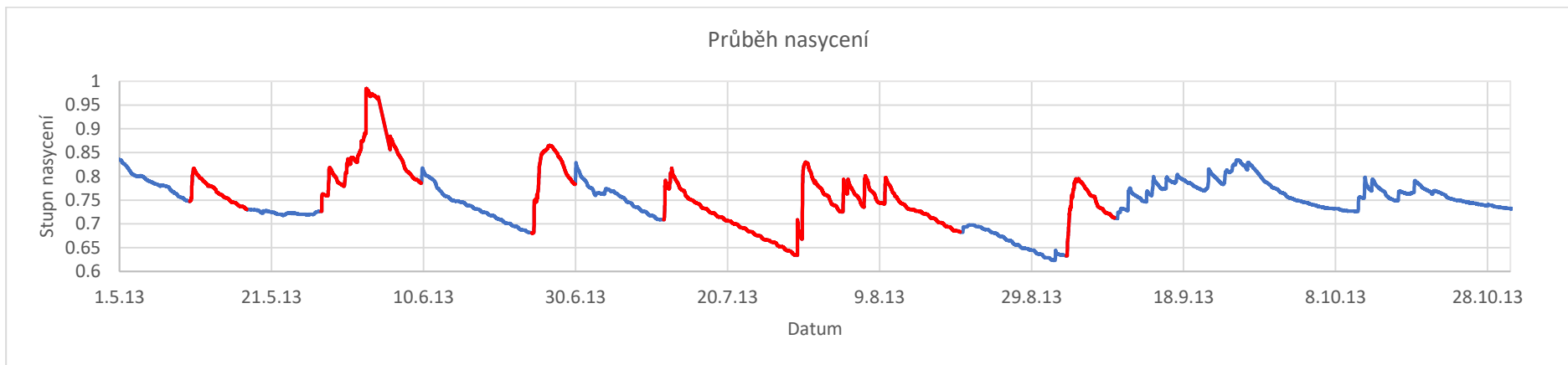
Obr. 38. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2012



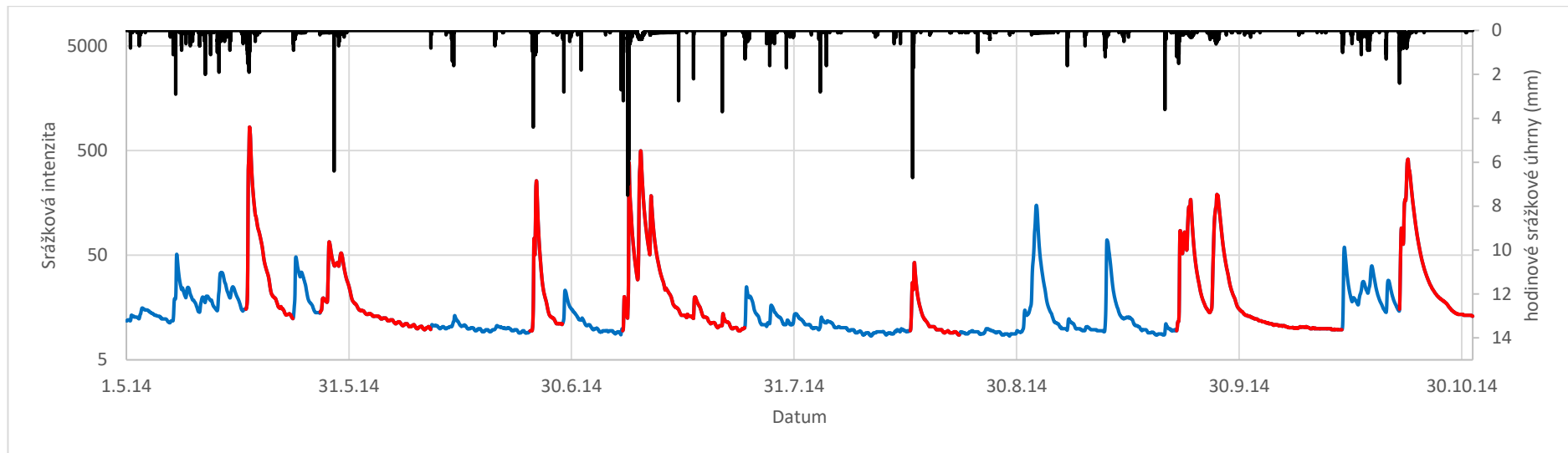
Obr. 39. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2012



