



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ JAKO PODKLAD PRO STUDII ODTOKOVÝCH A EROZNÍCH POMĚRŮ

DESIGN OF EROSION AND FLOOD CONTROL MEASURES FOR THE STUDY OF RUNOFF AND  
EROSION CONDITIONS

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Svoboda

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav vodního hospodářství krajiny  
Student: **Bc. Jiří Svoboda**  
Vedoucí práce: **Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23  
Studijní program: N0732A260025 Stavební inženýrství – vodní hospodářství a vodní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Návrh protierozních a protipovodňových opatření jako podklad pro studii odtokových a erozních poměrů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Bakalář provede analýzu erozních a odtokových poměrů, návrh adaptačních opatření v zájmovém území jako podklad pro Studii odtokových poměrů.

Bude zpracována rešerše, charakteristika území, metodika použitých řešení, výsledky a diskuze a závěr. Budou zpracovány tabulky a obrázky, které doplní psaný text.

### **Cíle a výstupy diplomové práce:**

Cílem diplomové práce je zpracování podkladů pro studii erozních a odtokových poměrů. Diplomant provede analýzu zájmového území z hlediska erozních a odtokových poměrů, identifikuje kritické body a profily a provede návrh protierozních a protipovodňových opatření vedoucích k ochraně obce Sívce. Výstupem diplomové práce bude zpracování charakteristiky území, průzkum terénu, vyhodnocení erozních a odtokových poměrů a optimální návrh protierozních a protipovodňových opatření.

### **Seznam doporučené literatury a podklady:**

1. Drbal, K. a kol. Metodika mapování povodňového rizika. In Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 151–161. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>
2. Drbal, K.; Dumbrovský, M. a kol. Metodický návod pro identifikaci KB. Brno: MŽP, 2009, 7 str. Dostupné online: [http://www.povis.cz/mzp/KB\\_metodicky\\_navod\\_identifikace.pdf](http://www.povis.cz/mzp/KB_metodicky_navod_identifikace.pdf)
3. Dumbrovský, M. a kol. Dopady povodní na krajinu a životní prostředí. In Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky, MŽP: Praha, 2009; str. 117–125. Dostupné online: <http://voda.chmi.cz/pov09/doc/01.pdf>

4. Holý, M. a kol. Eroze a životní prostředí, Praha: ČVUT, 1998.
5. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU, 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
6. Morgan, R.P.C. Soil Erosion and Conservation. Third Edition. Oxford: Blackwell Publishing. 2005, p. 304, ISBN 1-4051-1781-8.
7. Hrádek, F. Implementace hydrologického modelu DeSQ, Praha: ČZU, 1997.
8. Metodický návod k provádění pozemkových úprav - aktuální verze
9. Technický standard plánu společných zařízení - aktuální verze

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

---

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.  
vedoucí ústavu

---

Ing. Veronika Sobotková, Ph.D.  
vedoucí práce

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce je v úvodu zaměřena na podrobnou charakteristiku a analýzu katastrálního území Sivice. Erozní poměry jsou stanoveny s využitím programů ArcGIS a USLE2D. Odtokové poměry jsou vyhodnoceny metodou CN křivek s využitím programů ArcGIS a DesQ–MaxQ. Po analýze zájmového území následuje návrh protierozních a protipovodňových opatření, jejichž účelem je ochrana intravilánu obce Sivice před přívalovými povodněmi a ochránit zemědělské půdy před vodní erozí. Po zakresleném návrhu jsou dimenzovaná biotechnická a technická opatření na návrhové průtoky stanovené v modelu DesQ–MaxQ. Ke všem ochranným opatřením náleží podrobný popis. V závěru práce se vyhodnocuje účinnost navržených ochranných opatření, kde se porovnávají erozní a odtokové poměry před návrhem a po návrhu opatření.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

vodní eroze, EHP, povrchový odtok, DesQ, CN, protierozní a protipovodňové opatření, průleh, kritický bod, kritický profil

## **ABSTRACT**

This master's thesis is in introduction focused on the detailed characteristics and analysis in the cadastral area of Sivice. Erosion conditions are determined with using programs ArcGIS and USLE2D. Runoff conditions are evaluated by the method CN curve with using programs the ArcGIS and DesQ–MaxQ. After the analysis follows a design of erosion and flood control measures, the purpose of which is protection of the intravillan village of Sivice from torrential floods and protection agricultural land from water erosion. After the drawing design, biotechnical and technical measures are dimensioned for the design flow rates specified in the model DesQ–MaxQ. A detailed description belongs to all the protective measures. In conclusion of the thesis is evaluated the efficiency of the design protective measures and the average soil loss and runoff quantities are compared before and after the design of the protective measures.

## **KEYWORDS**

water erosion, EHP, surface runoff, DesQ, CN, erosion and flood control measure, broad base terraces, critical point, critical profile

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

SVOBODA, Jiří. *Návrh protierozních a protipovodňových opatření jako podklad pro studii odtokových a erozních poměrů*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143685>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Veronika Sobotková.

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

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Návrh protierozních a protipovodňových opatření jako podklad pro studii odtokových a erozních poměrů* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 1. 2023

---

Bc. Jiří Svoboda  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Návrh protierozních a protipovodňových opatření jako podklad pro studii odtokových a erozních poměrů* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2023

---

Bc. Jiří Svoboda  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji své vedoucí Ing. Veronice Sobotkové, Ph.D. za pomoc, užitečné rady a věcné připomínky při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě podporovala během celého studia.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
1.1	Cíle práce.....	12
<b>2</b>	<b>CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ</b> .....	<b>13</b>
2.1	Charakteristika obce.....	13
2.2	Klimatické poměry.....	14
2.2.1	Klimatické poměry dle Quitta.....	14
2.2.2	Klimatické poměry dle BPEJ.....	16
2.3	Geologické poměry.....	16
2.4	Geomorfologické poměry.....	18
2.5	Morfologické poměry s využitím DMR 4G.....	19
2.5.1	Sklonitostní poměry.....	19
2.6	Pedologické poměry.....	20
2.6.1	Pedologické poměry s využitím BPEJ.....	21
2.6.2	Hydrologická skupina půd (HSP).....	24
2.7	Hydrologické poměry.....	25
2.8	Meliorační stavby.....	30
2.9	Hospodářské využití území.....	30
<b>3</b>	<b>POUŽITÉ METODY A PROGRAMY</b> .....	<b>33</b>
3.1	ArcGIS.....	33
3.1.1	DMR 4G, DMR 5 G.....	33
3.2	Výpočet erozního smyvu dle rovnice USLE.....	33
3.3	Klimatická změna.....	34
3.4	Stanovení erozního smyvu v prostředí aplikaci ArcMap.....	35
3.5	Posouzení erozní ohroženosti.....	37



