



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK

IDENTIFICATION OF CRITICAL PROFILES AND EVALUATION OF THEIR EROSION AND  
HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Tučka

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ,  
CSc.

BRNO 2019



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ondřej Tučka
Název	Identifikace kritických profilů a vyhodnocení jejich erozních a hydrologických charakteristik
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

---

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, 304 p. ISBN 1-4051-1781-8.
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

S využitím DMT a nástrojů GIS v určeném území identifikujte kritické profily a stanovte k nim základní charakteristiky přímého odtoku, erozní smyv a transport splavenin. Na základě identifikovaných kritických profilů a jejich sběrných ploch navrhnete v zadaném území systém komplexních ochranných opatření a vyhodnotíte jejich účinnost.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá vyhodnocením hydrologických a erozních charakteristik na určeném území, které se nachází v okolí městské části Brno - Líšeň. Dále jsou stanovena místa, kde může dojít k ohrožení intravilánu nebo dopravní či vodohospodářské stavby v extravilánu akumulovaným povrchovým odtokem. Pro tato místa byl vypočítán maximální kulminační průtok a velikost erozního smyvu za pomoci programů DesQ-MAXQ a ArcGIS.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

erozní smyv, povrchový odtok, GIS, ohrožení intravilánu

## **ABSTRACT**

The content of this thesis is to evaluate hydrologic and erosion characteristics in given area which is situated in Brno - Líšeň locality. Furthermore, there are locations determined, based on a threat for intravilan or traffic infrastructure or water infrastructure located in extravilan by an accumulated surface flow. A maximum culmination flow and erosion loss were calculated for these specific locations. Software DesQ-MAXQ and ArcGIS were used for these purposes.

## **KEYWORDS**

soil erosion by water, surface flow, GIS, intravilan threat

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Ondřej Tučka *Identifikace kritických profilů a vyhodnocení jejich erozních a hydrologických charakteristik*. Brno, 2019. 52 s., 6 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Identifikace kritických profilů a vyhodnocení jejich erozních a hydrologických charakteristik* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2019

---

Ondřej Tučka  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Identifikace kritických profilů a vyhodnocení jejich erozních a hydrologických charakteristik* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

---

Ondřej Tučka  
autor práce

## OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>3</b>
1.1. KRITICKÝ BOD A KRITICKÝ PROFIL .....	3
<b>2. AKTUÁLNÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>4</b>
2.1. OPATŘENÍ PROTI VODNÍ EROZI .....	4
<b>3. POPIS LOKALITY .....</b>	<b>6</b>
3.1. CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	6
3.2. GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	6
3.3. PŮDNÍ POMĚRY .....	8
3.3.1. <i>Popis HPJ v zájmovém území</i> .....	9
3.3.2. <i>Hydrologické skupiny půd</i> .....	12
3.4. HYDROLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA .....	13
3.5. KLIMATICKÉ POMĚRY .....	14
3.6. SKLONITOSTNÍ POMĚRY .....	16
3.7. ODTOKOVÉ POMĚRY .....	17
<b>4. URČENÍ VELIKOSTI PŘÍMÉHO ODTOKU V POVODÍ .....</b>	<b>18</b>
4.1. METODA ČÍSEL ODTOKOVÝCH KŘIVEK - CN .....	18
4.1.1. <i>Stanovení čísel CN</i> .....	18
4.1.2. <i>Výpočet objemu přímého odtoku</i> .....	19
4.1.3. <i>Stanovení celkové doby koncentrace</i> .....	20
4.1.4. <i>Stanovení kulminačního průtoku</i> .....	20
4.2. HYDROLOGICKÝ MODEL POVODÍ SE SVAHOVÝM ODTOKEM POMOCÍ PROGRAMU DESQ - MAXQ .....	21
<b>5. VODNÍ EROZE .....</b>	<b>23</b>
5.1. STANOVENÍ MÍRY EROZNÍHO OHROŽENÍ .....	24
5.1.1. <i>Faktor erozní účinnosti deště R</i> .....	24
5.1.2. <i>Faktor erodovatelnosti půdy K</i> .....	25
5.1.3. <i>Faktor délky svahu a sklonu svahu L, S</i> .....	25
5.1.4. <i>Faktor ochranného vlivu vegetace C</i> .....	26
5.1.5. <i>Faktor účinnosti protierozních opatření P</i> .....	27
<b>6. POPIS KRITICKÝCH BODŮ A KRITICKÝCH PROFILŮ A VÝPOČET ZÁKLADNÍCH CHARAKTERISTIK POVRCHOVÉHO ODTOKU .....</b>	<b>28</b>
6.1.1. <i>KP 1</i> .....	28
6.1.2. <i>KB 3</i> .....	30
6.1.3. <i>KB 4</i> .....	32
6.1.4. <i>KP 10</i> .....	34
6.1.5. <i>KP 12</i> .....	36
6.1.6. <i>KP 13</i> .....	38
6.1.7. <i>KP 15</i> .....	40
6.1.8. <i>KP 65</i> .....	42
<b>7. ZÁVĚR .....</b>	<b>46</b>
<b>8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>47</b>
<b>9. SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>49</b>

<b>10.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>50</b>
<b>11.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>51</b>
<b>12.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>52</b>

## 1. Úvod

Tato práce se zabývá určením přímého odtoku a plošného erozního smyvu. Cílem práce je identifikovat kritické body a kritické profily na stanoveném území. Území bylo vybráno v okolí mého bydliště a skládá se ze tří povodí IV. řádu. Část povodí řeky Svitavy v severovýchodní části katastrálního území města Brna, povodí Ivanovického a Černovického potoka, která jsou také součástí povodí řeky Svitavy a část povodí toku Říčka. Ze stanovených kritických bodů a profilů na zájmovém území jsem si vybral 2 kritické body a 6 kritických profilů a určil jejich sběrné plochy, hydrologické charakteristiky a průměrný roční erozní smyv. Dále jsem u těchto malých povodí provedl terénní průzkum (zejména uzávěrového profilu) a pořídil fotografie hydrologicky a hydraulicky zajímavých míst.

Identifikace těchto míst je důležitá na příklad pro návrh protipovodňových opatření pro ochranu intravilánu, zejména při přívalových deštích s vysokou intenzitou, kdy si voda vytváří dráhy soustředěného povrchového odtoku (DSO), vniká do zastavěného území a dochází tak k vysokým škodám na majetku v zasaženém území, přestože se v blízkém okolí nemusí nacházet žádný vodní tok. Srážková voda také způsobuje vodní erozi, která je poměrně velkým problémem zvláště na zemědělských půdách ČR.

### 1.1. Kritický bod a kritický profil

Kritický bod je místo, kde vytvořená dráha soustředěného povrchového odtoku protíná hranici intravilánu a voda tak vniká do zastavěné oblasti. Sběrná plocha kritického bodu musí mít velikost  $0,3 - 10,0 \text{ km}^2$ . Průměrný sklon přispívající plochy musí být  $\geq 3,5 \%$  a podíl plochy orné půdy v daném povodí je  $\geq 40\%$ . (1, s. 20)

Kritickým profilem je myšleno místo, kde se DSO kříží s hranicí intravilánu, ale sběrná plocha je  $\leq 0,3 \text{ km}^2$ . Nebo také tam, kde DSO ohrožuje vodní díla, dopravní stavby a další infrastrukturu mimo zastavěné území. V takovém případě je uvažována i sběrná plocha  $\geq 0,3 \text{ km}^2$ .

## 2. Aktuální stav řešené problematiky

Voda má v krajině zásadní roli a dává život veškeré vegetaci, živočichům a člověku. Proto je třeba dělat všechno pro to, abychom si ji v krajině udrželi a snižovali projevy sucha. Kromě jejího blahodárného vlivu známe i její negativní účinky pro člověka. Jedním z nich jsou přívalové povodně způsobené přívalovými dešti. Při dostatečném srážkovém úhrnu dochází k akumulaci povrchového odtoku a tvoří se DSO. Srážková voda těmito drahami vniká do intravilánu a způsobuje škody.

S povrchovým odtokem je také spojen vznik vodní eroze na místech, která k tomu mají hydrologické a geologicko-pedologické předpoklady. Zásadní vliv na výskyt a míru vodní eroze na orné půdě má způsob hospodaření člověkem. Nejen v ČR je rozšířeno takzvané velkoplošné zemědělství, kdy na prvním místě je ekonomická produkční hodnota dané plodiny s co nejmenšími náklady na její vypěstování a často jsou ignorovány negativní důsledky tohoto způsobu zemědělství. Půdní bloky mohou být tvořeny i z několika stovek hektarů orné půdy bez jakékoliv ochrany proti vodní či větrné erozi. To má za následek například postupné mizení ornice a živin z půdy, které se dostávají do vodních toků a způsobují eutrofizaci a snížení kvality vody nejen v tocích, ale i ve vodních nádržích. Splaveniny z polí také snižují průtočný profil toku a zvyšují niveletu dna, a pokud se dostanou do vodních nádrží, snižují její objem a kvalitu vody. Zadržovaná voda v nádržích může být využívána po úpravě pro zásobení obyvatelstva pitnou vodou. Bohužel se do ní dostávají pesticidy a různá chemická hnojiva ze zemědělské půdy.

Roční zpráva o stavu vodního hospodářství ČR za rok 2017 ve svých poznámkách uvádí, že z celkové výměry 4,18 mil. hektarů zemědělské půdy v ČR je více než 60% ohroženo vodní erozí a přibližně 10% erozí větrnou. Maximální ztráta půdy je 21 mil. tun za rok. Po vyčíslení poškozeného majetku a ceny půdy se škody odhadují v řádech 10 mld. Kč každý rok. (2, s. 44)

Existuje řada protierozních opatření, kterými lze tyto škody snižovat.

### 2.1. Opatření proti vodní erozi

Protierozní opatření rozdělujeme na organizační, agrotechnická a technická. Aby byla tato opatření účinná, je třeba navrhnout komplexní systém těchto opatření. (3, s. 54)

Mezi organizační protierozní opatření patří uspořádání pozemku (tvar a velikost), pásové střídání plodin nebo protierozní rozmísťování plodin, kde se střídají erozně nebezpečné plodiny s erozně bezpečnými a delimitace kultur. Tím je myšleno například ochranné zatravnění DSO nebo ochranné zalesnění. (3, s. 54-57)

Půda, která nemá žádný vegetační kryt, je velice náchylná k erozi. Tento problém řeší agrotechnická protierozní opatření. Patří sem například ponechání posklizňových zbytků, setí do mulče, vymrzající meziplodiny nebo strniště, vysetí obilních pásů po vrstevnicích,

hrázkování, důlkování, které brání povrchovému odtoku a retenuje vodu na obdělávaném území. (3, s. 57-71)

Technickými protierozními opatřeními rozumíme vybudování protierozních průlehů, příkopů, hrázek, mezí, nádrží nebo zbudování teras, které sníží sklon území pomocí stupňů.

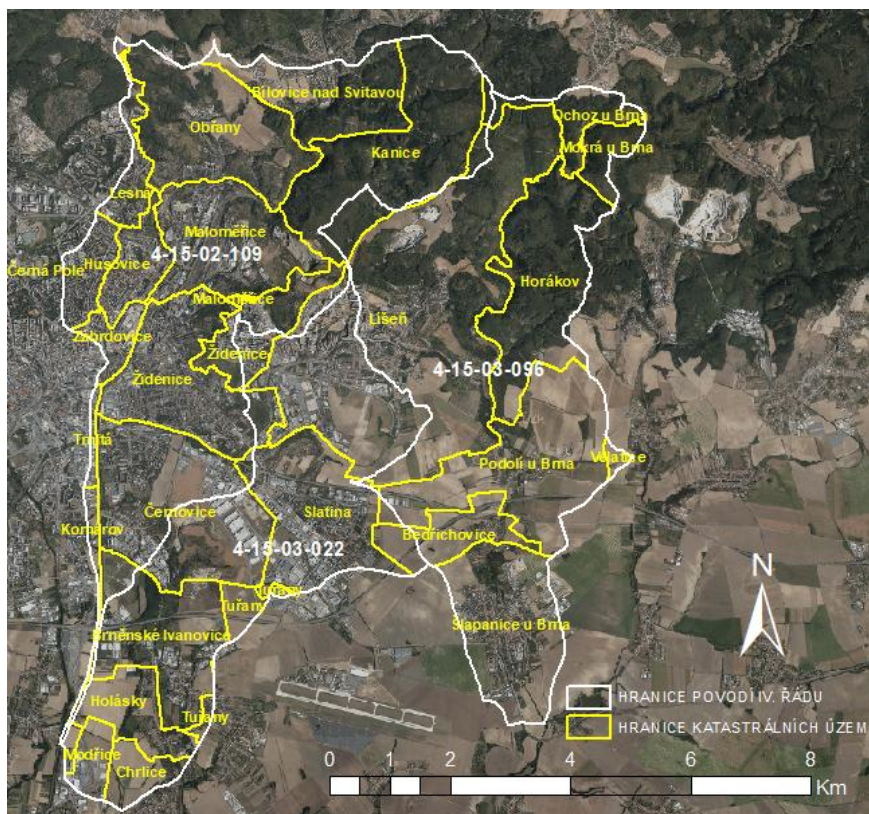
(3, s. 72)

Ochranu před povodněmi, různá vodohospodářská opatření, opatření proti větrné a vodní erozi, k ochraně a tvorbě životního prostředí, ke zpřístupnění pozemků, vyrovnání majetkoprávních vztahů a mnoho dalšího umožňují pozemkové úpravy pod záštitou státního pozemkového úřadu. (4)

### 3. Popis lokality

#### 3.1. Charakteristika zájmového území

V zájmovém území se nachází část města Brna a další obce ležící na východ (některé jen z části): (městské části Brna: Lesná, Černá Pole, Vinohrady, Líšeň, Židenice, Maloměřice, Tuřany, Slatina, Obřany, Černovice, Husovice, Zábřovice, Trnitá, Komárov, Holásky, Brněnské Ivanovice a Chrlice), Šlapanice, Podolí, Bedřichovice, Kanice, Bílovice nad Svitavou, Ochoz u Brna, Mokrá u Brna a Modřice. Celková plocha zájmového území je 83 km<sup>2</sup>. Územím protéká vodní tok Říčka s přírodními rezervacemi Údolí říčky, U staré vápenice a Velký Hornek, jež je součástí Chráněné krajinné oblasti Moravský kras. Kolem Říčky se nachází řada jeskyní, z nichž nejznámější je jeskyně Pekárna, která je díky své historii vedena jako kulturní památka České republiky. Dále se zde nachází národní přírodní rezervace Hádecká planinka, která skýtá vzácné druhy rostlin a živočichů a přírodní park Velká Klajdovka. Během turistické sezóny tuto krásnou destinaci navštěvuje mnoho lidí.



Obr. 1. Letecký snímek povodí IV. řádu a příslušných katastrálních území

#### 3.2. Geologické poměry

V jižní části v okolí města Šlapanice a obcí Velatice a Podolí se vyskytuje především spraš a sprašová hlína. Od středu zájmového území, městské části Brno – Líšeň, a dále na

východ přes obec Mokrá – Horákov můžeme najít především slepence a droby. V údolí řeky Říčky potom zase nivní sediment.

Zájmové území je situováno na čtyřech geologických oblastech a ostatních horninách, které vyplňují místa mezi následujícími oblastmi:

#### **Moravský kras a okolí Brna:**

- geografické období mezozoikum (druháohory)
  - jura
    - hornina: vápenec

#### **Moravskoslezská oblast**

- geografické období paleozoikum (prvohory):
  - karbon
    - horniny: pískovce, jílovité břidlice, droby a slepence
  - karbon – devon
    - horniny: křemité břidlice, vápenec, brekcie a hlíznaté vápenec
  - devon
    - horniny: vápenec, dolomity, arkózy a slepence

#### **Brunovistulikum (jihovýchodní okraj Českého masívu) (5)**

- geografické období proterozoikum (starohory)
  - neoproterozoikum
    - horniny: granodiorit, diorit, zelená břidlice, pararula až migmatid, pegmatit, porfýr, porfýrit

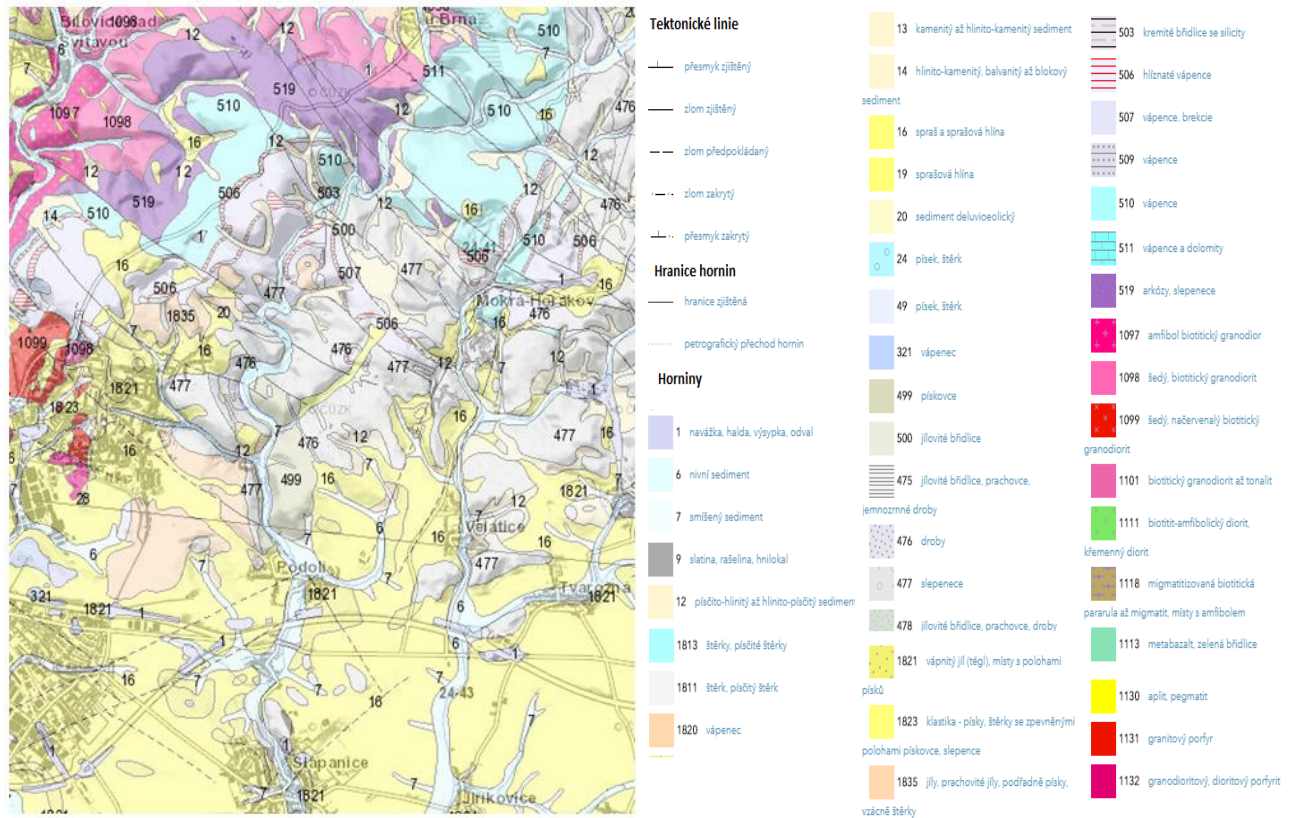
#### **Karpatská předhlubeň**

- geografické období kenozoikum
  - neogén
    - horniny: štěrky, písčité štěrky, vápenec, jílní, vápenný jílní, prachovitý jílní, slepence a klastika