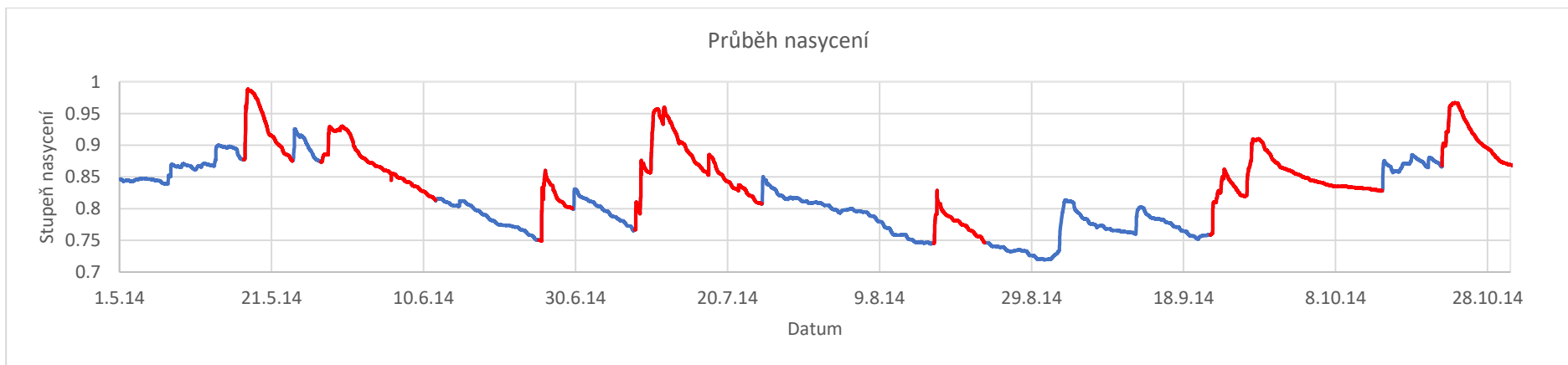
Obr. 40. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2013



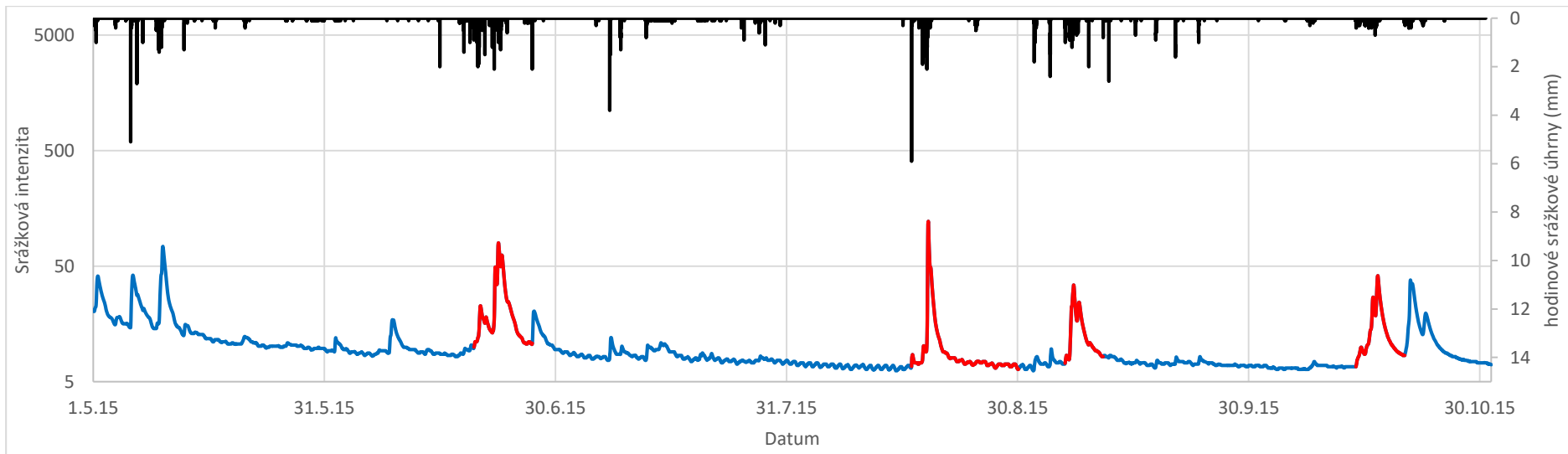
Obr. 41. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2013