3.6	Odtokové poměry pomocí čísel odtokových křivek–CN.....	37
3.7	Identifikace kritických bodů, kritických profilů a závěrových profilů.....	38
3.8	Hydrologický model DesQ–MaxQ .....	39
3.9	Použité rovnice při dimenzování .....	39
<b>4</b>	<b>ZPŮSOBY PROTIEROZNÍ A PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY .....</b>	<b>41</b>
4.1	Organizační opatření .....	41
4.2	Agrotechnická opatření .....	42
4.3	Biotechnická a technická opatření.....	43
<b>5</b>	<b>VYHODNOCENÍ SOUČASNÝCH EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ .....</b>	<b>47</b>
5.1	Vyhodnocení současných erozních poměrů .....	47
5.2	Identifikace KB, KP, ZP a jejich sběrných povodí.....	50
5.2.1	Kritické body .....	51
5.2.2	Kritické profily .....	52
5.2.3	Závěrové profily .....	53
5.3	Tvorba mapy CN křivek v prostředí aplikaci ArcMap.....	54
5.4	Vyhodnocení odtokových poměrů (současný stav).....	56
<b>6</b>	<b>NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ.....</b>	<b>61</b>
6.1	Popis návrhu opatření.....	61
6.2	Navržená organizační opatření.....	61
6.3	Navržená biotechnická a technická protierozní opatření .....	63
6.3.1	Dimenzování protierozních průlehů a příkopů .....	64
6.3.2	Popis navržených protierozních průlehů a příkopů.....	66
6.3.3	Návrh a dimenzování trubních propustků .....	74
6.3.4	Nedimenzovaná biotechnická a technická opatření.....	77
6.4	Vyhodnocení erozních poměrů po návrhu opatření.....	82
6.5	Vyhodnocení odtokových poměrů poměrů po návrhu opatření .....	84

<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>88</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>89</b>
8.1	Veřejně dostupné a poskytnuté mapové podklady.....	92
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>93</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>96</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>97</b>

# 1 ÚVOD

Při erozi půdy dochází k odstranění nejurodnější části, a to ornice vlivem destrukční činnosti dešťových kapek. Pokud je zemědělská půda exponována z dlouhodobého hlediska vůči vodní erozi, dochází postupně k nežádoucímu zmenšování mocnosti půdního profilu, zhoršení fyzikálně–chemických vlastností, zvýšení štěrkovitosti apod. Na svažitéch zemědělských pozemcích často dochází k povrchovému odtoku, který z pozemků transportuje uvolněné půdní částice. Následně povrchový odtok vniká do zastavěných částí měst a obcí, vodních toků, nádrží, kde poté dochází k sedimentaci transportovaných splavenin. To vede ke vzniku škod na majetku, ke zmenšení akumulčních prostorů nádrží, zhoršení jakosti vody nebo snížení kapacity koryt [1].

Diplomová práce je zaměřena na návrh protierozních a protipovodňových opatření jako podklad pro studii odtokových a erozních poměrů pro katastrální území Sivice. Velké problémy v obci způsobuje Pozořícký potok, který protéká zastavěnou částí. Potok se rozvodňuje a rozlévá na soukromých pozemcích při každém intenzivnějším dešti a způsobuje tak nežádoucí škody na majetku (obr. 1). Dále potok může způsobit potenciální škody v níže položené obci Tvarožná, kde ústí do Tvaroženského potoka. V k. ú. Sivice jsou ale i další problémová místa ohrožená soustředěným povrchovým odtokem a erozním smyvem ze zemědělsky obdělávaných pozemků při přívalových srážkách. Proto je nezbytné pro zájmovou lokalitu vyhodnotit současné erozní a odtokové poměry na základě digitálního modelu terénu v prostředí GIS, podrobného terénního průzkumu a na základě provedených analýz poté provést relevantní návrh protierozních a protipovodňových opatření. Opatření sníží erozní smyv na zemědělsky obdělávaných pozemcích, sníží kulminační průtoky v identifikovaných kritických a závěrových profilech, podpoří retenční schopnost v území nebo bezpečně odvedou vodu z krajiny, esteticky obohatí vzhled krajiny, zpřístupní pozemky, a hlavně zamezí nežádoucím škodám v intravilánu.

Práce se také okrajově zabývá klimatickou změnou. Klimatické změna byla v době zadání práce a v současné době stále je tématem velmi diskutovaným a aktuálním a v této práci se s ní počítá. V budoucnu se to projeví intenzivnějšími meteorologickými extrémy, kdy se bude střídát období beze srážek nebo naopak častější období se srážkami s jejich vysokou intenzitou. Z to plyne, že už tak ohrožená zemědělská půda vodní erozí bude ještě náchylnější na odnos půdních částic a zvýší se hodnoty kulminačních průtoků a objemů povodňových vln v kritických profilech.



*Obr. 1. Rozvodněný Pozořický potok po přívalové srážce [9]*

## 1.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je zpracovat studii erozních a odtokových poměrů pro obec Sivice a navrhnout pro ochranu obce relevantní protierozních a protipovodňových opatření. Prvním z cílů je udělat rozbor současného stavu, tj. provést charakteristiku a analýzu zájmového území z hlediska erozních a odtokových poměrů. Erozní poměry jsou zpracovány v prostředí ArcGIS na erozně ohrožených plochách dle platné metodiky Ochrana zemědělské půdy před erozí (Janeček a kol., 2012), dle platného Metodického návodu pro provádění pozemkových úprav a dle Technického standardu plánu společných zařízení s využitím softwaru USLE2D. S využitím ArcGIS je nutno z hlediska odtokových poměrů lokalizovat kritické a závěrové profily s vymezením jejich sběrných povodí a stanovit metodou CN křivek prostřednictvím modelu DesQ–MaxQ odtokové charakteristiky jako kulminační průtoky a objemy povodňových vln. Velmi důležitým úkolem je také provést podrobný průzkum terénu v zájmovém území.

Následujícím úkolem a cílem je provést návrh vhodných protierozních a protipovodňových opatření, a to jak organizačního, tak technického, resp. biotechnického charakteru. Účel návrhu spočívá v ochraně intravilánu obce Sivice a v ochraně zemědělské půdy před vodní erozí. Po situování technických a biotechnických opatření následuje jejich dimenzování.