#### **Ostatní horniny**

- navážka, slatina, rašelina, spraš, sprašová hlína, písek, štěrk, nivní sediment, smíšený sediment a další sedimenty

(6, převzato z dynamické legendy geovědních map 1:50 000)

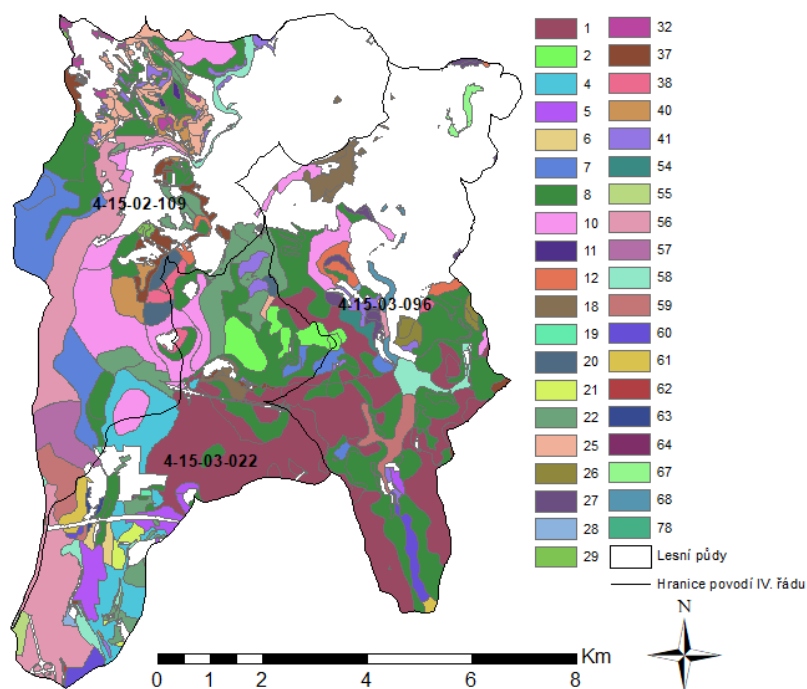


Obr. 2. Geologická mapa zájmového území (6)

### 3.3. Půdní poměry

Z mapy půdních poměrů níže si můžeme povšimnout široké škály půdních typů, vyskytujících se na zájmovém území. Ty nejvíce zastoupené jsou kambizemě ve střední části (Kanice, Brno – Líšeň, Mokrý – Horáková a Velatice) a černozemě v jižní části (Brno - Slatina, Bedřichovice, Podolí a Šlapanice). V údolí řeky Říčky jsou to pak fluvizem a glej.





Obr. 4. Hlavní půdní jednotky v zájmovém území

Číslo HPJ	Popis
1	Černoze země modální, černoze země karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem
2	Černoze země luvické na sprašových pokryvech, středně těžké, bez skeletu, převážně s příznivým vodním režimem
4	Černoze země arenické na píscích nebo na mělkých spraších (maximální překryv do 30 cm) uložených na píscích a štěrkopíscích, zrnitostně lehké, bezskeletovité, silně propustné půdy s výsušným režimem
5	Černoze země modální a černoze země modální karbonátové, černoze země luvické a fluvizemě modální i karbonátové na spraších s mocností 30 až 70 cm na velmi propustném podloží, středně těžké, převážně bezskeletovité, středně výsušné, závislé na srážkách ve vegetačním období
6	Černoze země pelické a černoze země černické pelické na velmi těžkých substrátech (jílech, slínech, karpatském flyši a terciálních sedimentech), těžké až velmi těžké s vylehčeným orničním horizontem, ojediněle štěrkovité, s tendencí povrchového převlhčení v profilu
7	Smonice modální a smonice modální karbonátové, černoze země pelické a černoze země černické pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, celoprofilově velmi těžké, bezskeletovité, často povrchově periodicky převlhčované
8	Černoze země modální a černoze země pelické, hnědozemě, luvizemě, popřípadě i kambizemě luvické, smyté, kde dochází ke kultivaci přechodného horizontu nebo substrátu na ploše větší než 50 %, na spraších, sprašových a svahových hlínách, středně těžké i těžší, převážně bez skeletu a ve vyšší sklonitosti
10	Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na spraších, středně těžké s mírně těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vláhovými poměry až sušší
11	Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na sprašových a soliflukčních hlínách (prachovicích), středně těžké s těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vlhkostními poměry

12	Hnědozemě modální, kambizemě modální a kambizemě luvické, všechny včetně slabě oglejených forem na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké s těžkou spodinou, až středně skeletovité, vododržné, ve spodině s místním převlhčením
18	Rendziny modální, rendziny kambické a rendziny vyluhované na vápencích a travertinech, středně těžké lehčí až těžké, slabě až středně skeletovité, méně vododržné
19	Pararendziny modální, kambické i vyluhované na opukách a tvrdých slínovcích nebo vápnitých svahových hlínách, středně těžké až těžké, slabě až středně skeletovité, s dobrým vláhovým režimem až krátkodobě převlhčené
20	Pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností, převážně bez skeletu, ale i středně skeletovité, často i slabě oglejené
22	Půdy jako předcházející HPJ 21 na mírně těžších substrátech typu hlinitý písek nebo písčité hlína s vodním režimem poněkud příznivějším než předcházející
25	Kambizemě modální a vyluhované, eubazické až mezobazické, výjimečně i kambizemě pelické na opukách a tvrdých slínovcích, středně těžkým flyši, permokarbonu, středně těžké, až středně skeletovité, půdy s dobrou vodní kapacitou
26	Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry
27	Kambizemě modální eubazické až mezobazické na pískovcích, drobách, kulmu, brdském kambriu, flyši, zrnitostně lehké nebo středně těžké lehčí, s různou skeletovostí, půdy výsušné
28	Kambizemě modální eubazické, kambizemě modální eutrofní na bazických a ultrabazických horninách a jejich tufech, převážně středně těžké, bez skeletu až středně skeletovité, s příznivými vlhkostními poměry, středně hluboké
29	Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry
32	Kambizemě modální eubazické až mezobazické na hrubých zvětralinách, propustných, minerálně chudých substrátech, žulách, syenitech, granodioritech, méně ortorulách, středně těžké lehčí s vyšším obsahem grusu, vláhově příznivější ve vlhčím klimatu
37	Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podornici od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách
38	Půdy jako předcházející HPJ 37, zrnitostně však středně těžké až těžké, vzhledem k zrnitostnímu složení s lepší vododržností
40	Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovostí, vláhově závislé na klimatu a expozici
41	Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry
54	Pseudogleje pelické, pelozemě oglejené, pelozemě vyluhované oglejené, kambizemě pelické oglejené, pararendziny pelické oglejené na slínech, jílech mořského neogenu a flyše a jílovitých sedimentech limnického terciéru (sladkovodní svrchnokřídové a tercierní uloženiny), těžké až velmi těžké, s velmi nepříznivými fyzikálními vlastnostmi

56	Fluvizemě modální eubazické až mezobazické, fluvizemě kambické, koluvizemě modální na nivních uloženinách, často s podložím teras, středně těžké lehčí až středně těžké, zpravidla bez skeletu, vláhové příznivé
57	Fluvizemě pelické a kambické eubazické až mezobazické na těžkých nivních uloženinách, až velmi těžké, bez skeletu, příznivé vlhkostní poměry až převlhčení
58	Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé
59	Fluvizemě glejové na nivních uloženinách, těžké i velmi těžké, bez skeletu, vláhové poměry nepříznivé, vyžadují regulaci vodního režimu
60	Černice modální i černice modální karbonátové a černice arenické na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké, bez skeletu, příznivé vláhové podmínky až mírně vlhčí
61	Černice pelické i černice pelické karbonátové na nivních uloženinách, sprašových hlínách, spraších, jílech i slínech, těžké i velmi těžké, bez skeletu, sklon k převlhčení
62	Černice glejové, černice glejové karbonátové na nivních uloženinách, spraši i sprašových hlínách, středně těžké i lehčí, bez skeletu, dočasně zamokřené spodní vodou kolísající v hloubce 0,5 - 1 m
63	Černice pelické glejové i karbonátové na nivních uloženinách, jílech a slínech, těžké a velmi těžké, bez skeletu, nepříznivé vláhové poměry v důsledku vysoké hladiny spodní vody
64	Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slínitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité
67	Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné
68	Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymezitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim
78	Hluboké strže přesahující 3 m, s nemapovatelým zastoupením hydromorfních půd glejů, pseudoglejů a koluvizemí všech subtypů s výrazně nepříznivými vlhkostními poměry, pro zemědělství nevhodné.

Tab. 1. *Popis jednotlivých hlavních půdních jednotek (9)*

### 3.3.2. Hydrologické skupiny půd

Hydrologický stav půd je významným faktorem při určení přímého odtoku. Udává, kolik srážkové vody je daná půda schopna vsáknout, a tedy snížit odtok. Podle minimálních rychlostí infiltrace do půdy dělíme půdy z hydrologického hlediska na čtyři skupiny.

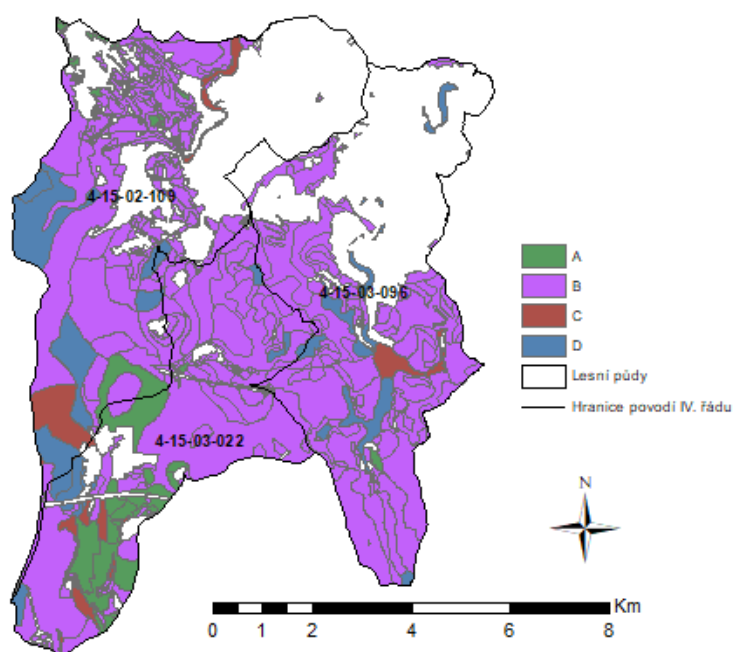
**Skupina A:** Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12$  mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky a šterky. (3, s. 29)

**Skupina B:** Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12$  mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité. (3, s. 29)

**Skupina C:** Půdy s nízkou rychlostí infiltrace (0,02 – 0,06 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité. (3, s. 29)

**Skupina D:** Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace (< 0,02 mm/min) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím. (3, s. 29)

Příslušná skupina se určí pomocí druhého a třetího čísla kódu BPEJ – hlavních půdních jednotek HPJ (převodová tabulka viz Janeček 2013 str. 29). Z mapy níže si lze povšimnout, že největší část zájmového území zaujímá skupina B, tedy půdy se střední rychlostí infiltrace. V jižní části povodí 4-15-03-022 je dokonce ve velké míře zastoupena skupina A. Hydrologická skupina půd D se vyskytuje jen občasně. Z tohoto hlediska má půda dobré předpoklady zadržet hodně vody a zmírnit tak přímý odtok v DSO. Na orné půdě také závisí na jejím využití zemědělci a celkově také na předchozím nasycení půdy.



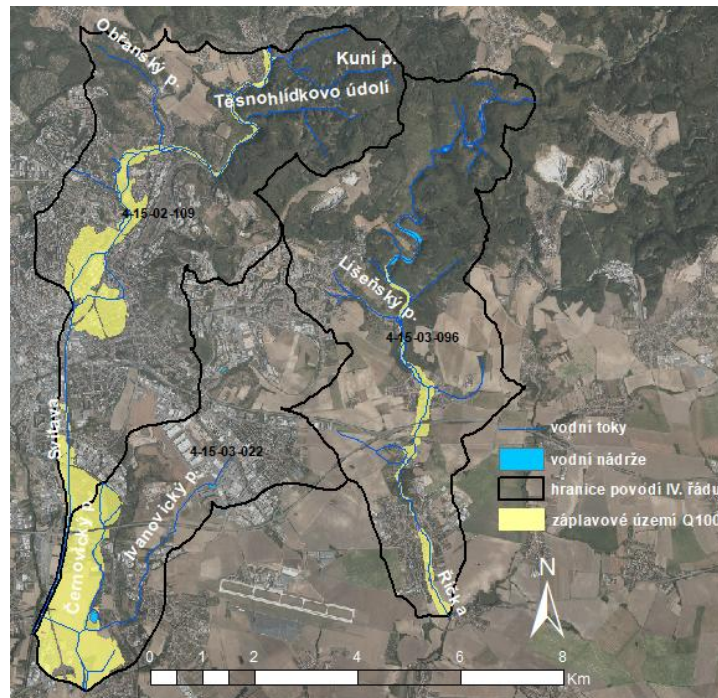
Obr. 5. Mapa hydrologických skupin půd

### 3.4. Hydrologická charakteristika

Nejvýznamnějším vodním tokem je potok Říčka (Zlatý potok, ČHP 4-15-03-096). Pramení jihovýchodně od obce Bukovinka a teče na jihozápad přes Ochoz u Brna, tvoří hranici mezi katastrálními územími Brno – Líšeň a Mokrá – Horákov, kde se do ní vlévá Líšeňský potok jako pravostranný přítok. Říčka dále pokračuje na jih a v obci Měnin se vlévá do Litavy jako její pravostranný přítok. Na vodním toku Říčka je zbudována soustava vodních nádrží: U Kadlcova mlýna, Pod Hrádkem a U Muchovy boudy. (10)

V západní části zájmového území je situována část povodí řeky Svitavy (ČHP 4-15-02-109), do které ústí Obřanský potok a tok Těsnohlídkova údolí. Řeka Svitava se těsně před katastrálním územím města Modřice vlévá jako levostranný přítok do řeky Svratky.

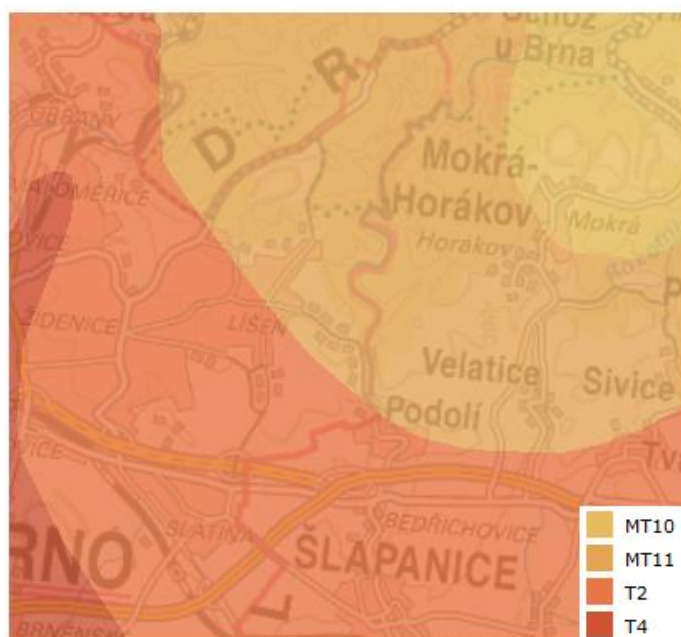
Ivanovický potok, který se vlévá do řeky Svratky jako její levostranný přítok, tvoří společně s Černovickým potokem, který se vlévá do Ivanovického potoka, třetí a poslední povodí IV. řádu v zájmovém území (ČHP 4-15-03-022).



Obr. 6. Mapa hydrologických charakteristik a záplavového území Q100

### 3.5. Klimatické poměry

Podle Quittovy klimatické klasifikace spadá zájmové území do čtyř klimatických oblastí: teplých T2, T4 a mírně teplých MT10, MT11. Nejvíce zastoupené jsou však oblasti T2 – teplá a MT11 – mírně teplá. Charakteristiky jednotlivých oblastí jsou uvedeny níže v tabulce.