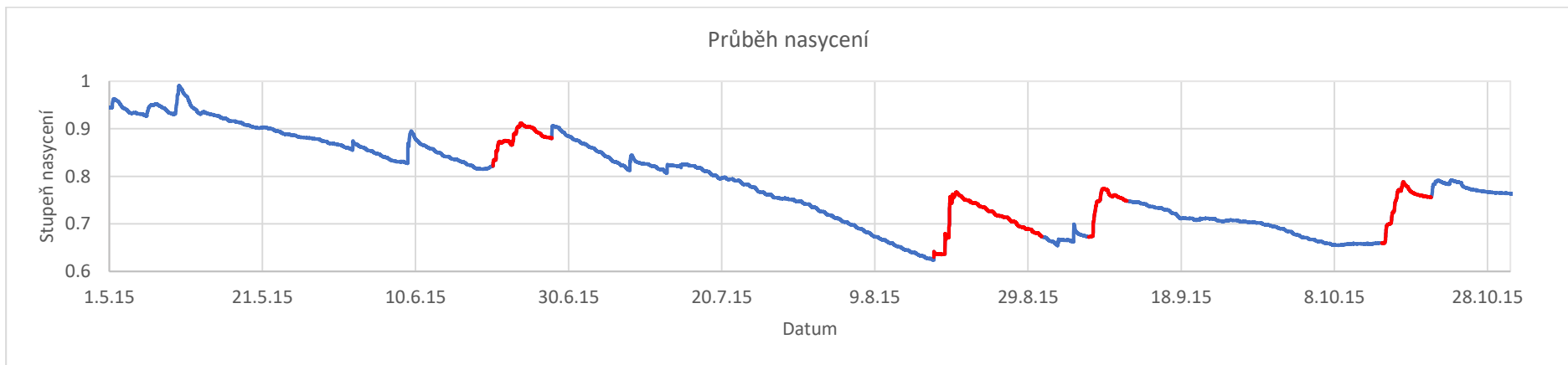
Obr. 42. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2014



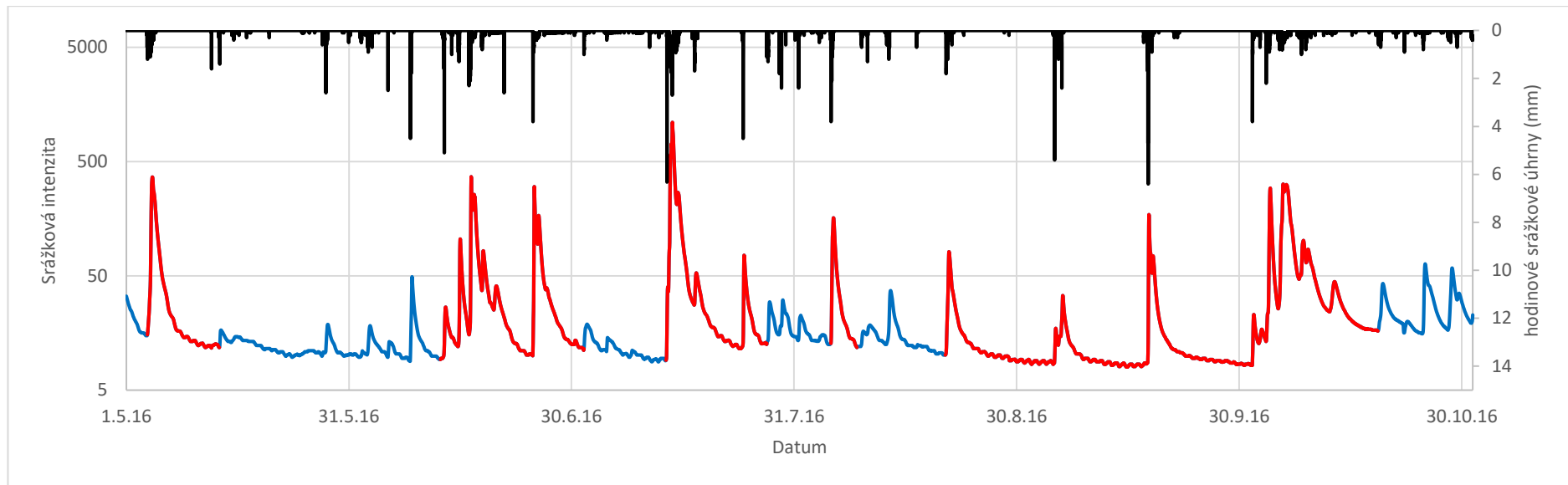
Obr. 43. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2014