Závěrečným cílem je zhodnotit účinnost navržených protierozních a protipovodňových opatření, tj. porovnat erozní smyv a odtokové poměry před návrhem a po návrhu opatření.

## 2 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

### 2.1 Charakteristika obce

Obec Sivice se nachází v Jihomoravském kraji v okrese Brno-venkov. Sivice jsou vzdáleny přibližně 15 km severovýchodně od Brna na úpatí Dražanské vrchoviny. Katastrální území má plochu 7,26 km<sup>2</sup>. Katastr obce Sivice sousedí s katastry obcí Hostěnice, Pozořice, Holubice, Tvarožná a Mokrá-Horákov. V Sivicích žije přibližně 1100 obyvatel. Nadmořská výška je 278 m n.m. [2, 3]. Graficky vyznačené zájmové území je na obr. 2 a obr. 3.



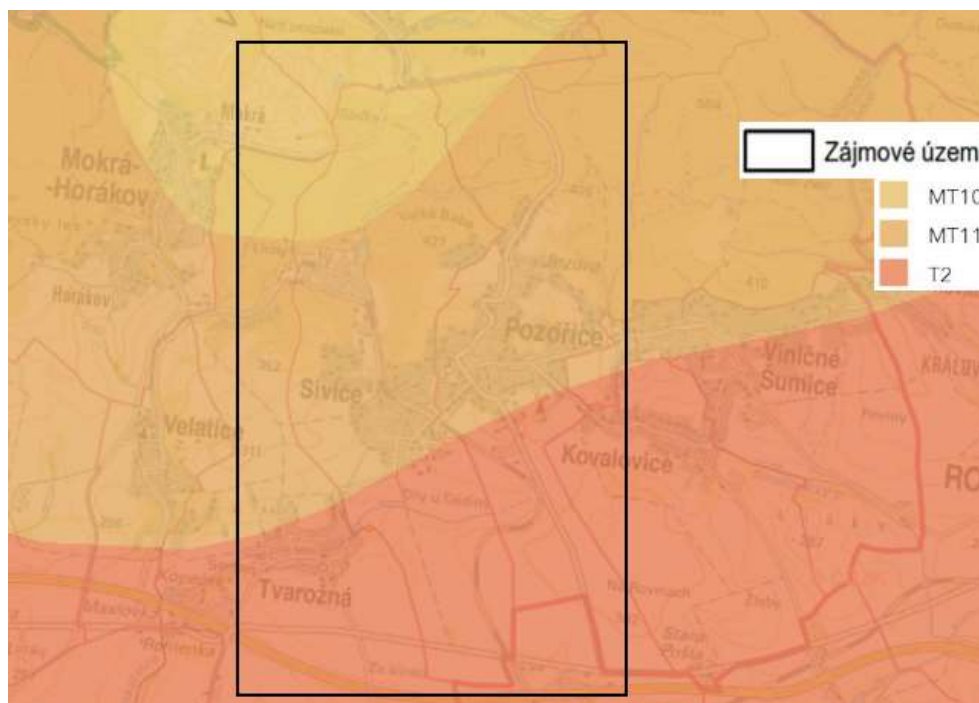
Obr. 2. Zájmové území v rámci ČR [4]



Nejbližší srážkoměrnou stanicí je stanice Podolí nacházející se přibližně 5 km jihozápadně od Sivic. Srážkoměrné stanice ale neobsahuje maximální denní úhrny srážek. Do modelu DesQ budou vstupovat tedy návrhové deště dle Šamaje, Valoviče, Brázdila pro stanici Šlapanice nacházející se přibližně 6 km jihozápadně od Sivic.

Tab. 1. Charakteristika klimatických poměrů dle Quitta, 1971 [5]

KLIMATICKÉ CHARAKTERISTIKY	T2	MT11	MT10
Počet letních dnů	50–60	40–50	40–50
Počet dnů s průměrnou teplotou 10 °C a více	160–170	140–160	140–160
Počet mrazových dnů	100–110	110–130	110–130
Počet ledových dnů	30–40	30–40	30–40
Průměrná teplota v lednu [°C]	-2 – -3	-2 – -3	-2 – -3
Průměrná teplota v červenci [°C]	18–19	17–18	19–20
Průměrná teplota v dubnu [°C]	8–9	7–8	7–8
Průměrná teplota v říjnu [°C]	7–9	7–8	7–8
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	90–100	90–100	100–120
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350–400	350–400	400–450
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200–300	200–250	200–250
Srážkový úhrn celkem (mm)	550–700	550–650	600–700
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	40–50	50–60	50–60
Počet zatažených dnů	120–140	120–150	120–150
Počet jasných dnů	40–50	40–50	40–50



Obr. 4. Mapa klimatických regionů s vyznačením zájmové oblasti [6]

## 2.2.2 Klimatické poměry dle BPEJ

BPEJ je charakterizována pětímístným kódem a klimatické poměry byly určeny z první číslice, která vyjadřuje příslušnost klimatického regionu. Pro Českou republiku je vymezeno deset klimatických regionů (číselný kód 0–9) se základním členěním na oblast velmi teplou, teplou, mírně chladnou a chladnou s podtříděním subregionů na suchý, mírně suchý, mírně vlhký a vlhký. Zájmové území se rozprostírá na území třech klimatických regionů. Jedná se o klimatický region 2–teplý, mírně suchý (T2), klimatický region 3–teplý, mírně vlhký (T3) a klimatický region 5–mírně teplý, mírně vlhký (MT2) [13]. Podrobná charakteristika klimatických regionů je uvedena v tab. 2.