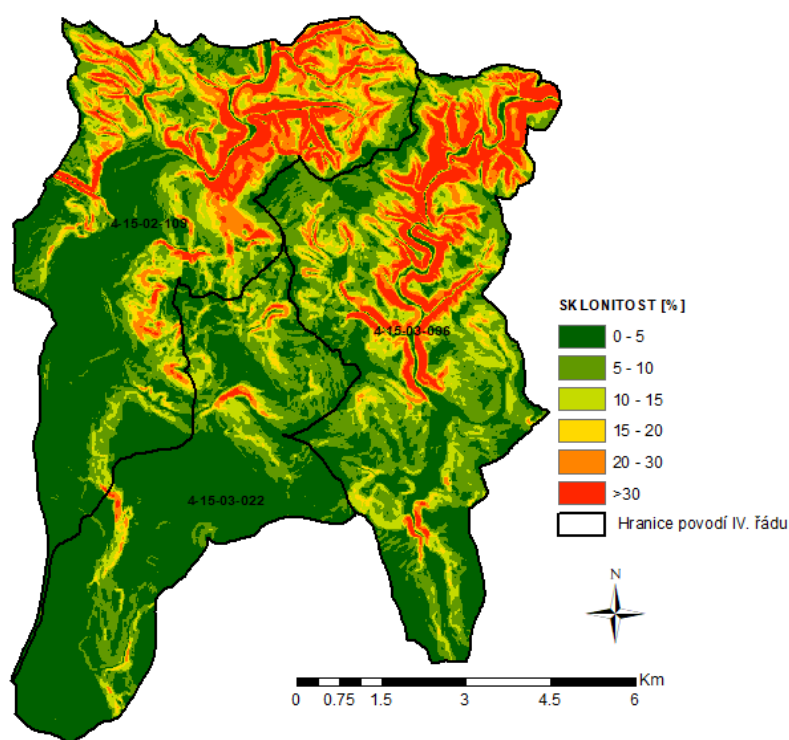
Obr. 7. Mapa klimatických poměrů (11)

Klimatické oblasti	Teplá		Mírně teplá	
	T2	T4	MT10	MT11
Počet letních dní	50 - 60	60 - 70	40 - 50	
Počet dní s teplotou minimálně 10°C	160 - 170	170 - 180	140 - 160	
Počet mrazových dní	100 - 110		110 - 130	
Počet ledových dní	30 - 40		30 - 40	
Průměrná teplota v lednu	(-3) - (-4)		(-2) - (-3)	
Průměrná teplota v dubnu	8 - 9	9 - 10	7 - 8	
Průměrná teplota v červenci	18 - 19	19 - 20	17 - 18	
Průměrná teplota v říjnu	7 - 9	9 - 10	7 - 8	
Počet dní se srážkami alespoň 1mm	90 - 100	80 - 90	100 - 120	90 - 100
Srážkový úhrn ve vegetačním období	350 - 400	300 - 350	400 - 450	350 - 400
Srážkový úhrn v zimním období	200 - 300		200 - 250	
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40 - 50		50 - 60	
Počet jasných dní	120 - 140	110 - 120	120 - 150	
Počet zatažených dní	40 - 50	50 - 60	40 - 50	

Tab. 2. Tabulka charakteristiky klimatických oblastí na zájmovém území (12)

### 3.6. Sklonitostní poměry

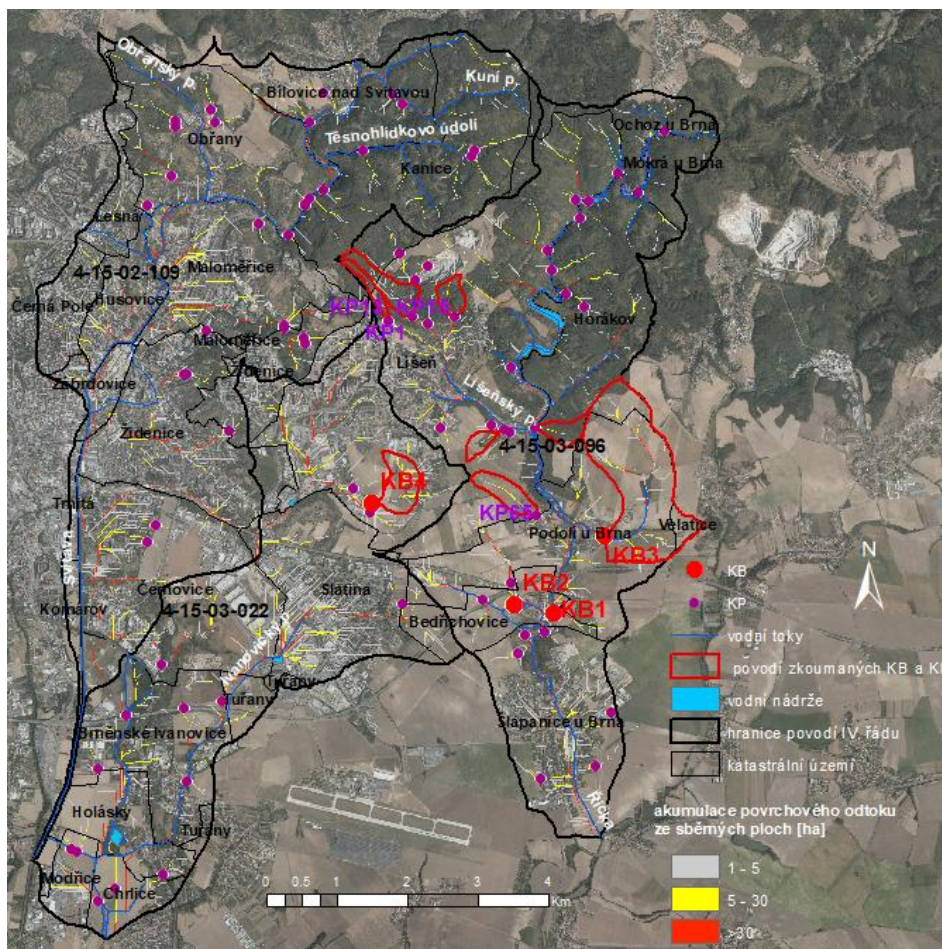
Mapa sklonitostních poměrů uvedená níže ukazuje, že největší sklony terénu se nachází v údolích kolem vodních toků. Zejména v severní části západního povodí IV. řádu (ČHP 4-15-02-109) v Těsnohlídkově údolí a v okolí Kuního potoka. Dále pak v severovýchodní části zájmového území v okolí toku Říčka, kde poměrně velkou část území zaujmají svahy se sklonitostí více než 30%. (10, ČHP)



*Obr. 8. Mapa sklonitosti svahů v %*

### 3.7. Odtokové poměry

V zájmovém území jsem za pomoci programu ArcGIS identifikoval 4 kritické body se sběrnou plochou větší než  $0,3 \text{ km}^2$ , se zastoupením orné půdy více než 40% a 75 kritických profilů. Z nich jsem vybral 2 kritické body (KB3 a KB4) a 6 kritických profilů (KP1, KP10, KP12, KP13, KP15 a KP 65). Pouze jejich sběrné plochy (celkem 8) jsou vyznačeny červeně na obrázku níže. Kritických profilů se v zájmovém území nachází poměrně mnoho. Velká část z nich se nachází poblíž vodního toku (Svitava, Ivanovický p., Říčka), a mohou tak způsobit znečištění vodního toku nebo nádrže. Problém může nastat v místech, kde je průtočný profil nějak omezen. Naplaveniny ze sběrného povodí mohou ucpat průtočný profil a může dojít k rozlívání toku do okolí a poškození objektů na toku.



Obr. 9. Mapa odtokových poměrů a identifikovaných kritických bodů a profilů

## 4. Určení velikosti přímého odtoku v povodí

V následující kapitole budou podrobně popsány výpočtové metody, které jsem použil pro vyhodnocení přímého odtoku ze sběrných povodí identifikovaných kritických bodů a kritických profilů.

K přímému odtoku dochází poté, co se půda dostatečně nasytí a srážková voda se začíná akumulovat. Přímý odtok se skládá ze dvou složek: povrchový odtok (nahromaděná voda odtéká po povrchu terénu) a hypotermický odtok (voda odtéká blízko pod povrchem terénu svrchní vrstvou půdy a nakonec se dostane do dráhy soustředěného odtoku DSO). (13)

Určit míru přímého odtoku z daného přírodního skutečného povodí je velice komplikované, až nemožné, bez přímého měření hydrologických charakteristik. Bylo by třeba dlouhodobě sledovat průtoky v uzávěrových profilech. Taková měření se provádí spíše na větších tocích, zřídka na tocích tak malých rozměrů jako v povodích, která budu popisovat dále. Je tedy třeba použít metody, které jsou založené na hydrologických charakteristikách povodí. (3, s. 26)

Ke stanovení velikosti přímého odtoku jsem použil dvě metody. Obě metody vyžadují pro svůj výpočet stanovení čísel CN a návrhový déšť, který jsem uvažoval pro všechna povodí stejný – denní maximální srážkový úhrn pro N-100 let. Hodnota pro Brno - Husovice je převzata z tabulek, které pro ČSSR zpracovali autoři Šamaj, Valovič a Brázdil ve své publikaci Maximálně denné úhrny atmosferických zrážek v ČSSR (1982), a které také používá program DesQ – MAXQ. Výpočet je omezen na menší povodí se sběrnou plochou do 10 km<sup>2</sup>. Geometrické, půdní, sklonitostní poměry a způsob využívání pozemků jsem převzal z charakteristik přírodních povodí prostřednictvím metod GIS a terénního průzkumu. (14)

### 4.1. Metoda čísel odtokových křivek - CN

Tato metoda byla odvozena hydrology v USA pro potřebu ochrany půdy. Jedná se o poměrně jednoduchý výpočet, který není náročný na potřebné vstupy. Využívají ho projektanti například při návrhu plánu společných zařízení v pozemkových úpravách pro výpočet návrhového maximálního průtoku v DSO. Podle toho se pak navrhnou různá protierozní opatření. Pomocí odtokových křivek se určuje transformace objemu srážkového úhrnu na objem přímého odtoku.

#### 4.1.1. Stanovení čísel CN

Čísla CN závisí na třech parametrech:

- a. *Hydrologické vlastnosti půd*: dělí se na čtyři skupiny A, B, C, D. Tato problematika je podrobněji popsána v kapitole 2.3.2. s názvem Hydrologické skupiny půd. (3, s. 28)

- b. *Vlhkost půdy*: je rozdělena do tří stupňů na základě předchozího pětidenního úhrnu srážek – indexu předchozích srážek IPS, kde IPS I odpovídá suché půdě, IPS II střednímu nasycení a u IPS III je půda přesycena vodou. (3, s. 28)
- c. *Využití půdy*: způsob, jakým je půda využita (pastviny, louky, křoviny, sady, komunikace, způsob obdělávání orné půdy a nezpevněné plochy) a její hydrologické podmínky velice ovlivňují odtokové poměry v daném území. Na orné půdě rozlišujeme pastviny s pokryvem, víceleté pícniny, úzkořádkové a širokořádkové plodiny. Dále také způsob obdělávání (posklizňové zbytky, vrstevnicové obdělávání, pásově pěstované plodiny a přímé řádky bez ohledu na sklon svahu) a hydrologické podmínky (špatné - méně posklizňových zbytků, omezující infiltraci, střední, dobré – více než 20% povrchu je pokryto zbytky rostlin, podmínky zvyšující infiltraci). (3, s. 28)

Vlhkost půdy jsem do svých výpočtů přímého odtoku nezahrnul z důvodu chybějících dat pětidenního srážkového úhrnu.

Při zohlednění využití půdy v kalkulovaných sběrných povodích jsem navrhoval vždy horší variantu na stranu bezpečnou. Navíc se osevňovací postupy zemědělců mohou často měnit. Krycí plodinu na orné půdě jsem vždy uvažoval širokořádkovou kulturu, hydrologické podmínky špatné a způsob obdělávání bez ohledu na sklon pozemku i po spádnici.

#### 4.1.2. Výpočet objemu přímého odtoku

Akumulace srážkové vody a její následný odtok začíná až po počáteční ztrátě  $I_a$  intercepce (zadržení vody na vegetaci, nebo jiných objektech), infiltrací a povrchovou retencí. Tato ztráta je stanovena jako 20% z potenciální retence ( $I_a = 0,2A$ ). Na základě těchto souvislostí byl odvozen následující vztah: (3, s. 27)

$$H_o = (H_s - 0,2A)^2 / (H_s + 0,8A) \quad \text{pro } H_s \geq 0,2A \quad (4.1)$$

$H_o$  – přímý odtok [mm]

$H_s$  – úhrn návrhového deště [mm]

$A$  – potenciální retence [mm], kde  $A = 25,4 (1000 / CN - 10)$

(3, s. 27)

Objem  $O_{ph}$  vypočteme z následujícího vztahu:

$$O_{ph} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad [\text{m}^3] \quad (4.2)$$

$P_p$  – plocha sběrného povodí [ $\text{km}^2$ ]

$H_o$  – přímý odtok [mm]

(3, s. 27)

Pro stanovení návrhového deště  $H_s$  bylo použito tabulek denního maximálního srážkového úhrnu pro N-100 let z programu DesQ – MAXQ.

#### 4.1.3. Stanovení celkové doby koncentrace

Doba koncentrace  $T_c$  je čas, za který se povrchově akumulovaná srážková voda dostane z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu povodí do uzávěrového profilu povodí. Skládá se z jednotlivých dob doběhu  $T_t$ . Doba doběhu je čas, který odtékající voda potřebuje, aby se dostala z jednoho bodu v povodí na druhý. Svahový (plošný) povrchový odtok se postupně promění na soustředěný odtok v malé hloubce a nakonec se z něj stává soustředěný povrchový odtok v otevřeném korytě. (3, s. 36)

Doba doběhu  $T_{ta}$  lze použít pro svahový povrchový odtok kratší než 100 m. Manningův součinitel drsnosti  $n$  je dán pro odtok o maximální hloubce 3 cm. (3, s. 36-37)

Doba doběhu  $T_{tb}$  se určuje u druhé fáze odtoku po zhruba 100 m. Vytváří se soustředěný odtok o malé hloubce. (3, s. 37)

Doba doběhu  $T_{tc}$  se určuje u třetí fáze přímého odtoku a to tam, kde lze zaměřit příčný profil otevřeného koryta. Platí zde stejný vztah jako pro dobu doběhu  $T_{tb}$  s tím hydraulickým rozdílem, že průměrná rychlost proudění se stanoví pro průtok otevřeným korytem. (3, s. 38)

Celková doba koncentrace  $T_c$  je součtem všech dob doběhu pro jednotlivé fáze proudění: (3, s. 39)

$$T_c = T_{ta} + T_{tb} + T_{tc} \quad (4.3)$$

(3, s. 39)

#### 4.1.4. Stanovení kulminačního průtoku

Kulminační průtok je maximální možný průtok, který nastane v daný okamžik v povodňové vlně. Jeho určení je nezbytné například pro dimenzování odvodňovacích průlehů, ale i pro návrh bezpečnostního přelivu u nádrží. Při výpočtu kulminačního průtoku je nejdříve potřeba stanovit jednotkový kulminační průtok. Ten stanovíme podle nomogramu závislosti jednotkového kulminačního průtoku  $q_{pH}$  na celkové době koncentrace  $T_c$ . Nomogram je tvořen křivkami poměru počáteční akumulace  $I_a$  a jednodenního maximálního návrhového srážkového úhrnu  $H_s$  ( $I_a / H_s$ ). Je tedy nutné nejdříve vyčíslit tento poměr. Hodnotu kulminačního průtoku pro dané povodí potom dostaneme ze vztahu: (3, s. 34)

$$Q_{pH} = 0,00043 \cdot q_{pH} \cdot P_p \cdot H_o \cdot f \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (4.4)$$

$q_{pH}$  – jednotkový kulminační průtok [-]

$P_p$  - plocha sběrného povodí [ $\text{km}^2$ ]

$H_o$  – výška odtoku [mm]

$f$  – opravný součinitel

(3, s. 34)

#### 4.2. Hydrologický model povodí se svahovým odtokem pomocí programu DesQ - MAXQ

Při výpočtu touto metodou zjednodušíme velice komplikované reálné povodí na tzv. modelové povodí. To je povodí, které může připomínat tvar “otevřené knihy“ a má rovinné svahy se společnou patou v údolnici. Co se týče svahového odtoku, jsou oba svahy složeny z elementárních odtokových ploch, jež považujeme za nakloněnou desku s homogenním propustným povrchem a přírodním pokryvem. Vegetační pokryv na orné půdě se může každoročně měnit podle osevního postupu zemědělců. To je třeba brát v úvahu a při stanovení čísel CN se přiklonit spíše k horším variantám, při kterých vzniká větší přímý odtok. Dále se předpokládá, že maximální odtok je vyvolán přívalovým deštěm rovnoměrného plošného rozložení, oba svahy modelového povodí jsou zasaženy stejným navrhovaným srážkovým úhrnem příslušné náhradní intenzity a doby trvání. (14)

The screenshot shows the 'Nepojmenovaný projekt' window with the following data:

Parametry výpočtu		Popis projektu	
Typ povodí	Dva svahy	Brno - Husovice	
Varianta	Varianta I		
[Vypočítej]			
Povodí		Dva svahy	
Délka údolnice [km]	0.938	Plocha svahu [ $\text{km}^2$ ]	Levý: 0.082, Pravý: 0.087
Sklon údolnice [%]	11.14	Sklon svahu [%]	Levý: 6.17, Pravý: 7.46
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 5 [mm]	45.8	Drsnost $\gamma$ [s]	Levý: 8, Pravý: 8
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 10 [mm]	53.8	Typ CN křivky [1,2,3]	Levý: 2, Pravý: 2
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 20 [mm]	62.1	Číslo CN křivky [40-100]	Levý: 81.2, Pravý: 83
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 50 [mm]	72.3		
1-denní maximální srážkový úhrn pro N = 100 [mm]	80.2		

Obr. 10. Ukázka zadávání vstupních údajů v programu DesQ-MAXQ

Model nabízí tři varianty výpočtu pro různé vstupní parametry podle toho, které má řešitel k dispozici. Jedná se o dobu trvání deště a intenzitu deště, náhradní intenzitu deště a dobu opakování. Pokud jsou tyto hydrologické veličiny k dispozici, je možné využít výpočet ke kontrole měřených dat. Pro výpočet jsem zvolil variantu I, kdy se tyto parametry odvodí modelem, který pro denní návrhové maximální srážkové úhrny vychází z publikace Šamaj, Valovič, Brázdil (1982). (14)

DesQ-MAXQ po provedení výpočtu umožňuje vyexportovat hydrogramy teoretické výpočtové povodňové vlny, a to jak pro povrchový odtok z pravého a levého svahu, tak i z celého povodí jako součet pořadnic z obou svahů.

Pro malá povodí do 5 km<sup>2</sup> se také v projektové praxi používá metoda Čerkašínova (1964). (15, s. 7)

Tuto metodu jsem však při svých výpočtech nepoužil. Pro výpočet přímého odtoku ze sběrných ploch kritických bodů a kritických profilů jsem použil pouze dvě výše popsané metody.