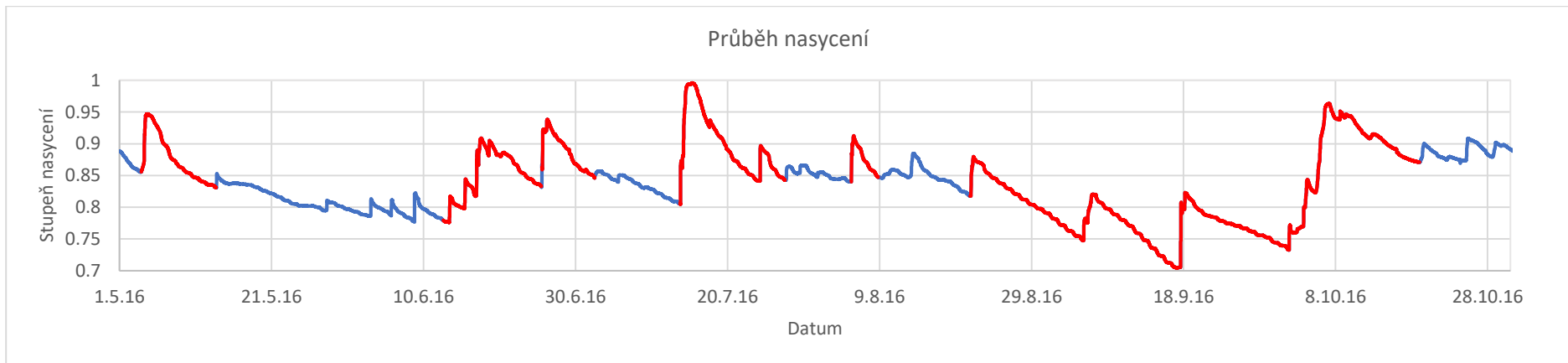
Obr. 44. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2015



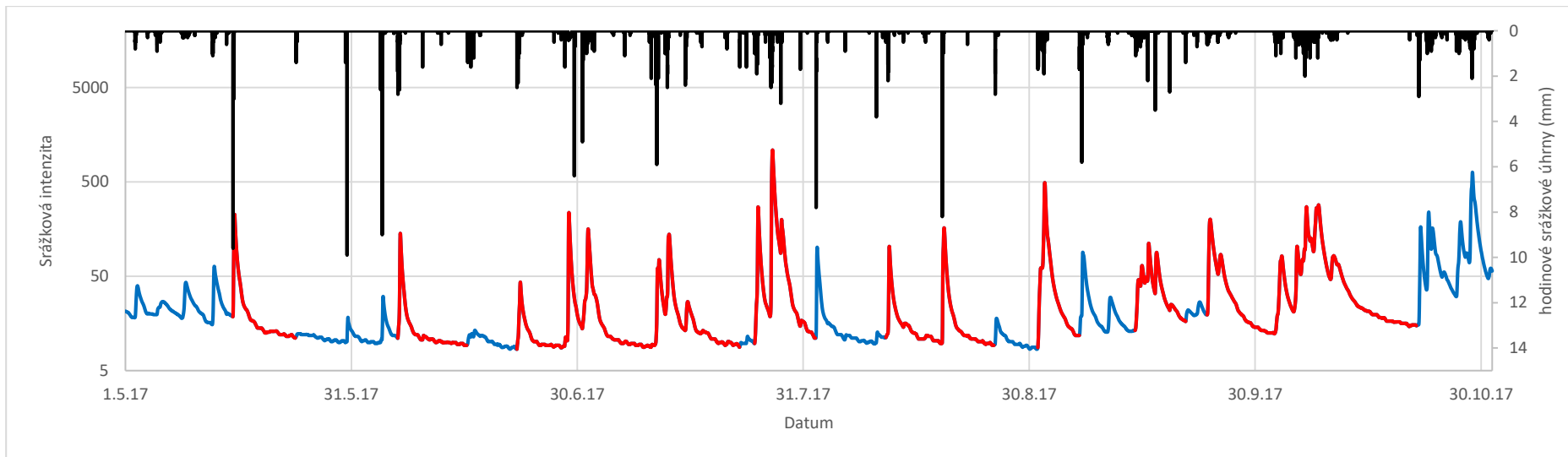
Obr. 45. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2015