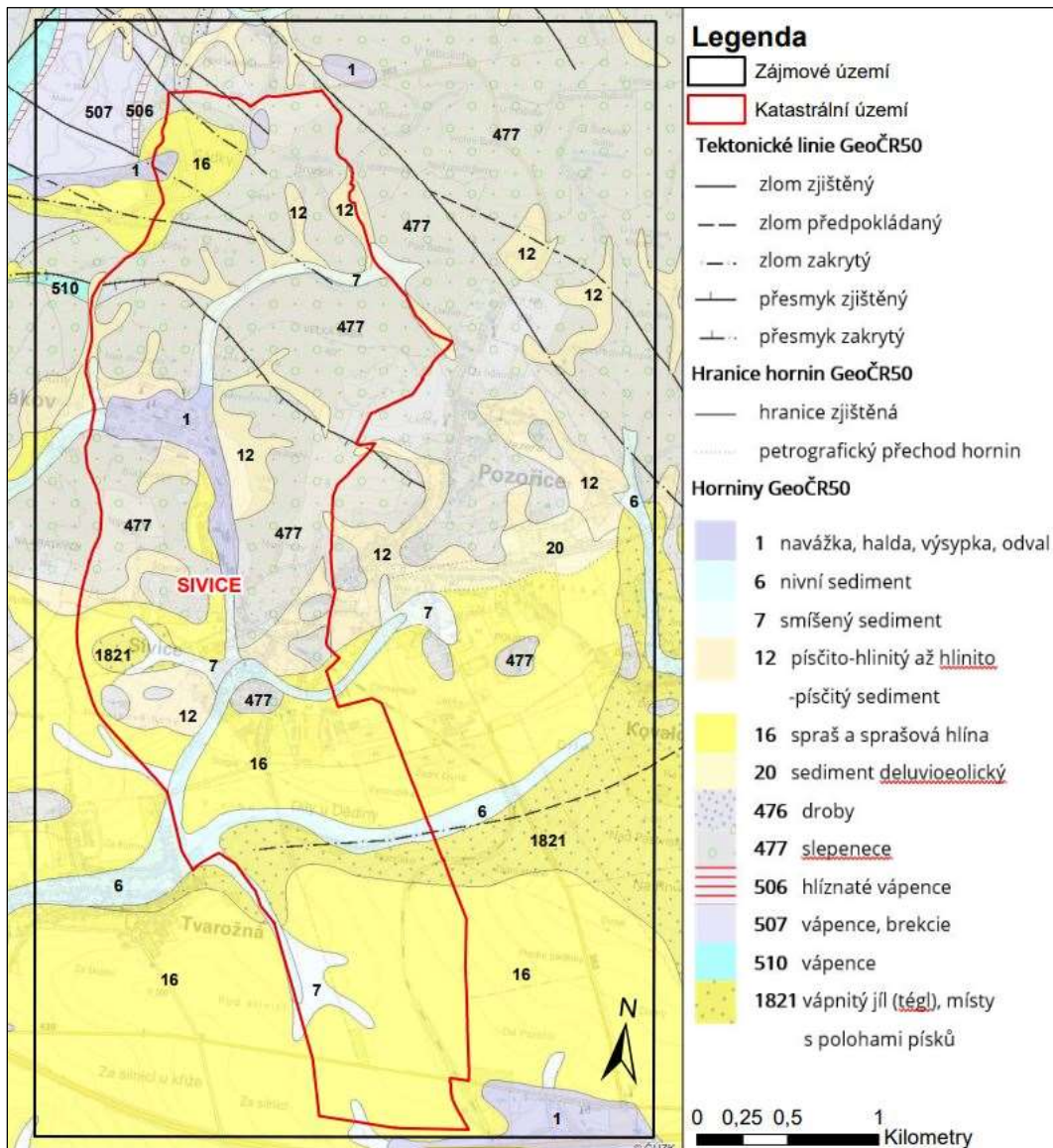
Tab. 2. Charakteristiky klimatických regionů dle BPEJ [13].

Charakteristika regionu	T2	MT11	MT2
Suma teplot nad 10 [°C]	2600–2800	2500–2800	2200–2500
Průměrná roční teplota [°C]	8–9	8–9	7–8
Průměrný úhrn srážek [mm]	500–600	550–650	550–650
Pravděp. suchých vegetačních období [%]	20–30	10–20	15–30
Vláhová jistota ve vegetačním období	2–4	4–7	4–10

## 2.3 Geologické poměry

Zájmové území je z geologického hlediska v největší míře tvořeno sprašemi a sprašovými hlínami a slepenci. Velké zastoupení v území mají také písčito–hlinité až hlinito–písčité sedimenty a vápnitý jíl. V místech vodních toků nebo údolnic se vyskytuje nivní nebo smíšený sediment. Dále je v území ojedinělé zastoupení navážky, sedimentu deluvioeolického, drob, hlíznatého vápence, vápence s brekciemi. (obr. 5) [7]. V zájmovém území se nenachází žádné chráněné geologické lokality [8].





Obr. 5. Geologická mapa zájemového území [7]

- *spraš a sprašová hlína (ID: 16)*

Eratém: kenozoikum, útvar: kvartér, oddělení: pleistocén: horniny: spraš a sprašová hlína, typ hornin: sediment nezpevněný, soustava: Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity, oblast: kvartér [7]

- *slepence (ID: 477)*

Eratém: paleozoikum, útvar: karbon, oddělení: karbon spodní, horniny: slepenec, typ hornin: sediment zpevněný, zrnitost: drobnozrnná až velmi hrubozrnná (balvanitá), soustava: Český masiv – krystalinikum a prevariské paleozoikum, oblast: moravskoslezská oblast [7]

- *písčito–hlinitý až hlinito–písčitý sediment (ID: 12)*

Eratém: kenozoikum, útvar: kvartér, horniny: písčito–hlinitý až hlinito–písčitý sediment, typ hornin: sediment nezpevněný, zrnitost: písčito–hlinitá až hlinito–písčitá, soustava: Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity, oblast: kvartér [7]

- *vápnnitý jíl (ID: 1821)*

Eratém: kenozoikum, útvar: neogén, horniny: vápnnitý jíl (tégel), místy s polohami písků, typ hornin: sediment nezpevněný, soustava: Karpaty, oblast: karpatská prohlubeň [7]

## 2.4 Geomorfologické poměry

Zájmové území spadá v rámci biogeografického členění do hercynské a panonské podprovincie. Severní polovina zájmového území je součástí geomorfologické soustavy Česko–moravská soustava, podsoustavy Brněnská vrchovina, celku Dražanská vrchovina, podcelku Konická vrchovina, okrsku Mokrá vrchovina. Jižní polovina zájmového území je součástí geomorfologické soustavy Vněkarpatské sníženiny, podsoustavy Západní Vněkarpatské sníženiny, celku Dyjsko–svratecký úval, podcelku Pracká pahorkatina, okrsku Šlapanická pahorkatina [6]. Geomorfologická mapa je znázorněna na obr. 6.

Okrsek Vraclavský hřbet se nachází v jižní části Konické vrchoviny. Plocha okrsku je 106,13 km<sup>2</sup>. Je to členitá vrchovina budovaná spodnokarbonským slepencem, drobami a břidlicemi. Osou území je hluboké údolí Říčky se zaklesnutými meandry a s úseky založenými na zlomech. Nejvyšší bod je Proklest 574 m n.m. [10].