## 5. Vodní eroze

Eroze je přirozený proces rozrušování zemského povrchu a následný transport uvolněných částic. (16, s. 24)

Rozlišujeme erozi normální, která probíhá s nízkou intenzitou tak pomalu, aby se půdotvorným procesem obnovily odnesené půdní částice, a erozi zrychlenou, při které se již částice z půdního podkladu nestíhají nahrazovat. (16, s. 12)

Ke zrychlené erozi významně přispívá člověk svým hospodařením s půdním fondem. Kromě vodní eroze rozlišujeme podle erozního činitele také eroze:

- *Ledovcová* – je způsobena ledovcem, který při svém sesouvání eroduje skalní podloží a odnáší transportovaný materiál do nejbližšího údolí. Takto vzniklý a uložený skalní materiál nazýváme morény. (16, s. 25)
- *Sněhová* – je zapříčiněna sesuvem lavin nebo pomalým sesouváním vrstvy sněhu při jarním tání. (16, s. 26)
- *Větrná* – půda je rozrušována kinetickou energií větru a dochází k transportu svrchních půdních částic. (16, s. 26)
- *Zemní* – je způsobena sesuvem sušového materiálu, který může při transportu do údolí způsobovat velké erozní rýhy. (16, s. 27)
- *Antropogenní* – řadíme sem například erozi vyvolanou intenzifikací zemědělství, urbanizací, stavbou pozemních komunikací, těžbou nerostů a další. (16, s. 27)

Vodní eroze postihuje území ČR z výše zmíněných druhů nejvíce. Pro upřesnění je podle zprávy o stavu vodního hospodářství v ČR za rok 2017 ohroženo 60% zemědělské půdy vodní erozí a 10% erozí větrnou. (2, s. 44)

Podle formy dělíme erozi na povrchovou a podpovrchovou. V této práci se dále budu zabývat pouze povrchovou vodní erozí. Tu je nutno blíže specifikovat na plošnou, výmolnou a proudovou. (16, s. 33)

K plošné vodní erozi dochází rozrušováním půdy prostřednictvím povrchového odtoku a následným transportem smytých částic na celé ploše daného území. Pokud je rychlost povrchového odtoku nízká, pak dochází k takzvané selektivní erozi, která spočívá v odplavení jemných půdních částic z povrchu. To vede ke snížení obsahu živin v půdě a ke změně půdní struktury. Je-li kinetická energie povrchového odtoku větší, pak dochází ke smyvu celých vrstev orné půdy, tedy k erozi vrstevné. (16, s. 34)

Postupným soustředěním povrchového odtoku vzniká výmolná vodní eroze. Zpočátku se tvoří rýžky a brázdy (rýžková a brázdová eroze) pokrývající většinou celou plochu

zasazeného území. Brázdová eroze má širší zářezy než rýžková, ale jejich počet na svahu je menší. Postupnou další koncentrací povrchového odtoku vznikají rýhy (rýhová eroze), nebo dokonce výmoly (výmolová eroze) či strže (stržová eroze). Voda, která přitéká ke stržím nebo výmolům, přepadá a dále je prohlubuje. Tento jev se nazývá vodopádová eroze. (16, s. 35-38)

V tocích a korytech řek dochází k erozi proudové. Pokud proudící voda vymílá dno, jedná se o erozi dnovou a při rozrušení břehů probíhá eroze břehová. Proudovou erozi můžeme vidět hojně v horských oblastech s rychle tekoucími bystřinnými toky. (16, s. 38)

Vodní erozi ovlivňuje řada různých faktorů. Klimatický a hydrologický faktor zahrnuje srážkový úhrn, intenzitu srážek, dobu trvání, přívalové deště a hydrologické podmínky. Sklon, délky svahů, jejich tvar a expozici mají významný vliv na vývoj vodní eroze. Tyto charakteristiky popisuje morfologický faktor. Odolnost půdy, její geologické poměry a hydrologické charakteristiky jsou také spolu s vegetačním faktorem, který udává míru ochrany půdy rostlinami, zásadní. Všechny tyto faktory spolu souvisí. Pro snížení vodní eroze je také neopominutelný způsob využití území a návrh protierozních opatření. (17, s. 135)

### 5.1. Stanovení míry erozního ohrožení

Pro výpočet ztráty půdy vodní erozí se i v ČR používá metoda USLE – Universal soil loss equation, což v překladu znamená universální rovnice ztráty půdy (Wischmeier, Smith, 1978). Ta vychází z jednotkového pozemku jako úhor bez vegetace s délkou 22,13 m (72,6 stop) a sklonem 9 %. Ztráta půdy vodní erozí je definována následujícím vztahem: (18, s. 12)

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (5.1)$$

$G$  – průměrná dlouhodobá ztráta půdy [ $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ]

$R$  – faktor erozní účinnosti deště

$K$  – faktor erodovatelnosti půdy

$L$  – faktor délky svahu

$S$  – faktor sklonu svahu

$C$  – faktor ochranného vlivu vegetace

$P$  – faktor účinnosti protierozních opatření

(3, s. 9)

#### 5.1.1. Faktor erozní účinnosti deště $R$

Popisuje vliv přívalového deště na ztrátu půdy vodní erozí. Je dán vztahem:

$$R = E \cdot i_{30} / 100 \quad [MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}] \quad (5.2)$$

$E$  – celková kinetická energie deště [ $J \cdot m^{-2}$ ]

$i_{30}$  – maximální 30-ti minutová intenzita deště [ $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

(3, s. 9)

Faktor R závisí na četnosti výskytu srážek, jejich intenzitě, úhrnu a kinetické energii. V dnešní době se v souvislosti s globálním oteplováním a změnou podnebí mluví o nárůstu počtu přívalových dešťů s nízkou periodicitou opakování. Tato skutečnost přispívá ke zvýšení faktoru R, a tedy i ztrátě půdy vodní erozí. V praxi se pro výpočet erozního smyvu uvažuje faktor R jako průměrná roční hodnota pro celou ČR. Dříve byl průměr stanoven na  $20 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Hodnota však byla přehodnocena a obohacena o další poznatky v této problematice. Nyní je průměrná hodnota faktoru R pro celou ČR uvažována  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Tuto hodnotu jsem použil i při svých výpočtech erozního smyvu na zájmovém území. V horských oblastech, kde je více srážek, je samozřejmě hodnota vyšší. Největší procento erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v letních měsících (v červenci až 30 %), je proto důležité před těmito vlivy půdu nějak chránit, například vhodným vegetačním pokryvem. (3, s. 10-11)

### 5.1.2. Faktor erodovatelnosti půdy K

Vyjadřuje míru náchylnosti půdy k vodní erozi. Závisí na obsahu humusu ornice, struktuře ornice, procentuálním obsahu jílu, prachu a práškového písku a propustnosti půdního profilu. Určí se podle odvozeného vztahu, z nomogramu, který byl sestaven na základě odvozeného vztahu, podle HPJ nebo podle taxonomického klasifikačního systému půd ČR. K prvním dvěma variantám je nutné provést půdní rozbor. (3, s. 13-14)

Pro výpočet erozního smyvu v programu ArcGIS jsem faktor K stanovil pomocí jednotek HPJ (převodová tabulka viz Janeček 2013, str. 16) a digitálního modelu terénu. Hodnota HPJ=78 nebyla v tabulce stanovena, proto jsem faktor K stanovil pro nejbližší uvedenou hodnotu HPJ=73, tedy  $C=0,48$ .

### 5.1.3. Faktor délky svahu a sklonu svahu L, S

Je také označován jako topografický faktor. Stanovuje se tak, že se nejprve určí nepřerušovaná délka svahu pomocí reprezentativních drah povrchového odtoku. To jsou linie, které předpokládají místo, kudy poteče povrchový odtok. Začínají od rozvodnice nebo začátku měřeného pozemku, vedou kolmo na vrstevnice až do údolnice, kde jsou přerušeny. Přerušením může být například průleh nebo příkop podél cesty, které odvádí soustředěný odtok. Metoda USLE počítá s délkou linie do 400 m. Vytvořená linie je pouze horizontální projekcí délky svahu, není rovnoběžná s povrchem půdy. Faktor délky svahu L se určí ze vztahu (po převedení jednotek stopy na metry): (3, s. 17-18)

$$L = (l / 22,13)^m \quad (5.3)$$

22,13 – délka jednotkového pozemku (72,6 stop)

$l$  – horizontální projekce délky svahu

$m$  – exponent sklonu svahu

(3, s. 19)

Ke stanovení faktoru sklonu svahu  $S$  postačí rozdělit daný svah na deset částí o stejné velikosti a určit vážený průměr dílčích částí faktoru  $S$  daných vztahem: (3, s. 21)

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad \text{pro sklon svahu} < 9 \% \quad (5.4)$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad \text{pro sklon svahu} \geq 9 \%$$

$\theta$  – úhel sklonu [rad]

(3, s. 21)

Topografický faktor jsem pro zájmové území vytvořil pomocí programu USLE2D. Tento program pracuje pouze ve formátu Idrisi, a proto jsem vstupní data z ArcGIS nejprve převedl. Vstupní data jsou digitální model terénu a shapefile vrstva erozně hodnocených uzavřených ploch vytvořených z LPIS. Následně jsem vytvořené soubory převedl zpět do formátu pro GIS, a dostal tak rastrovou vrstvu LS faktoru. (19)

#### 5.1.4. Faktor ochranného vlivu vegetace $C$

Vegetace se významným způsobem podílí na ochraně půdy před vodní erozí. Jeteloviny a travnaté porosty ochraňují půdu dobře, zatímco širokořádkové plodiny (kukuřice, slunečnice) nejsou dostatečné. Rostlinný pokryv také přispívá ke zlepšení půdních vlastností (zvýšení faktoru  $K$ ). Velký vliv zde mají také pěstební období, které byly převzaty z publikace Wischmeier a Smith, 1978. (3, s. 21-23)

1. Období podmítky a hrubé brázdy
2. Období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí
3. Období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí
4. Období od konce 3. období do sklizně
5. Období strniště

(3, s. 23)

Časově se období liší podle pěstované plodiny. K určení faktoru  $C$  je nutné zahrnout strukturu pěstované plodiny, postup jejího střídání na pozemcích i včetně období mezi jejich střídáním a způsob obdělávání v pěti obdobích uvedených výše. Do těchto období musí být zahrnuto procentuální rozdělení faktoru  $R$  do měsíců. Zjednodušeným způsobem lze faktor  $C$  určit pouze podle průměrného zastoupení plodin, pro které byl odvozen průměrný faktor  $C$  (převodová tabulka Janeček, 2013, str 24).

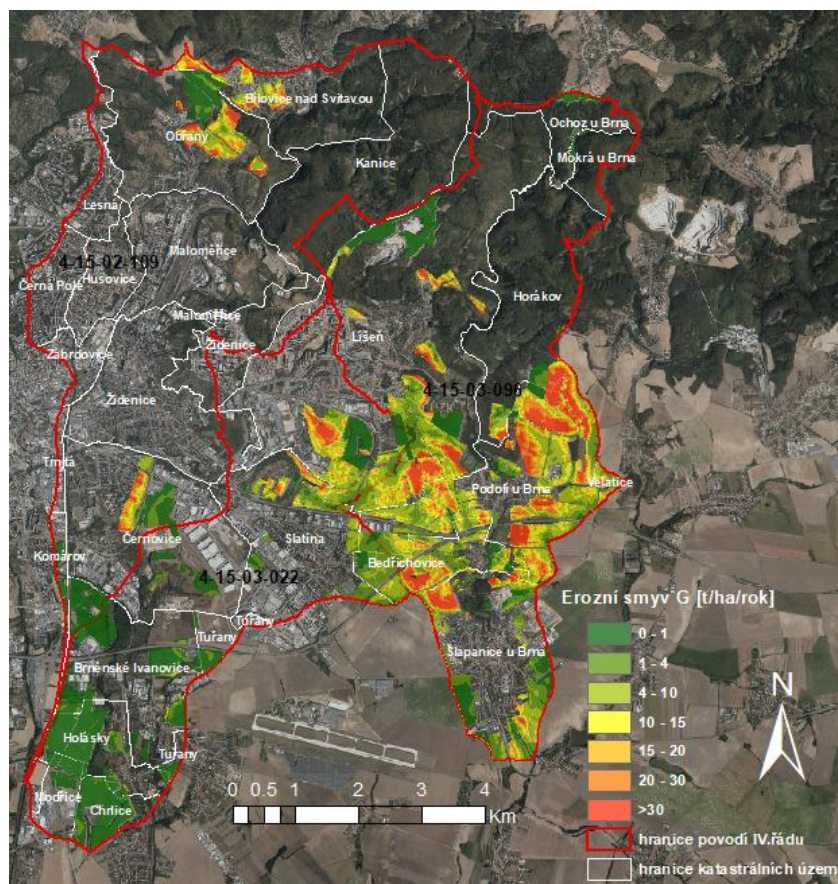
(3, s. 23)

Pro tvorbu rastrové vrstvy faktoru C jsem použil shapefile erozně uzavřených celků vytvořených z LPIS a pro ornou půdu jsem stanovil erozně nebezpečnější variantu z vyskytujících se klimatických regionů, a to hodnotu  $C=0,266$ . Pro trvalé travní porosty jsem uvažoval hodnotu  $C = 0,001$ .

#### 5.1.5. Faktor účinnosti protierozních opatření P

Vyjadřuje vliv protierozních opatření, (viz kapitola 2.1. Opatření proti vodní erozi) například vrstevnicové obdělávání, pásové střídání plodin nebo hrázkování podél vrstevnic, na míru erozního smyvu.

Při stanovení míry erozního ohrožení pro zájmové území jsem uvažoval hodnotu  $P = 1$ , kde jsem nepočítal s žádnými protierozními opatřeními.



Obr. 11. Vyhodnocení erozního smyvu na zájmovém území

## 6. Popis kritických bodů a kritických profilů a výpočet základních charakteristik povrchového odtoku

Pro výpočet charakteristik povrchového odtoku pro sběrná povodí kritických bodů a kritických profilů jsem použil obě metody popsané v kapitole 3. Výsledné maximální průtoky vypočtené podle těchto metod jsem uvedl do tabulek, které jsou pro porovnání shrnuty grafem na konci této kapitoly. U všech následujících kritických bodů a kritických profilů jsem provedl terénní průzkum a pořídil jsem fotografie hydraulicky a hydrologicky významných míst, která se nachází většinou v blízkosti uzávěrového profilu sběrných ploch.

### 6.1.1. KP 1

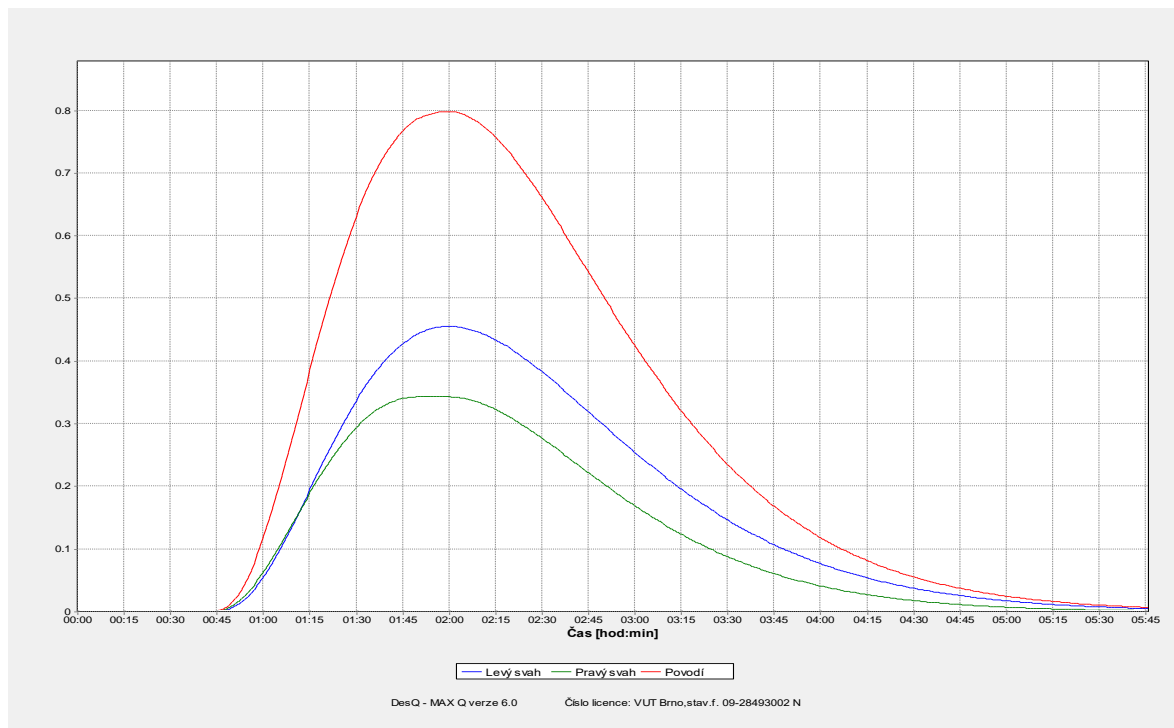
Kritický profil 1 se nachází v severní části zastavěné oblasti na katastrálním území Brno – Líšeň. Sběrná plocha je pokryta převážně lesy, proto je zde poměrně nízké číslo CN a tedy i nízký maximální průtok  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nepředpokládají se tedy velké škody na majetku. Ústí dráhy soustředěného odtoku do intravilánu je tvořeno cestou z mechanicky ztuhlého kameniva, která je po cca třiceti metrech oddělena odvodňovacími žlábkami, které svádějí vodu pryč z cesty. Pro správné fungování je třeba dbát na údržbu žlábků a pravidelně je čistit od napadaného listí a dalších nečistot. Drcené kamenivo z účelové komunikace může ucpat svodné žlaby a umožnit, aby se do intravilánu dostalo více vody a způsobit tak více škod.