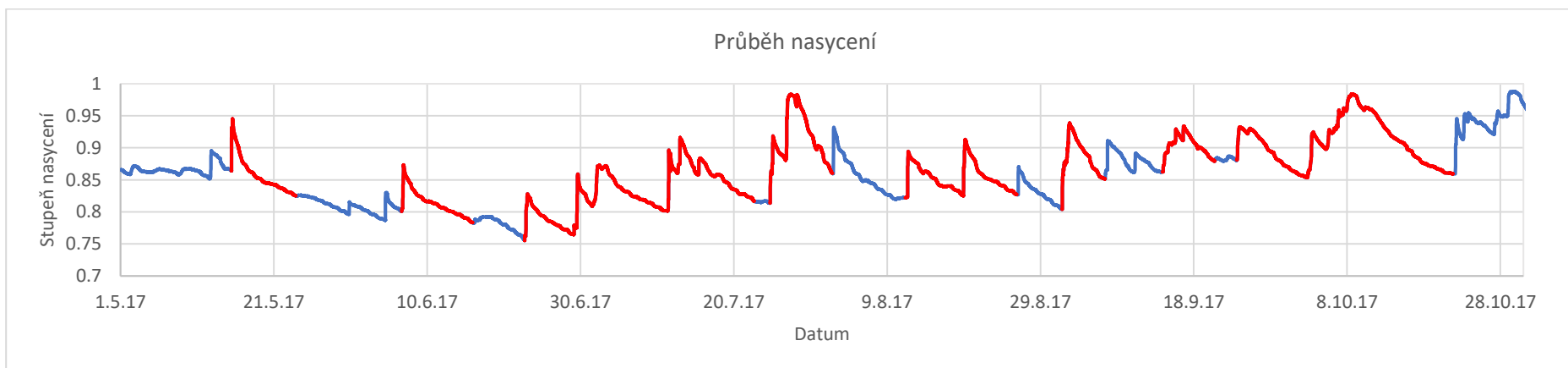
Obr. 46. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2016



Obr. 47. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2016



Obr. 48. Vykreslení srážek a odtoků v roce 2017



Obr. 49. Průběh stupně nasycení během vybraných srážkoodtokových epizod v roce 2017

5. Zdroje

- [1] Hrnčíř, M. (2005). Study of runoff formation from a small mountainous catchment in the Jizera Mountains, CR HYDRODYNAMIC APPROACH, Diplomová práce, Cranfield University
- [2] Jankovec, J. (2009). Kalibrace vlhkostního čidla pro minerální a organické půdy, Bakalářská práce, ČVUT v Praze
- [3] Kulasová, A. (2006). *docplayer.c*. Načteno z EXPERIMENTÁLNÍ HYDROLOGICKÁ ZÁKLADNA JIZERSKÉ HORY: <https://docplayer.cz/2280-Experimentalni-hydrologicka-zakladna-jizerske-hory.html>
- [4] Daňhelka, J. (8. 3 2010). <http://voda.chmi.cz/>. Načteno z EXPERIMENTÁLNÍ POVODÍ V JIZERSKÝCH HORÁCH - UHLÍŘSKÁ: http://voda.chmi.cz/ohv/exp_pov/exp_pov.html
- [5] Seznam.cz. (2020). *mapy.cz*. Načteno z <https://en.mapy.cz/zakladni?x=15.1664429&y=50.8135643&z=10&source=area&id=33>
- [6] Šanda, M. (2009). *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství*. Načteno z Čvut v Praze - Fakulta stavební: <http://storm.fsv.cvut.cz/pro-studenty/predmety/bakalarske-studijni-programy/stavebni-inzenyrstvi-bc/vodni-hospodarstvi-a-vodni-stavby-bc/hydropedologie/?lang=cz>
- [7] Šanda, M. (1999), Tvorba podpovrchového odtoku na svahu. Disertační práce. ČVUT v Praze
- [8] Šanda, M., Vitvar, T., Jankovec, J. (2018). Seasonal subsurface water contributions to baseflow in the mountains Uhlířská catchment. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Published 07 Nov 2018. Stránka 42.
- [9] Tachecí, (2002). Určení retenčních čar půdy z povodí Uhlířská pomocí nepřímých metod, Diplomová práce, ČVUT v Praze
- [10] Turistika.cz. (2. 4 2012). *turistika*. Načteno z [turistika.cz](https://www.turistika.cz/mista/jizerske-hory/detail), Jizerské hory: <https://www.turistika.cz/mista/jizerske-hory/detail>
- [11] Wikipedie, P. (3. 4 2020). *wikipedia.org*. Načteno z https://cs.wikipedia.org/wiki/Jizersk%C3%A9_hory