Okrsek Šlapanická pahorkatina se nachází v severovýchodní části Pracké pahorkatiny. Plocha okrsku je 129,55 km<sup>2</sup>. Je to nížinná pahorkatina tvořená neogenními usazeninami, sprašemi a výstupy brněnského plutonu, kulmy a jury. Osou území je hluboké údolí Říčky se zaklesnutými meandry a s úseky založenými na zlomech. Nejvyšší bod je Čtvrtě 331,3 m n.m. Dalšími významnými body jsou Bílá hora, Hybešova hora, Nová hora, Pracký kopec [10].



Obr. 6. Geomorfologická mapa [17]

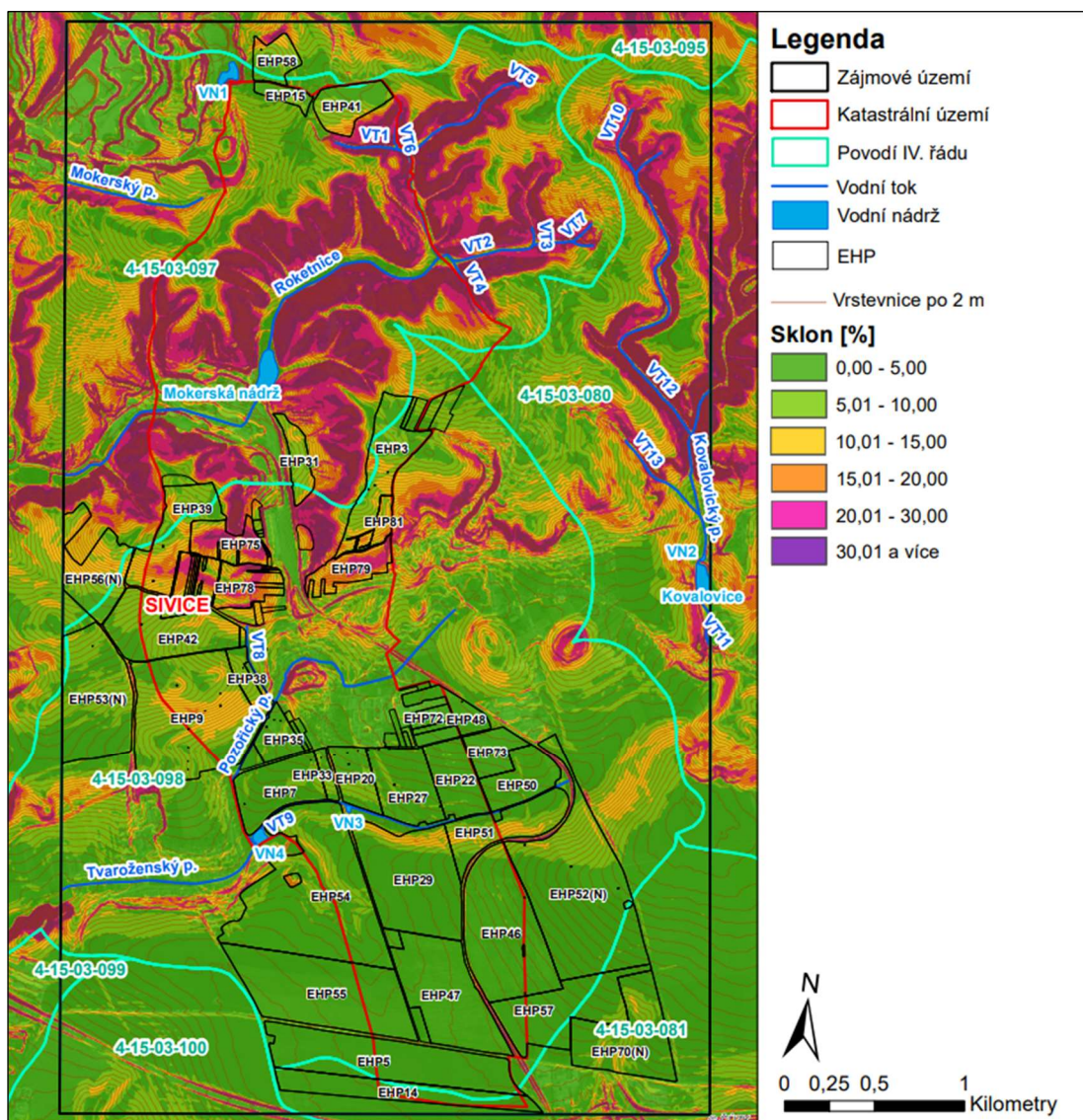
## 2.5 Morfologické poměry s využitím DMR 4G

Zájmové území má charakter členité pahorkatiny a nadmořská výška se pohybuje od 242 do 492 m n.m. Reliéf území obce tvoří v jižní polovině plochá, mírně vlněná pahorkatina klesající ke střední části katastru. Severní polovina území je tvořena členitou vrchovinou se zářezy a údolními vodními toků a stržových komplexů [15].

Pro znázornění morfologických poměrů byl použit digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) dostupný z geoportálu ČÚZK. DMR 4G představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného terénního povrchu v digitálním tvaru v pravidelné čtvercové síti 5 x 5 m. Nadmořská výška ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání má úplnou střední chybu výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Model vznikl metodou laserového skenování a je průběžně aktualizován v návaznosti na aktualizaci DMR 5G [11].

### 2.5.1 Sklonitostní poměry

Jižní část zájmového území, které převážně spadá do povodí IV. řádu 4-15-03-098 se vyznačuje z velké části mírným sklonem do 5 %. Sklony nad 5 % jsou viditelné zejména severně od Pozořického potoka. Severní část zájmového území je výrazně strmější. Vodní tok Roketnice a její přítoky v této části protékají hlubokým lesním údolím a sklony se zde pohybují od 20 do 30 % nebo i 30 % a více. Sklonitostní poměry jsou graficky znázorněny na obr. 7.