Obr. 12. Z části zanesené svodné žlábků u hranice s intravilánem

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
F	plocha povodí	0.32			[km <sup>2</sup> ]	
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.19	0.13	[km <sup>2</sup> ]	
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		7.3	6	[%]	
γ	drsnostní charakteristika		8	8	[sec]	
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1.42			[km]	
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	7.19			[%]	
CN	číslo odtokové křivky		67.1	67.9	[...]	
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]	
DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	<b>0.799</b>	0.456	0.343	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	3.77	2.17	1.61	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	5.54	3.2	2.35	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Metoda CN křivek						
100	Q <sub>pH</sub>	kulminační průtok	<b>0.91</b>		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	

Tab. 3. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KPI



Obr. 13. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KPI

### 6.1.2. KB 3

První kritický bod jsem identifikoval ve východní části obce Podolí. Se svojí sběrnou plochou téměř 2.5 km<sup>2</sup> se jedná o nejvíce ohrožující profil na celém zájmovém území. Maximální průtok je zde 11.5 m<sup>3</sup>/s. Část dráhy soustředěného odtoku tvoří bezejmenný vodní tok (IDVT 10206794), který je dlouhý 1703m a v obci Podolí se vlévá do řeky Říčky jako její levostranný přítok. Správcem toku je obec Podolí. (10)

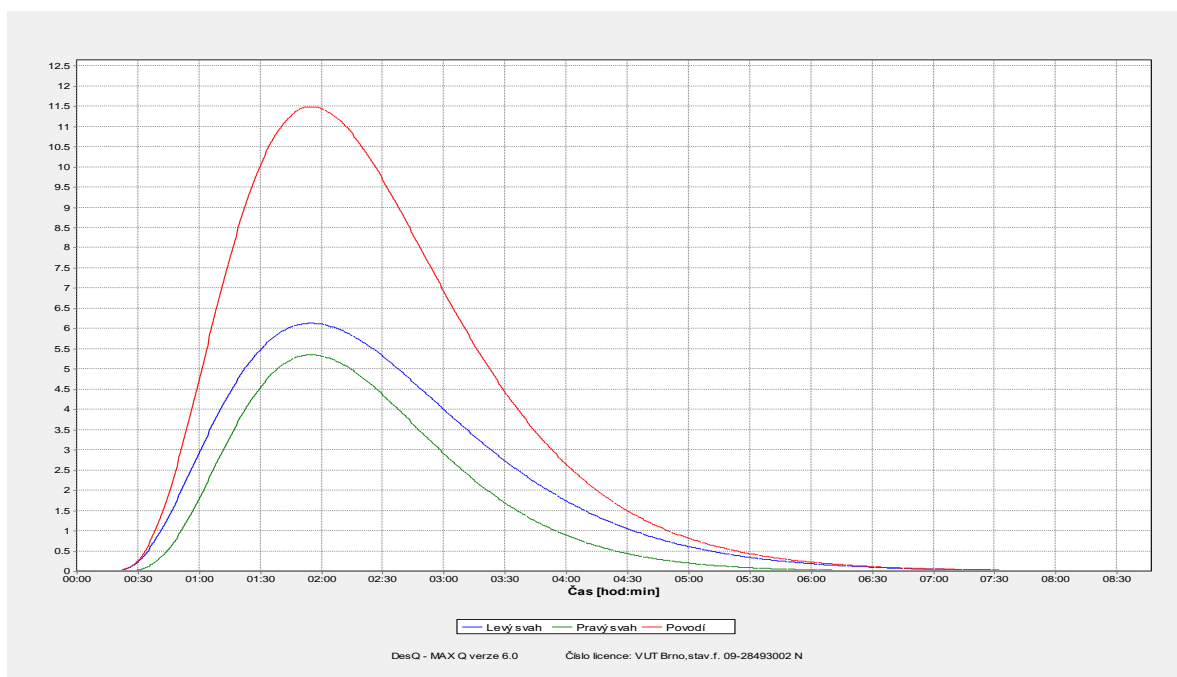
Největší část sběrné plochy tvoří orná půda (je uvažována širokořádková kultura). Hrozí, že bahno z těchto polí znečistí vodní tok a splaveniny mohou ucpat průtočný profil bezejmenného toku tam, kde je profil nějak omezen. Takovým místem může být hospodářský sjezd, který je prvním objektem omezující odtokové poměry v intravilánu obce. Pokud by taková situace nastala, voda z tohoto toku se rozlije do obce, a pak budou ohroženy okolní domy, zejména ty na levém břehu na ulici Za Zámek č. p. 387, 402, 403, 494 a další nemovitosti dále podél toku.



Obr. 14. *Hospodářský sjezd omezující odtokové poměry bezejmenného toku (Podolí)*

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
F	plocha povodí	2.45			[km <sup>2</sup> ]	
F <sub>s</sub>	plocha svahu		1.37	1.09	[km <sup>2</sup> ]	
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		4.4	5	[%]	
γ	drsnostní charakteristika		8	8	[sec]	
L <sub>u</sub>	délka údolnice	3.2			[km]	
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	3.39			[%]	
CN	číslo odtokové křivky		83.5	81.4	[...]	
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]	
DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	<b>11.5</b>	6.14	5.36	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	73.4	42.9	30.5	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	96.3	55.9	40.3	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Metoda CN křivek						
100	Q <sub>pH</sub>	kulminační průtok	<b>11.51</b>		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	

Tab. 4. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KB3



Obr. 15. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KB3

### 6.1.3. KB 4

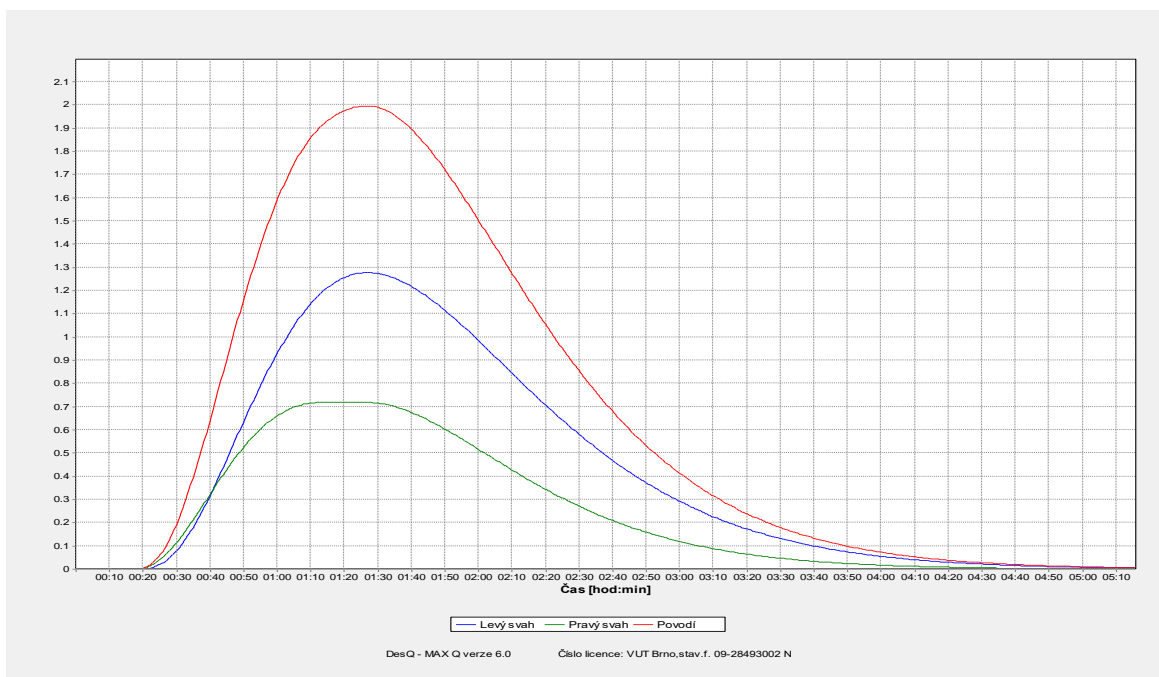
Druhý blíže zkoumaný kritický bod ohrožuje průmyslový areál ZETOR TRACTORS a. s. Velkou část sběrné plochy však zaujímá trvalý travní porost a společně s menšími sklony obou svahů, malou plochou lesa a zatravněných sadů, nedochází k velkým maximálním průtokům při návrhových N-letých srážkových úhrnech. Pravý svah má sice o něco menší průměrný sklon než 3,5 %, avšak celkový průměr celé sběrné plochy splňuje podmínky pro kritický bod díky průměrné sklonitosti levého svahu (4,9 %). Velikost kulminačního průtoku v tomto povodí je podle modelu DesQ-MAXQ přibližně 2,0 m<sup>3</sup>/s a velice podobný výsledek dostaneme také pomocí metody CN křivek – 1,9 m<sup>3</sup>/s.



Obr. 16. Pohled na sběrnou plochu KB 4

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
F	plocha povodí	0.36			[km <sup>2</sup> ]	
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.23	0.13	[km <sup>2</sup> ]	
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		4.9	3.3	[%]	
γ	drsnostní charakteristika		8	8	[sec]	
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1.19			[km]	
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	3.59			[%]	
CN	číslo odtokové křivky		79.5	80.5	[...]	
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]	
DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	<b>1.99</b>	1.28	0.719	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	8.3	5.28	3.02	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	12.3	7.88	4.45	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Metoda CN křivek						
100	Q <sub>pH</sub>	kulminační průtok	<b>1.87</b>		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	

Tab. 5. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KB4



Obr. 17. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KB4

## 6.1.4. KP 10

Na katastrálním území Brno – Líšeň se nachází kritický profil se sběrnou plochou 0.1 km<sup>2</sup> a maximálním průtokem při stoletém návrhovém srážkovém úhrnu 1.17 m<sup>3</sup>/s. Dráha soustředěného odtoku má počátek na orné půdě, dále pokračuje přes část zalesněného území, rekreační chatovou oblastí a vyúsťuje u obytných budov na ulici Ondráčkova, čísla popisná 126, 128 a 130, které ohrožuje. Část povrchového odtoku je svedena zpočátku zatravněnou polní cestou, která dále pokračuje jako úzká pěší cesta o šířce přibližně 0.75m a příkopem je svedena do kanalizační vpusti s mřížovým poklopem.

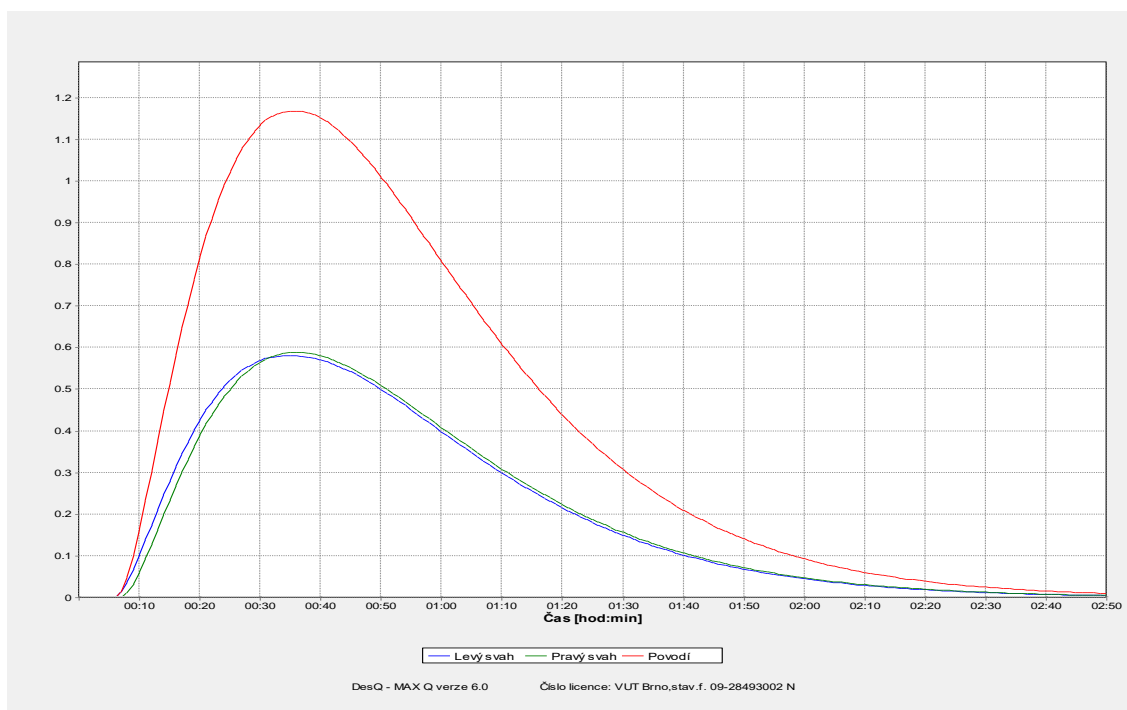


Obr. 18. Zarostlý příkop a zanesená kanalizační vpust' kritického profilu

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.1			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.05	0.05	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		5.7	5.6	[%]
γ	drsnotní charakteristika		8	8	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	0.77			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	8.99			[%]
CN	číslo odtokové křivky		84.2	83.3	[...]
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]

DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV			Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
N	doba opakování					[roky]
100	$Q_{\max}$	maximální průtok	1.17	0.58	0.589	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	2.07	1.04	1.02	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	4.22	2.11	2.11	$[10^3 \cdot m^3]$
Metoda CN křivek						
100	$Q_{pH}$	kulminační průtok	0.82			$[m^3 \cdot s^{-1}]$

Tab. 6. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KP10



Obr. 19. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KP10

## 6.1.5. KP 12

Smíšený les je majoritním vegetačním pokryvem tohoto kritického profilu. Díky tomu nedochází k velkému maximálnímu průtoku. Vypočtená hodnota je přibližně  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Povrchový odtok z obou svahů teče přirozeným korytem, jehož profil místy zmenšují stromy. Dráha soustředěného odtoku ústí do řeky Říčky, kam může povrchový odtok transportovat velké množství splavenin, znečistit vodní tok a v neposlední řadě snížit průtočný profil toku zejména v omezených místech, jako jsou například mostky a lávky, a způsobit vybřežení mimo koryto toku. V okolí toku Říčka se nachází více takových kritických profilů, které mají někdy i větší přispívající plochu než KP 12.

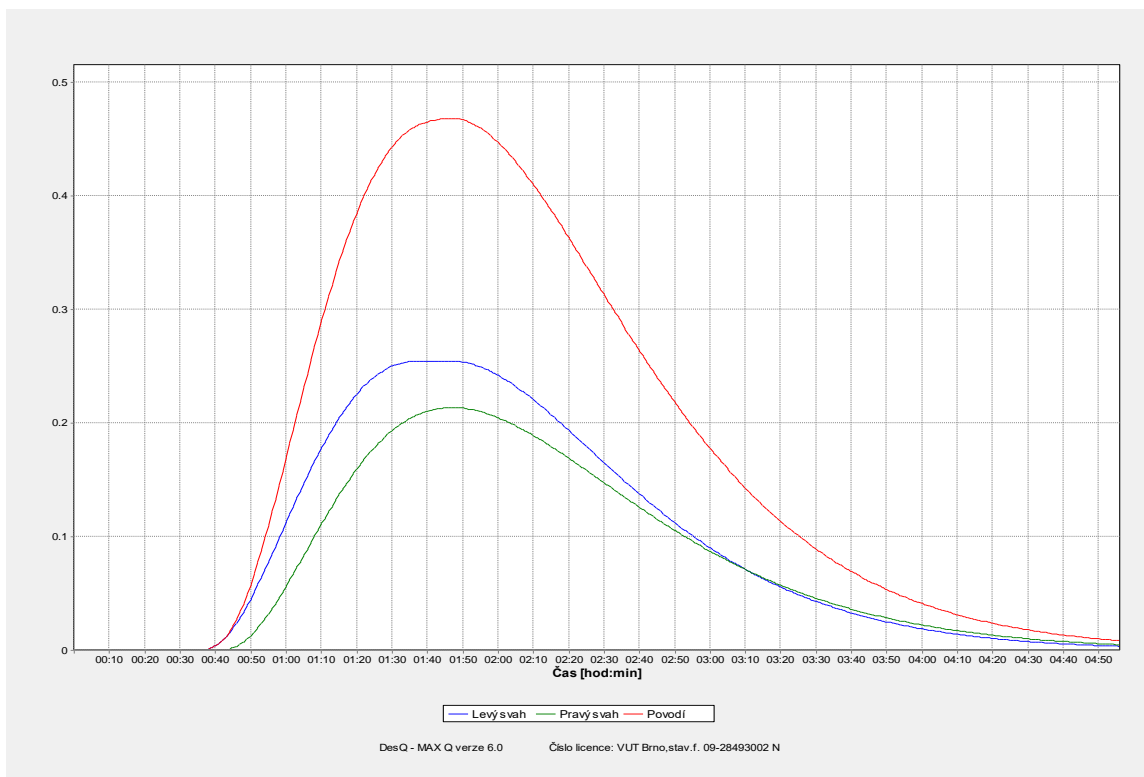


Obr. 20. Pohled na přírodní koryto kritického profilu

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.17			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.08	0.09	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		6.2	7.5	[%]
γ	drsnostní charakteristika		8	8	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	0.94			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	11.14			[%]
CN	číslo odtokové křivky		69.9	66.1	[...]

$H_{1d100}$	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100		80.2		[mm]
<b>DesQ-MAXQ</b>					
<b>100-leté maximální průtoky a objemy PV</b>			<b>Povodí</b>	<b>Levý svah</b>	<b>Pravý svah</b>
<b>N</b>	<b>doba opakování</b>				<b>Jednotky</b>
					[roky]
100	$Q_{max}$	maximální průtok	<b>0.468</b>	0.255	0.214
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.97	1.1	0.869
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	3.05	1.66	1.38
<b>Metoda CN křivek</b>					
100	$Q_{pH}$	kulminační průtok	<b>0.46</b>		[ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]

Tab. 7. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KP12



Obr. 21. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KP12

## 6.1.6. KP 13

Další kritický profil se nachází v severní části katastrálního území Brno – Líšeň. Sběrná plocha je situována vedle plochy kritického bodu KB 2 a má plochu 0,12 km<sup>2</sup>. Vegetačním pokryvem jsou převážně smíšené lesy, které jsou schopny retenovat velké množství povrchového odtoku a výrazně tak snižují číslo odtokové křivky. Maximální průtok je podle programu DesQ-MAXQ 0,36 m<sup>3</sup>/s a ohrožuje rodinné domy na ulici Podbělová, především čísla popisná 13, 15 a 22. Sklony svahů v tomto povodí jsou poměrně nízké – 3,2 % levý svah a 3,5% pravý svah. Vzhledem k výše popsaným skutečnostem patří tento kritický profil k méně ohrožujícím.