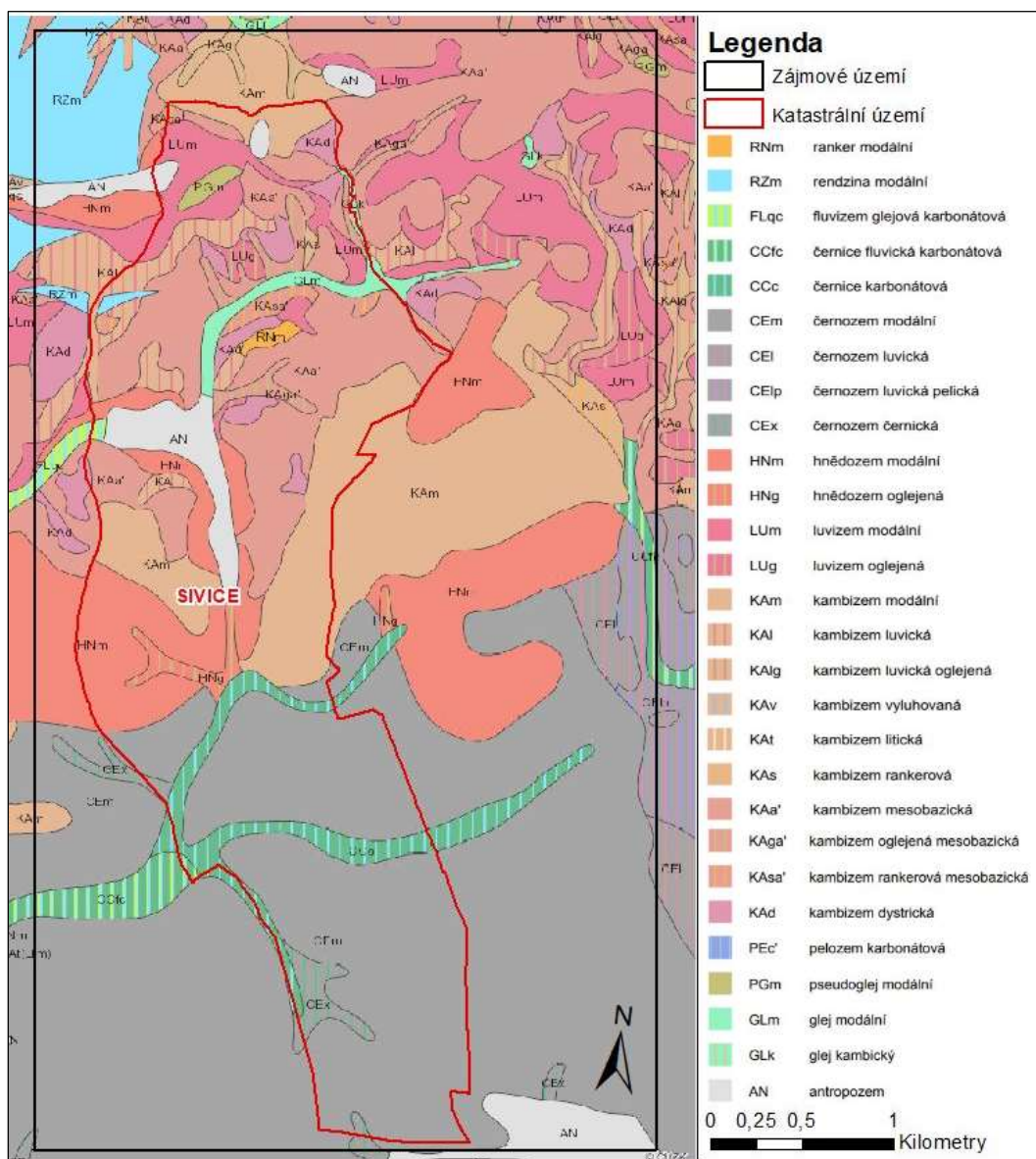


Obr. 7. Mapa sklonitostních poměrů zájmového území

## 2.6 Pedologické poměry

Severní polovina zájmového území je tvořena převážně různými druhy kambizemí a hnědozemí. Nejrozšířenějším subtypem v této části území je kambizem modální, kambizem mesobazická a hnědozem modální. V menší míře je území tvořeno luvizemí modální, kambizemí dystrickou, kambizemí luvickou a antropozemí. Nepatrně je zde zastoupena rendzina modální, ranker modální, pseudoglej modální. Podél vodních toků se táhnou fluvizemě glejová karbonátová a glej modální (obr.8)

Jižní polovina zájmového území je tvořena z největší části černozemí modální. Nepatrné zastoupení zde má černozem černická, černozem luvická a antropozem. Podél vodních toků se táhne černice karbonátová a černice fluvická karbonátová. Veškeré půdní typy pro zájmové území jsou znázorněny na obr.8.



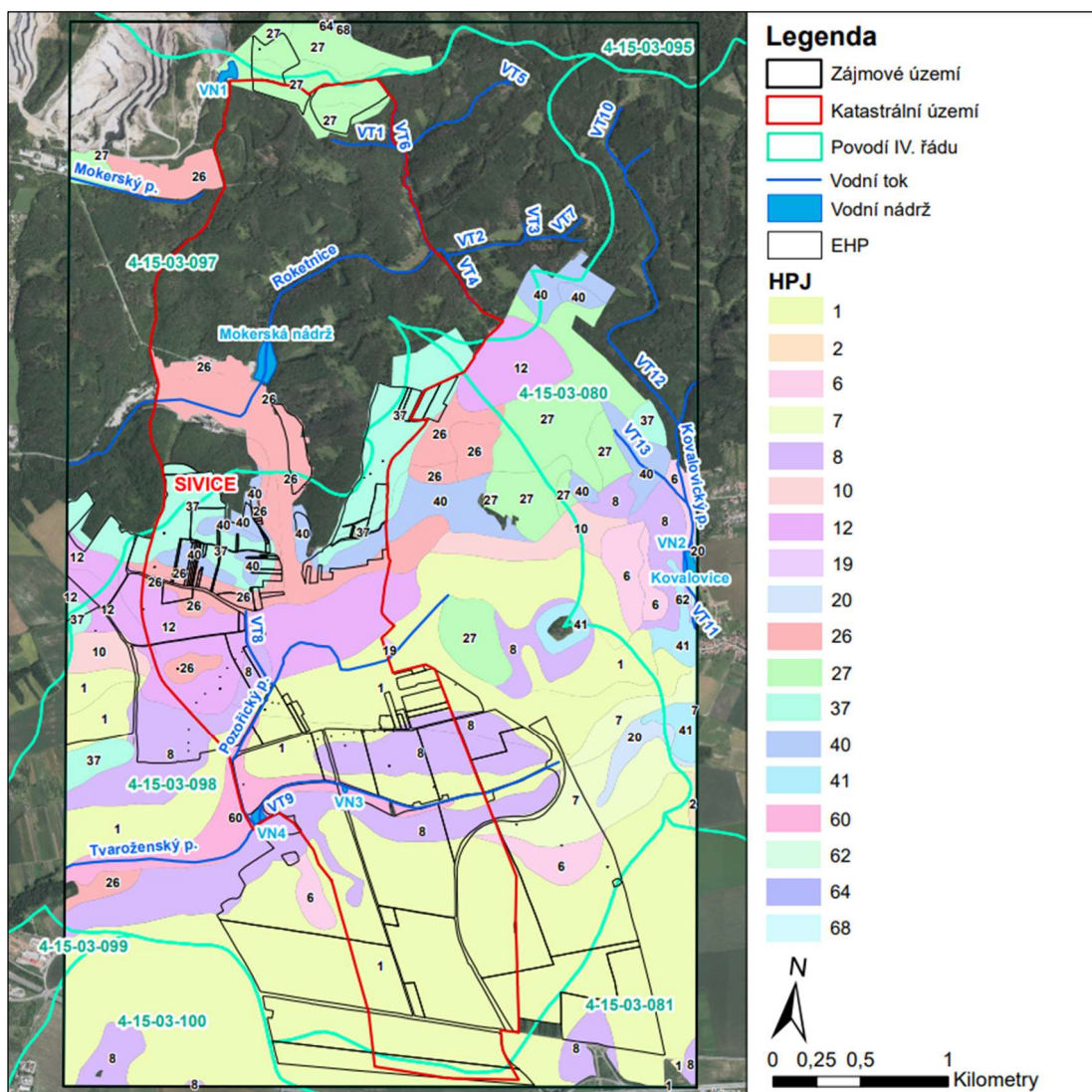
Obr. 8. Mapa půdních subtypů v zájmovém území [12]

## 2.6.1 Pedologické poměry s využitím BPEJ

Pedologické poměry byly také vyhodnoceny na základě bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ). Vrstva BPEJ byla převzata z celostátní databáze BPEJ a je volně ke stažení na stránkách státního pozemkového úřadu ve formátu shapefile (odkaz v kap. 8.1). Poskytovaná data BPEJ jsou pravidelně aktualizována jedenkrát měsíčně. Ve webové aplikaci eKatalog BPEJ můžeme nalézt výpis BPEJ kódů, které se nacházejí v České republice a data si můžeme řadit dle průměrné ceny Kč/m<sup>2</sup> dle oceňovací vyhlášky pro rok 2014 č.441/2013 Sb., dle bodové výnosnosti, která vyjadřuje ukazatel produkčního potenciálu půd nebo dle třídy ochrany zemědělského půdního fondu. BPEJ je charakterizována pětímístným kódem, kde první číslice vyjadřuje příslušnost klimatického regionu, druhá a třetí číslice určuje zařazení půdy do hlavní půdní

jednotky klasifikační soustavy (HPJ), čtvrtá číslice stanovuje sklonitost a příslušnou expozici ke světovým stranám a poslední pátá číslice vyjadřuje hloubku půdy a skeletovitost půdního profilu [13].

„Hlavní půdní jednotka (HPJ) je definována jako syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (agronomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu a reliéfem území. Klasifikační soustava bonitace představuje 78 HPJ, které z geneticko agronomického hlediska tvoří 13 základních skupin.“ [13]. Grafické znázornění HPJ pro zájmové území je patrné z obr.9.



Obr. 9. Mapa HPJ v zájmovém území

V zájmovém území jsou zastoupeny následující HPJ:

**HPJ 01** – Černozemě modální, černozemě karbonátové, na spraších nebo karpatském flyši, půdy středně těžké, bez skeletu, velmi hluboké, převážně s příznivým vodním režimem.

**HPJ 02** – Černozemě luvické na sprašových pokryvech, středně těžké, bez skeletu, převážně s příznivým vodním režimem.

**HPJ 06** – Černozemě pelické a černozemě černické pelické na velmi těžkých substrátech (jílech, slínech, karpatském flyši a tercierních sedimentech), těžké až velmi těžké s vylehčeným orničním horizontem, ojediněle šterkovité, s tendencí povrchového převlhčení v profilu.

**HPJ 07** – Smonice modální a smonice modální karbonátové, černozemě pelické a černozemě černické pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, celoprofilově velmi těžké, bezskeletovité, často povrchově periodicky převlhčované.

**HPJ 08** – Černozemě modální a černozemě 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.

**HPJ 10** – Hnědozemě modální včetně slabě oglejených na spraších, středně těžké s mírně těžší spodinou, bez skeletu, s příznivými vláhovými poměry až sušší.

**HPJ 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.

**HPJ 19** – Pararendziny modální, kambické i vyluhované na opukách a tvrdých slínovcích nebo vápnatých svahových hlínách, středně těžké až těžké, slabě až středně skeletovité, s dobrým vláhovým režimem až krátkodobě převlhčené.

**HPJ 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.

**HPJ 26** – Kambizemě modální eubazické a mezobazické na břidlicích, převážně středně těžké, až středně skeletovité, s příznivými vláhovými poměry.

**HPJ 27** – Kambizemě modální eubazické až mezobazické na pískovcích, drobách, kulmu, brdském kambriu, flyši, zrnitostně lehké nebo středně těžké lehčí, s různou skeletovostí, půdy výsušné.

**HPJ 37** – Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podorniči 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.

**HPJ 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.

**HPJ 41** – Půdy jako u HPJ 40 avšak zrnitostně středně těžké až velmi těžké s poněkud příznivějšími vláhovými poměry.

**HPJ 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.

**HPJ 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.

**HPJ 64** – Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité.

**HPJ 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 [14].

## 2.6.2 Hydrologická skupina půd (HSP)

Hydrologické skupiny půd se dělí na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém sycení do 4 skupin: A, B, C a D. HSP lze přibližně určit dle převodní tabulky uvedené v metodice Janeček a kol. (2012) ze znalosti hlavních půdních jednotek (HPJ) [1]. Základní charakteristiky jednotlivých hydrologických skupin půd (HSP) jsou uvedené v tab.3.