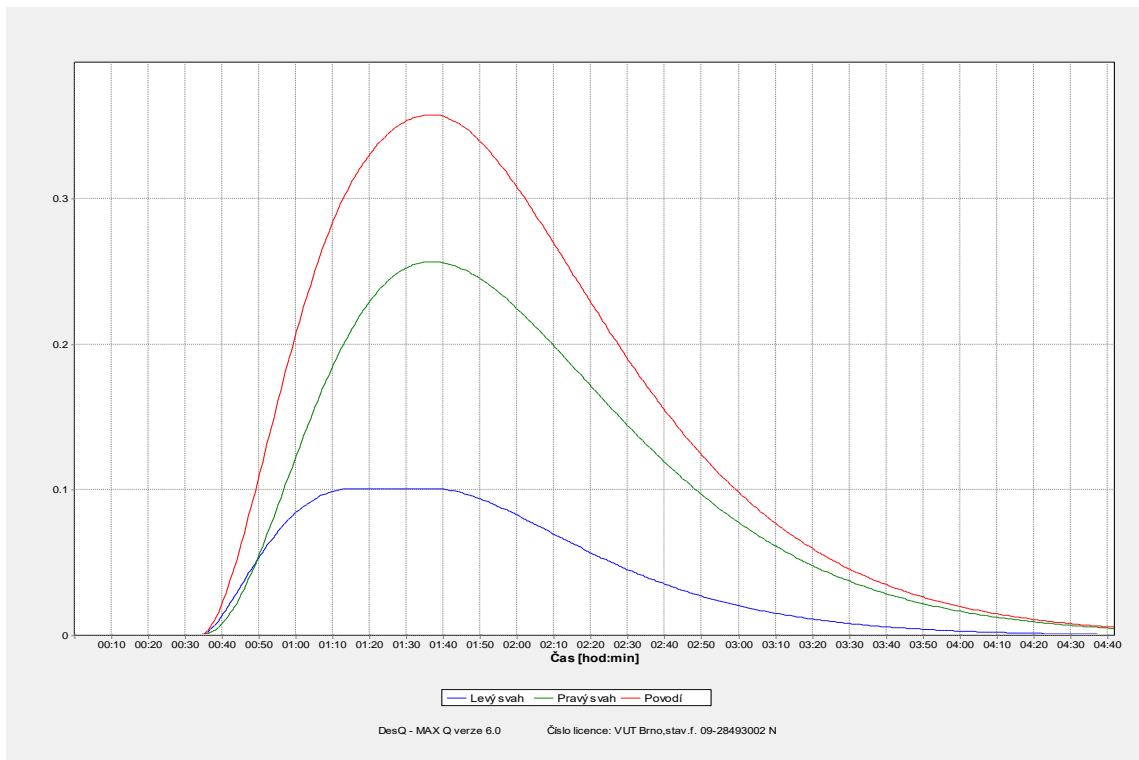


Obr. 22. Závěrový profil KP 13 ohrožující nové rodinné domy

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.12			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.03	0.08	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		3.2	3.5	[%]
γ	drsnotní charakteristika		8	8	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1.17			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	6			[%]
CN	číslo odtokové křivky		68.6	69.1	[...]
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]

DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV			Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
N	doba opakování					[roky]
100	$Q_{max}$	maximální průtok	<b>0.36</b>	0.101	0.257	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.37	0.382	0.986	$[10^3 \cdot m^3]$
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	2.2	0.618	1.58	$[10^3 \cdot m^3]$
Metoda CN křivek						
100	$Q_{pH}$	kulminační průtok	<b>0.33</b>			$[m^3 \cdot s^{-1}]$

Tab. 8. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KP13



Obr. 23. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KP13

## 6.1.7. KP 15

Na katastrálním území Brno – Líšeň se nachází ještě jeden kritický profil se sběrnou plochou  $0.17 \text{ km}^2$  a maximálním průtokem  $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$  podle metody CN křivek. Opět je zde vytvořeno přírodní koryto se stromy, které snižují průtočný profil koryta. Nejvíce ohrožená je obydlená budova na ulici Samoty č. p. 25. Je zde však zbudována malá zemní hráz o výšce přibližně 1 metr a šířce 3 metry, která zadržuje povrchový odtok ze sběrné plochy kritického profilu a chrání tak ohroženou nemovitost. Plocha povodí je téměř celá tvořena lesním porostem, což výrazně snižuje číslo CN a maximální průtok. Z tohoto důvodu byl na tomto povodí vyhodnocen nulový erozní smyv. Poblíž hráze můžeme na obrázku vidět klády stromů, které mohou být odplaveny a způsobit škody v intravilánu.

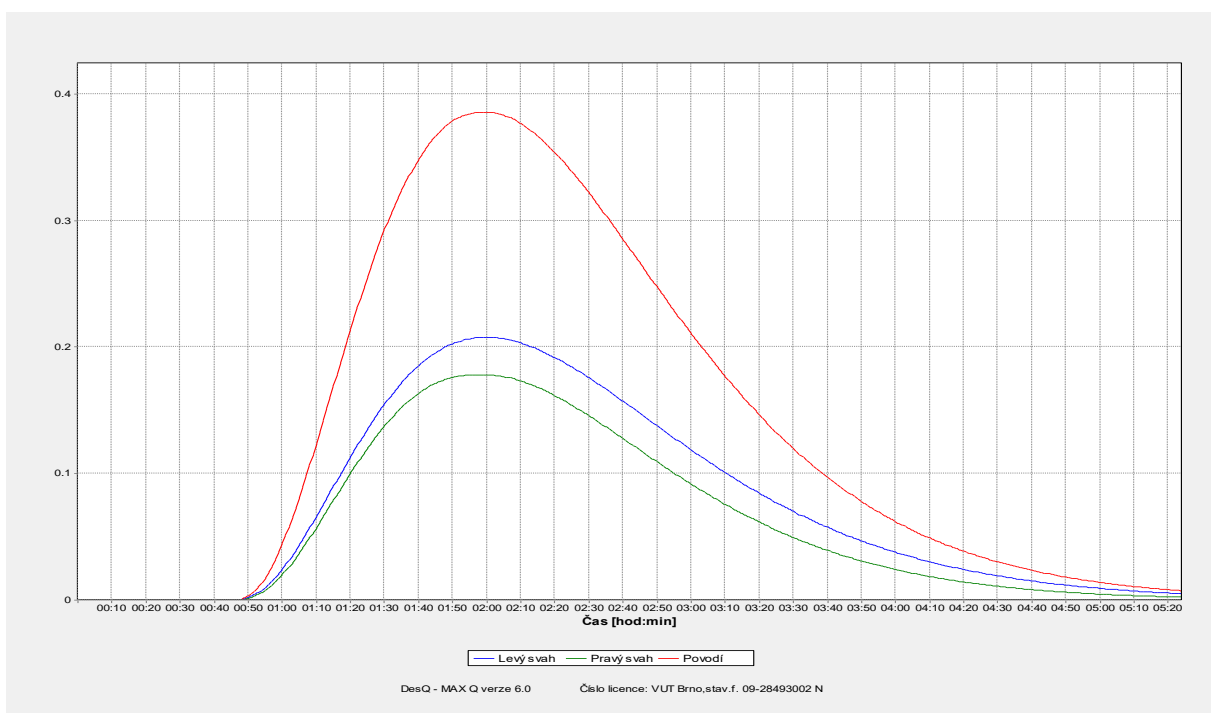


Obr. 24. Malá zemní hráz se šterkovou korunou

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0.17			[ $\text{km}^2$ ]
$F_s$	plocha svahu		0.09	0.07	[ $\text{km}^2$ ]
$I_s$	průměrný sklon svahu		9.8	8.9	[%]
$\gamma$	drsnotní charakteristika		8	8	[sec]
$L_u$	délka údolnice	0.67			[km]
$I_u$	průměrný sklon údolnice	10.44			[%]
CN	číslo odtokové křivky		66.1	66.3	[...]

$H_{1d100}$	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]	
DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
100	$Q_{max}$	maximální průtok	<b>0.386</b>	0.208	0.178	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	$W_{PVT}$	objem povodňové vlny PV	1.79	0.99	0.801	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	$W_{PVT,1d}$	objem PV vyvolaný $H_{1d100}$	2.67	1.48	1.19	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Metoda CN křivek						
100	$Q_{pH}$	kulminační průtok	<b>0.40</b>		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	

Tab. 9. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KP15



Obr. 25. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KP15

### 6.1.8. KP 65

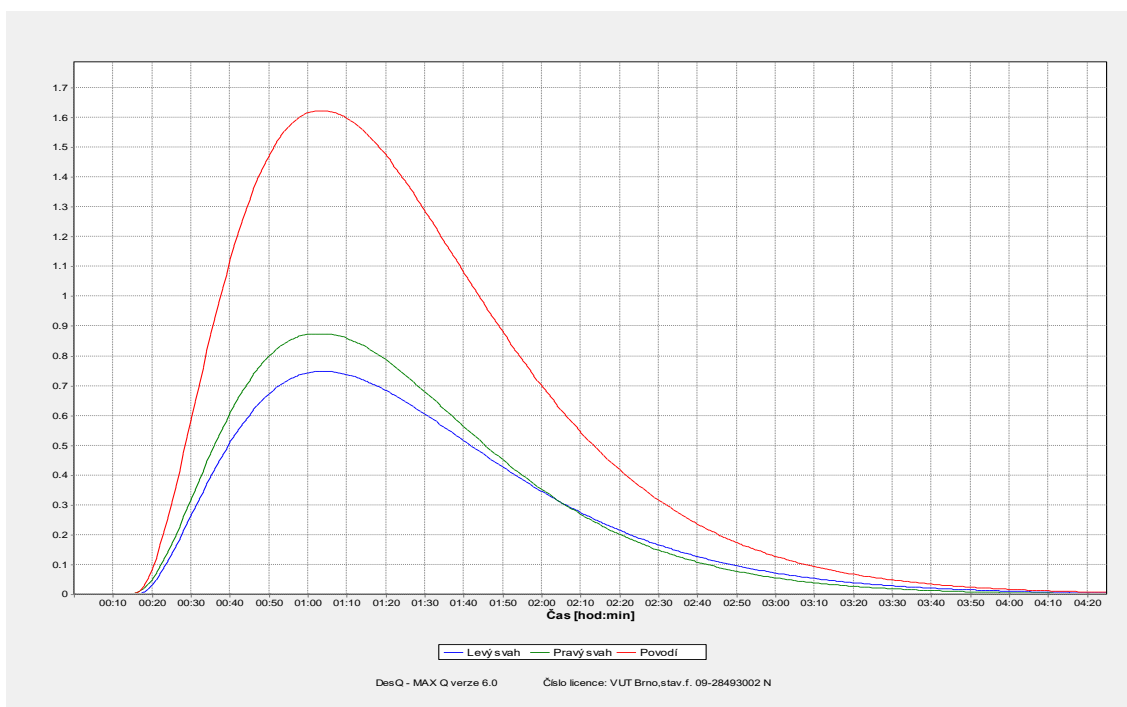
Poslední blíže specifikovaný kritický profil se nachází ve východní části obce Podolí. Sběrná plocha ale leží na katastrálním území Brno – Líšeň. Má plochu 0.27 km<sup>2</sup> a maximální průtok podle modelu DesQ-MAXQ je 1.62 m<sup>3</sup>/s. Nejvíce zastoupena je orná půda, na níž jsou uvažovány širokořádkové plodiny. Dráha soustředěného odtoku z orné půdy přechází do zatravněného stromového meziřadí a dále na hliněnou cestu mezi chaty. U ústí do intravilánu je cesta posypána štěrskem a napojuje se z ulice Lepiny na silnici třetí třídy č. 37370. Před tímto napojením je vybudován odvodňovací žlab s česlemi, který bude při návrhovém dešti pravděpodobně velice rychle zanesen drobným štěrskem z výše položené cesty. Před tímto žlabem se na uvažované dráze soustředěného odtoku nachází vtokový objekt s česlemi. Odtok je umožněn potrubím DN 600 směřující do kanalizace obce. Vtokový objekt je třeba pravidelně udržovat, aby nebyl zanesen a nedošlo k jeho ucpání.



Obr. 26. Vtokový objekt s česlemi a odtokem do kanalizace potrubím DN 600

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
F	plocha povodí	0.27			[km <sup>2</sup> ]	
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0.14	0.13	[km <sup>2</sup> ]	
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		6.4	5	[%]	
γ	drsnostní charakteristika		8	8	[sec]	
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1.2			[km]	
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	5.95			[%]	
CN	číslo odtokové křivky		76.4	79.6	[...]	
H <sub>1d100</sub>	1-denní max. srážkový úhrn pro N=100	80.2			[mm]	
DesQ-MAXQ						
100-leté maximální průtoky a objemy PV		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky	
N	doba opakování				[roky]	
100	Q <sub>max</sub>	maximální průtok	1.62	0.749	0.874	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT</sub>	objem povodňové vlny PV	4.91	2.29	2.62	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	objem PV vyvolaný H <sub>1d100</sub>	8.42	4.02	4.4	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
Metoda CN křivek						
100	Q <sub>pH</sub>	kulminační průtok	1.26		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	

Tab. 10. Tabulka vstupních a výstupních veličin podle obou metod pro KP65

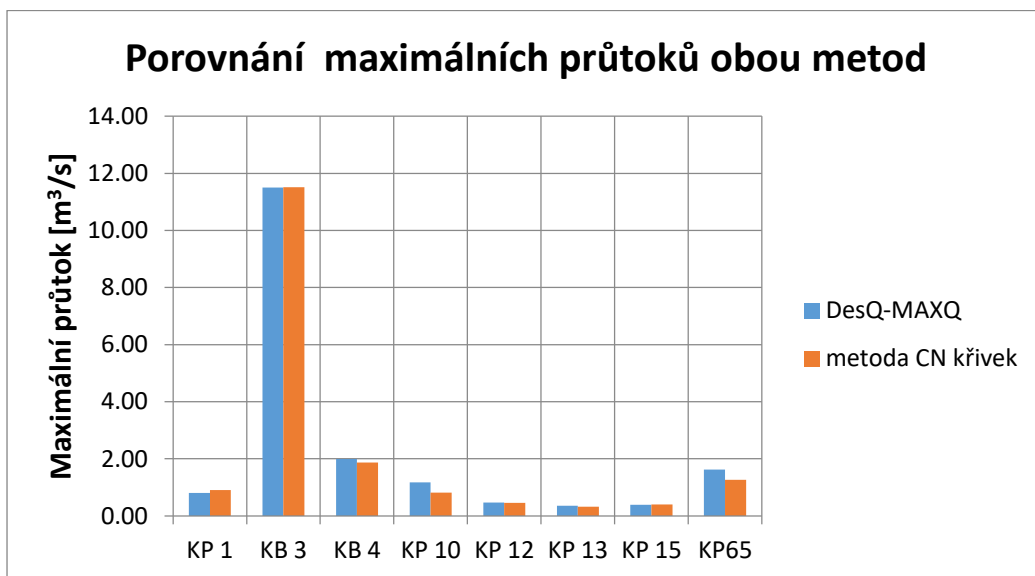


Obr. 27. Hydrogram maximálních průtoků pro stoletý návrhový srážkový úhrn pro KP65

Pro lepší přehlednost jsem zpracoval tabulku a graf s maximálními kulminačními průtoky z jednotlivých sběrných ploch s výsledky obou použitých metod výpočtu. Z grafu je patrné, že výsledky podle metody CN křivek a podle programu DesQ-MAXQ jsou velice podobné, v některých případech téměř shodné nebo podle modelu DesQ-MAXQ nepatrně vyšší. Myslím si, že významným faktorem, který tento fakt ovlivňuje, je číslo CN. Program DesQ-MAX vyžaduje jako vstupní veličinu číslo CN, které bylo stanoveno už pro metodou CN křivek. Je tedy pro obě metody stejné.

název bodu/profilu	maximální průtok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	
	DesQ-MAXQ	metoda CN křivek
KP 1	0.80	0.91
KB 3	11.50	11.51
KB 4	1.99	1.87
KP 10	1.17	0.82
KP 12	0.47	0.46
KP 13	0.36	0.33
KP 15	0.39	0.40
KP65	1.62	1.26

Tab. 11. Shrnutí výsledků maximálních průtoků vypočtených podle obou metod

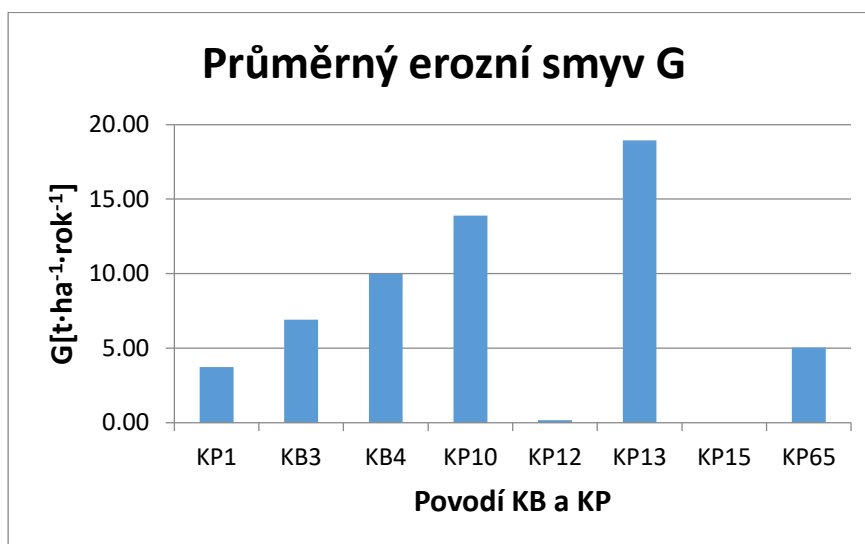


Obr. 28. Graf porovnání maximálních průtoků v jednotlivých povodích

Pro výše popsaná povodí kritických bodů a kritických profilů jsem také zvlášť vyhodnotil jejich erozní ohrožení. Z grafu níže je patrné, že na povodí KP 15 není žádný zjištěný erozní smyv a ve sběrné ploše KP 12 jen minimální. To je dáno tím, že jsou sběrné plochy těchto kritických profilů tvořeny lesním porostem a buď žádnou, nebo jen velice malou plochou orné půdy.

PRŮMĚRNÝ EROZNÍ SMYV G PRO JEDNOTLIVÁ POVODÍ			ÚZEMÍ OHROŽENÉ EROZÍ	
KP1	3.73	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	3.7	[%]
KB3	6.91	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	80.7	[%]
KB4	9.97	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	88.6	[%]
KP10	13.89	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	41.4	[%]
KP12	0.16	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	8.9	[%]
KP13	18.94	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	8.6	[%]
KP15	0.00	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	0.0	[%]
KP65	5.05	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	87.1	[%]

Tab. 12. Vyhodnocení průměrného erozního smyvu pro vybrané KP a KB



Obr. 29. Graf porovnání průměrného erozního smyvu pro daná povodí

## 7. Závěr

Cílem práce bylo identifikovat kritické body a kritické profily na zadaném území třech povodí IV. řádu a u některých z nich určit jejich hydrologické a erozní charakteristiky. Za pomoci softwaru ArcGIS jsem identifikoval 4 kritické body a 75 kritických profilů.

Mapa kritických bodů a jejich sběrných ploch, která je součástí digitálního povodňového plánu ČR, uvádí, že se na mém zájmovém území nachází celkem 6 kritických bodů, dva z nich však nevyhovují podmínkám definovaným v kapitole 1. 1. Kritický bod a kritický profil. Důvodem je v případě prvního potencionálního kritického bodu se sběrnou plochou v povodí Kuního potoka fakt, že tato sběrná plocha není složena alespoň ze 40-ti % orné půdy, dokonce se zde nenachází žádná orná půda. Druhý potencionální kritický bod se sběrnou plochou situovanou severozápadně od obce Bedřichovice ohrožuje dálnici D1 a nachází se tedy mimo intravilán. Oba tyto případy jsem označil jako kritické profily.

Podrobně zkoumané body v kapitole 6. Popis kritických bodů a kritických profilů a výpočet základních charakteristik povrchového odtoku jsem vyhodnotil z hlediska přímého odtoku a maximálního kulminačního průtoku. K největšímu maximálnímu průtoku dochází jednoznačně v nejrozlehlejších povodí KB 3. Pro stoletý návrhový srážkový úhrn nabývá poměrně vysoké hodnoty  $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Po provedení vyhodnocení erozního smyvu pro blíže specifikované sběrné plochy kritických bodů a kritických profilů jsem došel k závěru, že nejvyšší průměrné hodnoty dosáhlo povodí KP 15. Je třeba vzít v úvahu, že je v tomto povodí ohroženo pouze 8,6 % povrchu. Oproti tomu povodí KB 3, které má přibližně třetinovou hodnotu průměrného erozního smyvu, je ohroženo téměř z osmdesáti procent plochy s celkovou velikostí povodí více než dvacetinásobně větší v porovnání s plochou povodí KP 13. Za nejvíce vodní erozí ohrožená vybraná povodí tedy považuji sběrné plochy KB 3, KB4 a KP 65.

Na základě výše uvedených skutečností se domnívám, že cíl této práce byl splněn.

## 8. Seznam použité literatury

- (1) DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav*. Brno: VUTIUM, 2013. ISBN 978-80-214-4699-1. ISSN 1213-418X.
- (2) ZPRÁVA O STAVU VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2017 [online]. Stav ke dni 31. 12. 2017. Praha: Ministerstvo zemědělství Těšnov 17, 110 00 Praha 1 [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz), 2018 [cit. 2019-05-15]. ISBN 978-80-7434-463-3. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra\\_zprava\\_2017\\_WEB\\_18.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/607186/Modra_zprava_2017_WEB_18.pdf)
- (3) JANEČEK A KOL., Miroslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika*. 1.vyd. Praha: powerprint, Praha, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- (4) *Metodický návod k provádění pozemkových úprav ve znění změny č. 2. Změna č. 2*. Praha: STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, 2017.
- (5) PETRÁNEK, Jan. Geologické encyklopedie on-line: brunovistulikum. In: *Česká geologická služba* [online]. Praha [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?brunovistulikum>
- (6) Geovědní mapy 1 : 50 000. *Česká geologická služba* [online]. Praha [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- (7) Půdní mapa 1 : 50 000. *Česká geologická služba* [online]. Praha [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- (8) *EKatalog BPEJ: Co je kód BPEJ?* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
- (9) Základní charakteristiky BPEJ: Hlavní půdní jednotka (HPJ). *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/?core=popis>
- (10) MGE DATA. Centrální evidence vodních toků. *Resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>
- (11) MGE DATA. Mapomat: Klimatické oblasti. *AGENTURA OCHRANY PŘÍRODY A KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY* [online]. Ministerstvo životního prostředí České republiky [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://webgis.nature.cz/mapomat/>
- (12) QUITT, Evžen. *KLIMATICKÉ OBLASTI ČESKOSLOVENSKA*. Brno: Geografický ústav Československé akademie věd, 1971.
- (13) Odtokový proces: Základní typy odtoku vody. *ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV* [online]. Ministerstvo životního prostředí České republiky [cit. 2019-05-20]. Dostupné z:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff\\_cz/navmenu.php\\_tab\\_1\\_page\\_1.1.0.htm](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_1.1.0.htm)

(14) HRÁDEK, František a Karel KUŘÍK. *MAXIMÁLNÍ ODTOK Z POVODÍ: Teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAXQ*. 1.vyd. Praha: CREDIT, 2001. ISBN 80-213-0782-X.

(15) BOHÁČ, Miloň, Bohuslava KULASOVÁ, Petr ŠERCL, Ondřej LEDVINKA, Radovan TYL a Tomáš ŘEHÁNEK. *Metodika odvozování N-letých průtoků na nepozorovaných povodích*. Praha: ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, Praha. Dostupné také z: [http://voda.chmi.cz/opv/doc/metodika\\_qn.pdf](http://voda.chmi.cz/opv/doc/metodika_qn.pdf)

(16) HOLÝ, Miloš. *Protierozní ochrana*. 1.vyd. Praha: SNTL a ALFA, 1978. Typové číslo: 17-C3-IV-31/78116.

(17) VÁŠKA A KOL., Jiří. *Hydromeliorace*. 1. Vyd. Praha: ŠEL, SPOL, 2000. ISBN 80-86426-01-7.

(18) WISCHMEIER, W. H. a D. D. SMITH. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. AGRICULTURE HANDBOOK NUMBER 537. Washington, D. C.: U.S. Government Printing Office, 1978. Stock Number 001-000-03903-2. Dostupné také z: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>. United States Department of Agriculture National Agricultural Library.

(19) DUMBROVSKÝ, Miroslav, Veronika SOBOTKOVÁ a Jana UHROVÁ. *Základní topografické a hydrologické nástroje a výpočet erozního smyvu v prostředí Arc GIS*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012.

## 9. Seznam tabulek

TAB. 1.	POPIS JEDNOTLIVÝCH HLAVNÍCH PŮDNÍCH JEDNOTEK .....	12
TAB. 2.	TABULKA CHARAKTERISTIKY KLIMATICKÝCH OBLASTÍ NA ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ .....	15
TAB. 3.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP1 .....	29
TAB. 4.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KB3 .....	31
TAB. 5.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KB4 .....	33
TAB. 6.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP10 .....	35
TAB. 7.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP12 .....	37
TAB. 8.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP13 .....	39
TAB. 9.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP15 .....	41
TAB. 10.	TABULKA VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH VELIČIN PODLE OBOU METOD PRO KP65 .....	43
TAB. 11.	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ VYPOČTENÝCH PODLE OBOU METOD .....	44
TAB. 12.	VYHODNOCENÍ PRŮMĚRNÉHO EROZNÍHO SMYVU PRO VYBRANÉ KP A KB .....	45

## 10. Seznam obrázků

OBR. 1.	LETECKÝ SNÍMEK POVODÍ IV. ŘÁDU A PŘÍSLUŠNÝCH KATASTRÁLNÍCH ÚZEMÍ.....	6
OBR. 2.	GEOLOGICKÁ MAPA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	8
OBR. 3.	MAPA PŮDNÍCH POMĚRŮ .....	9
OBR. 4.	HLAVNÍ PŮDNÍ JEDNOTKY V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....	10
OBR. 5.	MAPA HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD .....	13
OBR. 6.	MAPA HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK A ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ Q100 .....	14
OBR. 7.	MAPA KLIMATICKÝCH POMĚRŮ .....	15
OBR. 8.	MAPA SKLONITOSTI SVAHŮ V %.....	16
OBR. 9.	MAPA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ A IDENTIFIKOVANÝCH KRITICKÝCH BODŮ A PROFILŮ .....	17
OBR. 10.	UKÁZKA ZADÁVÁNÍ VSTUPNÍCH ÚDAJŮ V PROGRAMU DESQ-MAXQ.....	21
OBR. 11.	VYHODNOCENÍ EROZNÍHO SMYVU NA ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ .....	27
OBR. 12.	Z ČÁSTI ZANESENÉ SVODNÉ ŽLÁBKY U HRANICE S INTRAVILÁNEM .....	28
OBR. 13.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP1.....	29
OBR. 14.	HOSPODÁŘSKÝ SJEZD OMEZUJÍCÍ ODTOKOVÉ POMĚRY BEZEJMENNÉHO TOKU (PODOLÍ) .....	30
OBR. 15.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KB3.....	31
OBR. 16.	POHLED NA SBĚRNOU PLOCHU KB 4.....	32
OBR. 17.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KB4.....	33
OBR. 18.	ZAROSTLÝ PŘÍKOP A ZANESENÁ KANALIZAČNÍ VPUŠŤ KRITICKÉHO PROFILU .....	34
OBR. 19.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP10.....	35
OBR. 20.	POHLED NA PŘÍRODNÍ KORYTO KRITICKÉHO PROFILU.....	36
OBR. 21.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP12.....	37
OBR. 22.	ZÁVĚROVÝ PROFIL KP 13 OHROŽUJÍCÍ NOVÉ RODINNÉ DOMY.....	38
OBR. 23.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP13.....	39
OBR. 24.	MALÁ ZEMNÍ HRÁZ SE ŠTĚRKOVOU KORUNOU .....	40
OBR. 25.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP15.....	41
OBR. 26.	VTKOVÝ OBJEKT S ČESLEMI A ODTOKEM DO KANALIZACE POTRUBÍM DN 600 .....	42
OBR. 27.	HYDROGRAM MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ PRO STOLETÝ NÁVRHOVÝ SRÁŽKOVÝ ÚHRN PRO KP65.....	43
OBR. 28.	GRAF POROVNÁNÍ MAXIMÁLNÍCH PRŮTOKŮ V JEDNOTLIVÝCH POVODÍCH .....	44
OBR. 29.	GRAF POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO EROZNÍHO SMYVU PRO DANÁ POVODÍ.....	45

## 11. Seznam použitých zkratk

BPEJ – bonitovaná půdně ekologická jednotka

HPJ – hlavní půdní jednotka

ČHP – číslo hydrologického pořadí

KB – kritický bod

PV – povodňová vlna

KP – kritický profil

DSO – dráha soustředěného odtoku

IPS – index předchozích srážek

USLE – universální rovnice ztráty půdy

ČR – česká republika

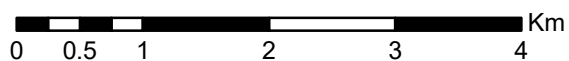
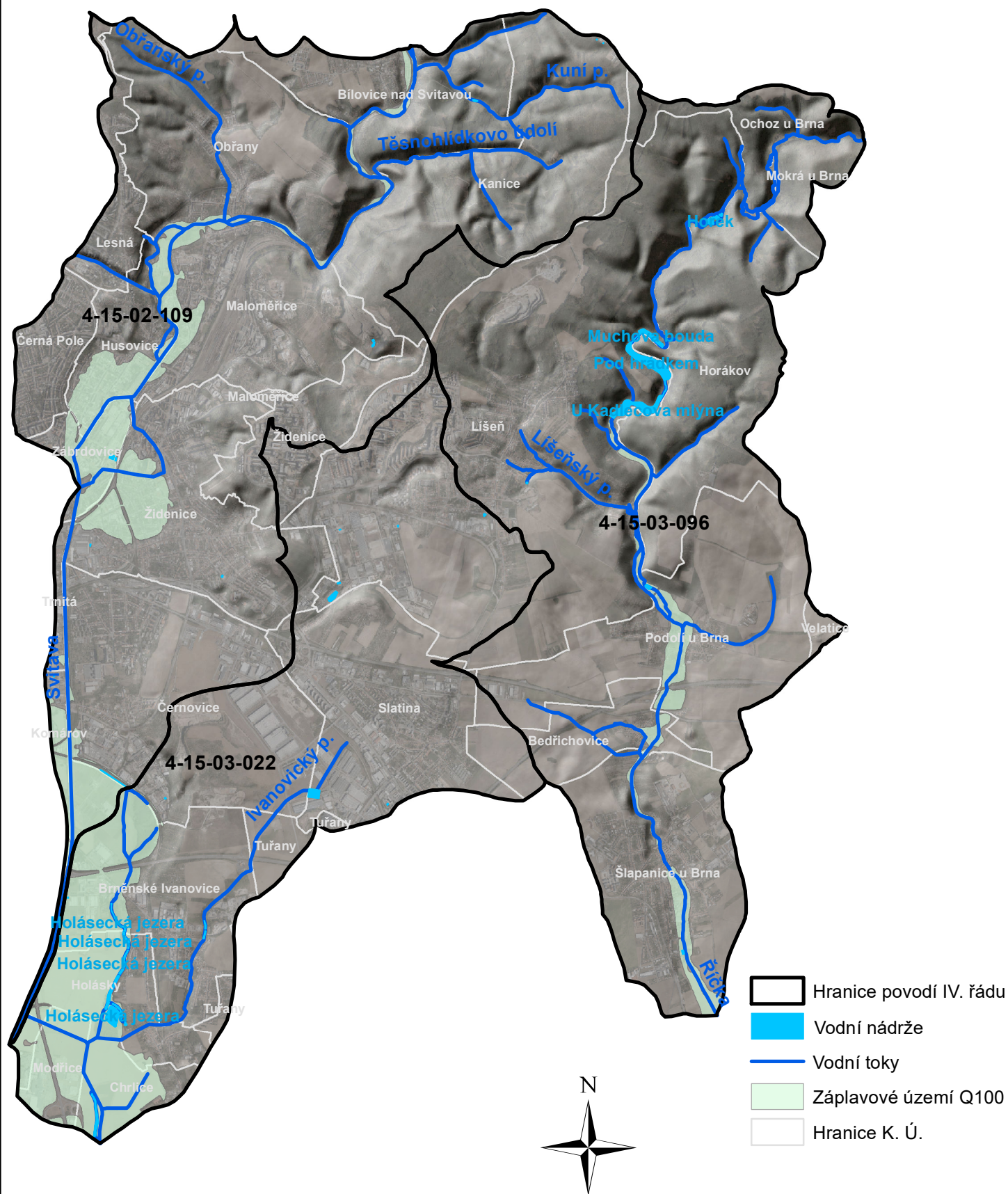
LPIS – land parcel identification system

## 12. Seznam příloh

1. MAPA HYDROLOGICKÝCH POMĚRŮ
2. MAPA HLAVNÍCH PŮDNÍCH JEDNOTEK
3. MAPA HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD
4. MAPA SKLONITOSTNÍCH POMĚRŮ
5. MAPA EROZNÍHO SMYVU
6. MAPA PROSTOROVÉ LOKALIZACE KRITICKÝCH BODŮ A PROFILŮ

# MAPA HYDROLOGICKÝCH POMĚRŮ

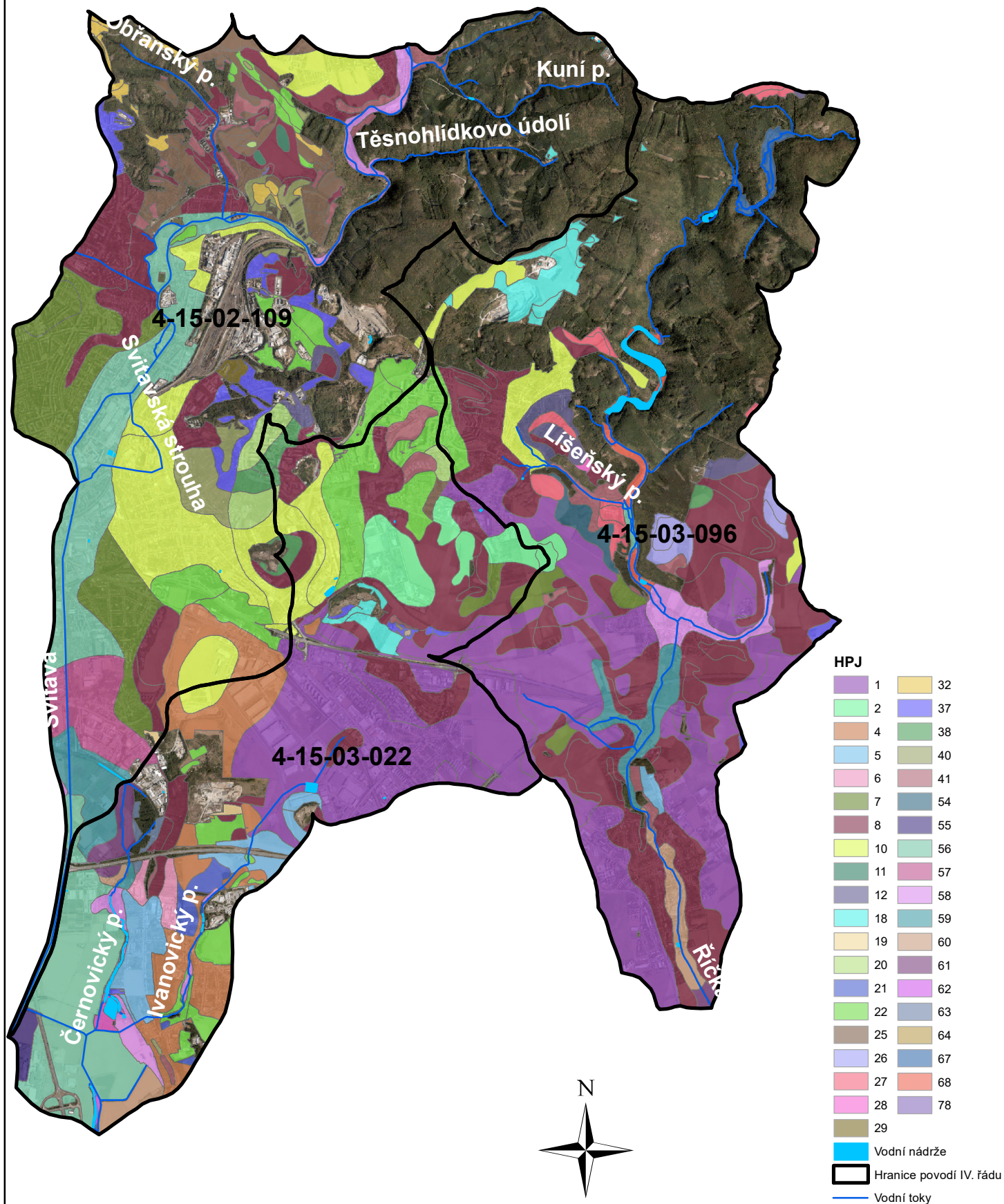
## M 1: 60 000



VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA		VYSOKÉ UČENÍ	FAKULTA
VEDOUcí PRÁCE:	prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.		TECHNICKÉ	STAVEBNÍ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE				
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK		DATUM	05/2019	
		FORMÁT	A4	
		MĚŘÍTKO	1 : 60 000	
NÁZEV PŘÍLOHY:	MAPA HYDROLOGICKÝCH POMĚRŮ	ČÍSLO PŘÍLOHY	1	

# MAPA HLAVNÍCH PŮDNÍCH JEDNOTEK

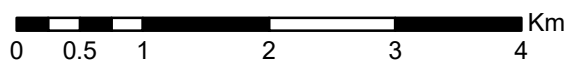
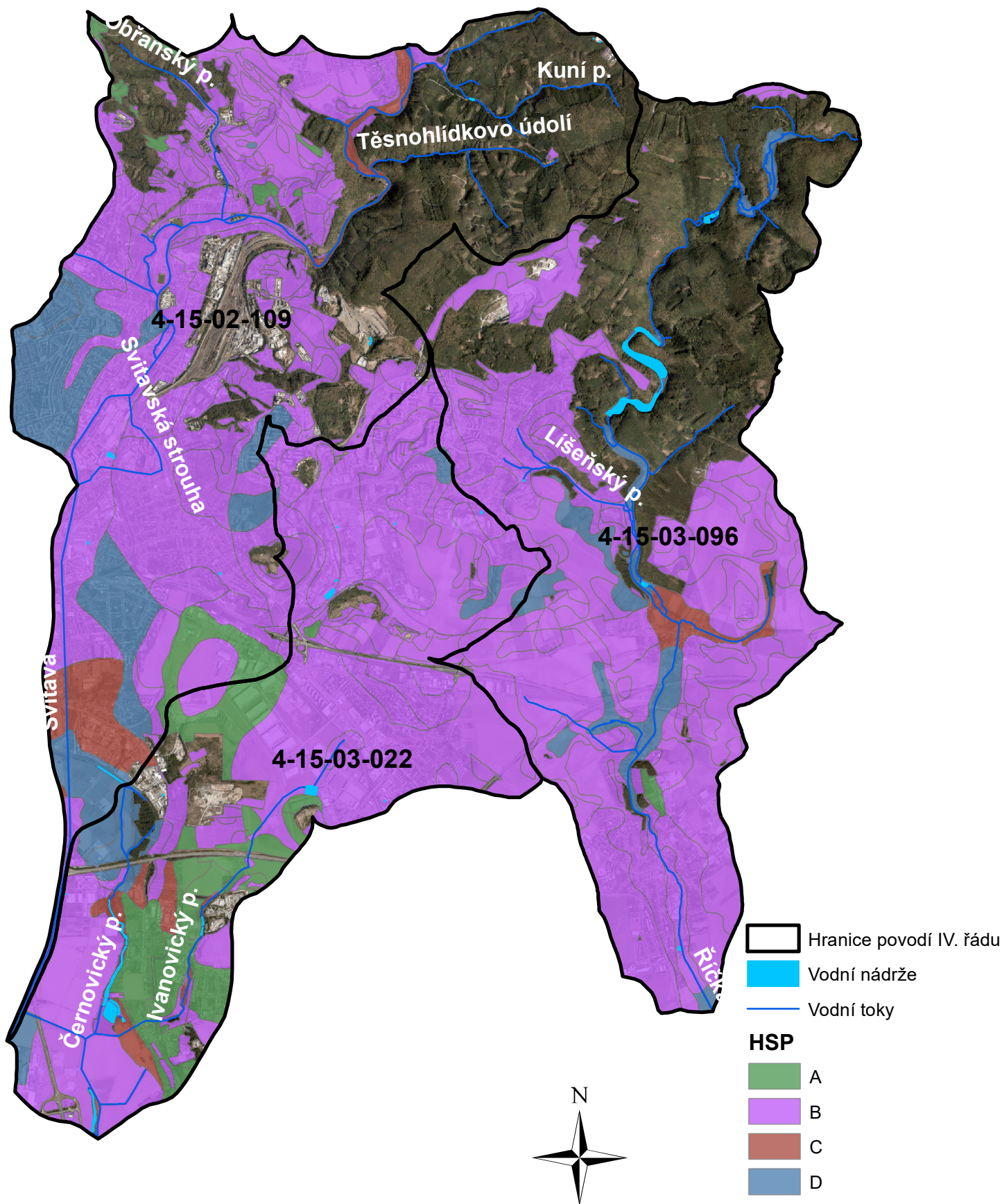
## M 1: 60 000











VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA	
VEDOUČÍ PRÁCE:	prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.	
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK	DATUM	05/2019
	FORMÁT	A4
	MĚŘÍTKO	1 : 60 000
NÁZEV PŘÍLOHY:	ČÍSLO PŘÍLOHY	2
<b>MAPA HLAVNÍCH PŮDNÍCH JEDNOTEK</b>		

# MAPA HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD

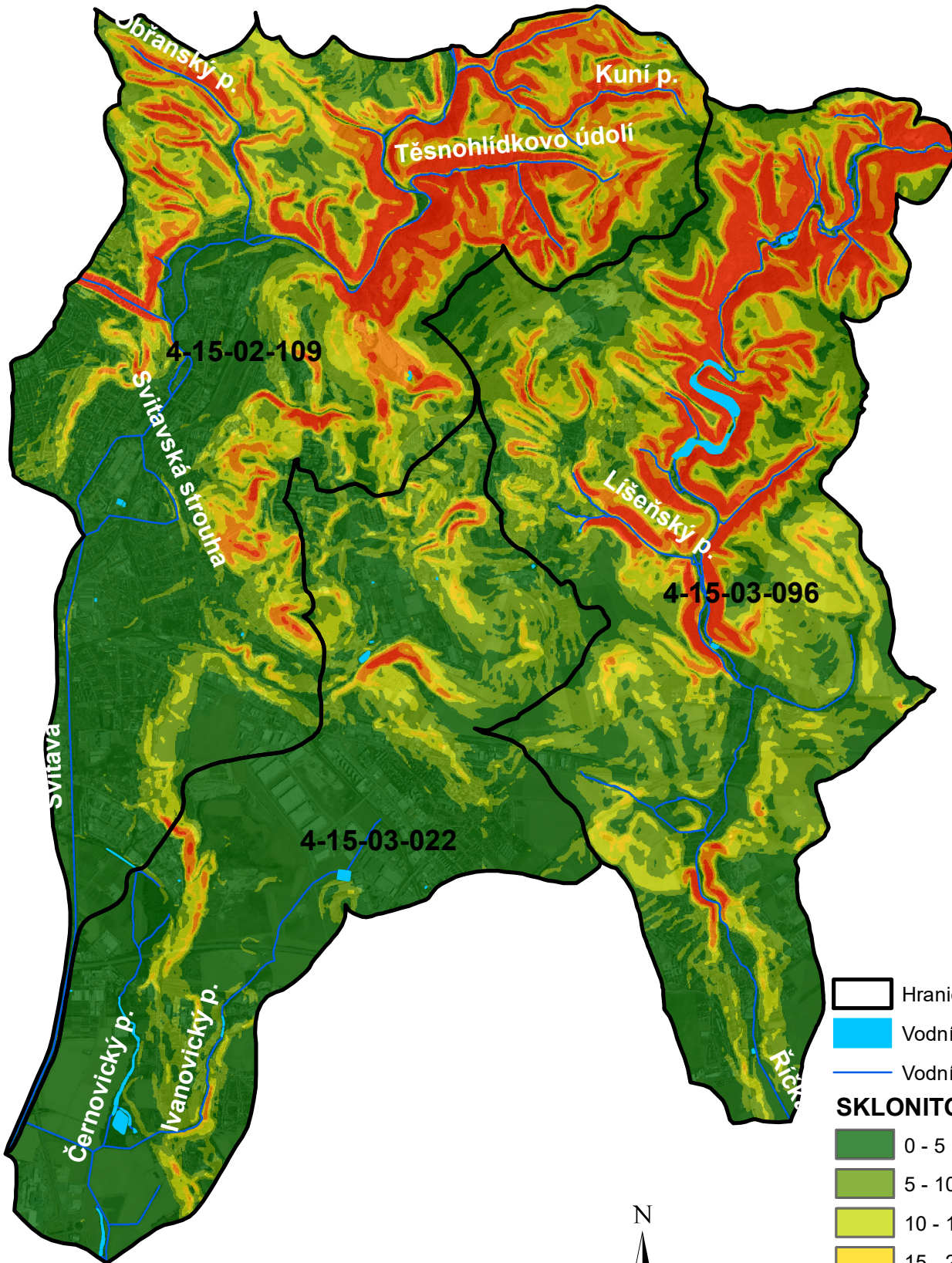
M 1: 60 000



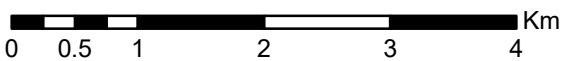
-  Hranice povodí IV. řádu
-  Vodní nádrže
-  Vodní toky
- HSP**
-  A
-  B
-  C
-  D

VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA		VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
VEDOUCÍ PRÁCE:	prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.		TECHNICKÉ STAVEBNÍ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ	DATUM	05/2019	
JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK	FORMÁT	A4	
NÁZEV PŘÍLOHY:	MĚŘÍTKO	1 : 60 000	
	ČÍSLO PŘÍLOHY	3	
<b>MAPA HYDROLOGICKÝCH SKUPIN PŮD</b>			

**MAPA SKLONITOSTNÍCH POMĚRŮ**  
**M 1: 60 000**



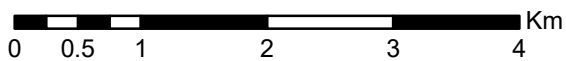
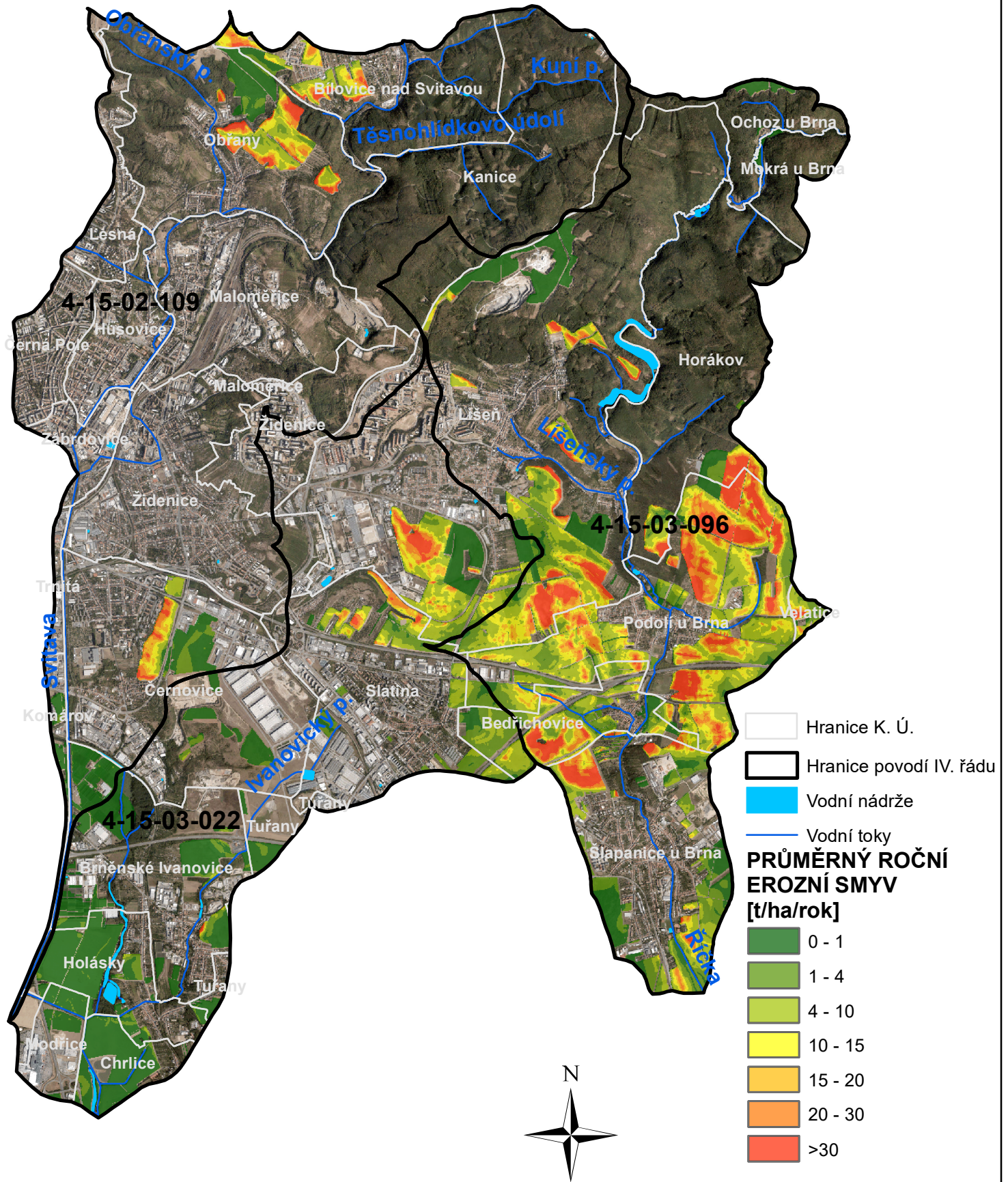
- Hranice povodí IV. řádu
- Vodní nádrže
- Vodní toky
- SKLONITOST [%]**
- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- >30



VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA		VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
VEDOUCÍ PRÁCE:	prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.		TECHNICKÉ STAVEBNÍ V BRNĚ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK	DATUM	05/2019	
NÁZEV PŘÍLOHY:	FORMÁT	A4	
	MĚŘÍTKO	1 : 60 000	
	ČÍSLO PŘÍLOHY	4	
<b>MAPA SKLONITOSTNÍCH POMĚRŮ</b>			

# MAPA EROZNÍHO SMYVU

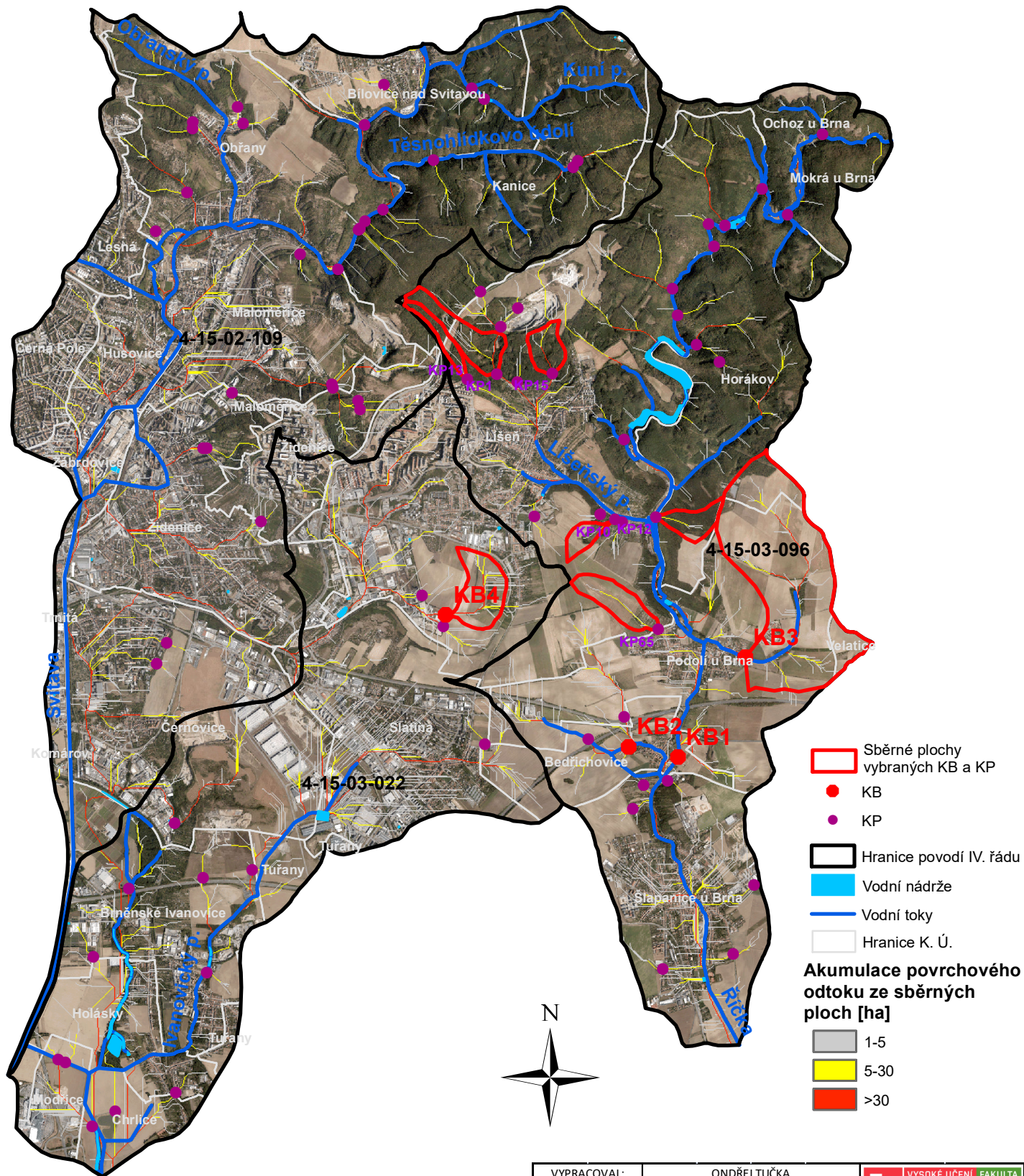
M 1: 60 000



VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA	<b>T</b> VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA TECHNICKÉ STAVEBNÍ V BRNĚ
VEDOUCÍ PRÁCE:	prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.	
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK	DATUM	05/2019
	FORMÁT	A4
	MĚŘÍTKO	1 : 60 000
NÁZEV PŘÍLOHY:	ČÍSLO PŘÍLOHY	5
<b>MAPA EROZNÍHO SMYVU</b>		

# MAPA PROSTOROVÉ LOKALIZACE KRITICKÝCH BODŮ A PROFILŮ

## M 1: 60 000



0 0.5 1 2 3 4 Km

VYPRACOVAL:	ONDŘEJ TUČKA		VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
VEDOUČÍ PRÁCE:	prof. ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.		TECHNICKÉ STAVEBNÍ V BRNĚ
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
IDENTIFIKACE KRITICKÝCH PROFILŮ A VYHODNOCENÍ JEJICH EROZNÍCH A HYDROLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK		DATUM	05/2019
		FORMÁT	A4
		MĚŘÍTKO	1 : 60 000
NÁZEV PŘÍLOHY:		ČÍSLO PŘÍLOHY	6
<b>MAPA PROSTOROVÉ LOKALIZACE KRITICKÝCH BODŮ A PROFILŮ</b>			