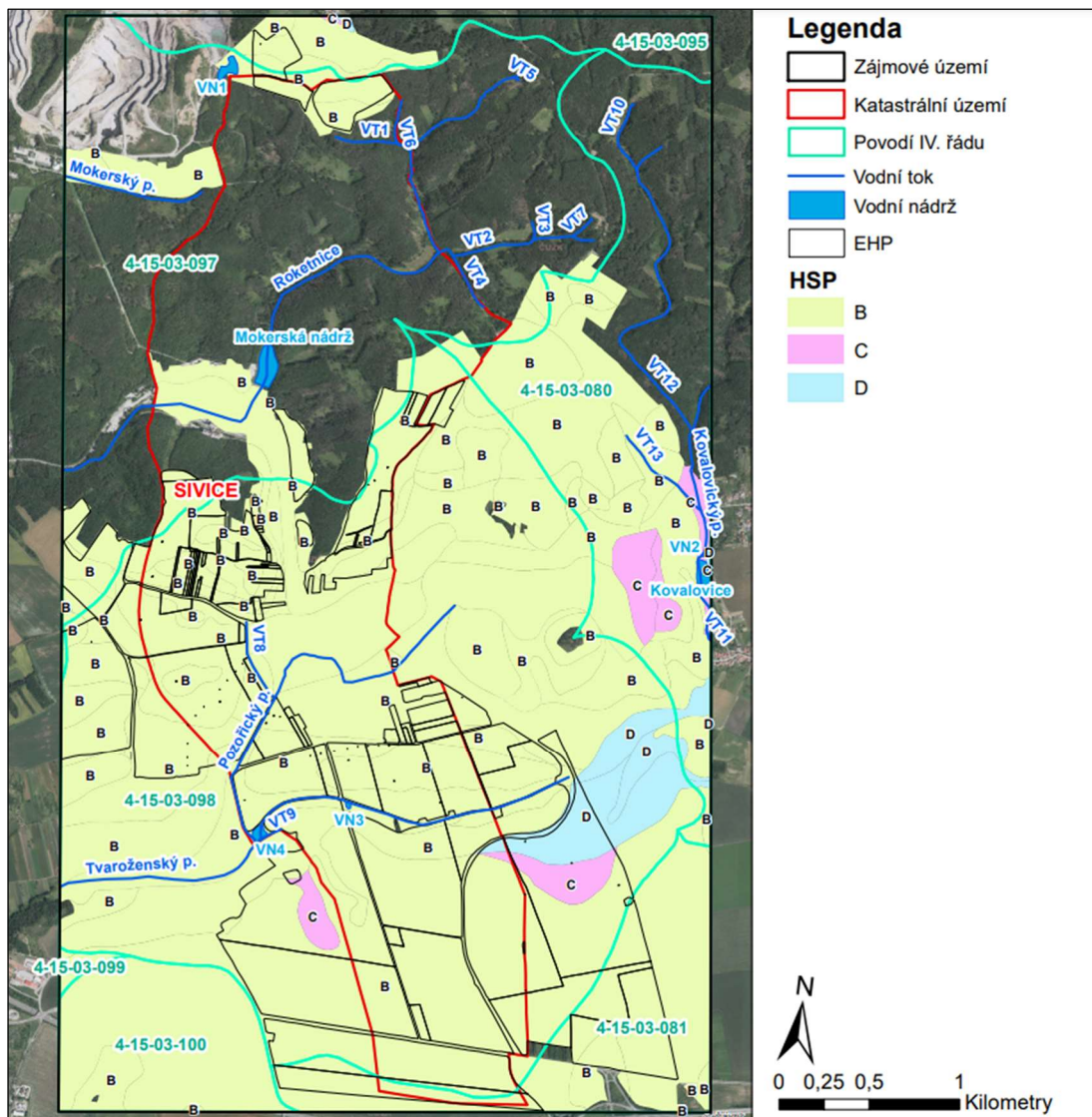
V zájmovém území převažuje výskyt HSP třídy B. Z HPJ to jsou kódy 1, 2, 8, 10, 12, 19, 26, 27, 37, 40, 41 a 60. Místa se v zájmovém území vyskytuje HSP třídy C a z HPJ to jsou kódy 6, 62 a 64. Místa se v zájmovém území vyskytuje HSP třídy D a z HPJ to jsou kódy 7, 20 a 68. Nejpríznivější HSP A nemá v zájmovém území žádné zastoupení (obr. 10).

**Tab. 3. Charakteristika hydrologické skupiny půd (HSP) [1]**

skupina	Charakteristiky hydrologických vlastností půd
<b>A</b>	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $>0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky
<b>B</b>	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06\text{--}0,12 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
<b>C</b>	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02\text{--}0,06 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v původním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité



skupina	<b>Charakteristiky hydrologických vlastností půd</b>
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $<0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) 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



Obr. 10. Mapa HSP v zájemovém území

## 2.7 Hydrologické poměry

Katastrální území obce náleží k povodí III. řádu 4-15-03 Svratka od Svitavy po Jihlavu. Řešené území je z hydrologického hlediska rozděleno na dvě části. Severní část řešeného území spadá do povodí IV. řádu 4-15-03-097, jehož hlavním tokem je Rokečnice. Jižní část řešeného území spadá do povodí IV. řádu 4-15-03-098, jehož hlavním tokem je Tvaroženský potok. Klíčovým povodím v zájemovém území je povodí

4-15-03-098, protože se v něm nachází zastavěné území obce Sivice. Odtok z tohoto povodí může potenciálně ohrožovat zastavěné území obce. Do řešeného území okrajově zasahuje na severu povodí 4-15-03-098 Hostěnský potok, na západě povodí 4-15-03-098 Kovalovický potok, na jihu povodí 4-15-03-081 Rakovec, povodí 4-15-03-100 Romza a povodí 4-15-03-099 Roketnice [18, 19]. Informace o hydrologických poměrech, tj. o vodních tocích, nádržích, povodích IV. řádu, záplavových území se zjišťovaly z veřejně dostupných zdrojů DIBAVOD (digitální báze vodohospodářských dat) a CEVT (centrální evidence vodních toků). Odkazy jsou uvedené v kap. 8.1.

Zájmovým územím neprotéká žádný významný vodní tok a nebyla tedy identifikována žádná záplavová území. Byly identifikovány pět hlavních vodních toků: Roketnice, Tvaroženský potok, Pozořícký potok, Mokerský potok, Kovalovický potok. Dále se v zájmovém území nachází třináct bezejmenných vodních toků a pro účel této práce k nim byl přiřazen název VT1-VT13. V zájmovém území se nachází šest vodních nádrží, a to Mokerská nádrž, vodní nádrž Kovalovice a čtyři bezejmenné vodní nádrže, které byly pro účel práce označeny VN1-VN4. Veškeré údaje o povodích IV. řádu, vodních tocích a vodních nádržích jsou uvedeny v tab. 4. Mapa hydrografické sítě a mikrosítě je zobrazena na obr. 15.

### Významné vodní toky v k.ú. Sivice

- **Tvaroženský potok**

Tvaroženský potok pramení na katastru městyse Pozoříce. Tok protéká nezastavěnou částí obce Sivice od východu k západu a napájí vodní nádrž VN4 na hranicích katastru s Tvarožnou. Potok je uměle upraven a trasa toku napříměna. Koryto je lichoběžníkového profilu a je zarostlé keří a rákosem. Na úseku toku byla provedena revitalizace v podobě výsadeb, tůní, průtočné vodní nádrže VN3. V některých úsecích je koryto zaneseno, zejména smyvem ornice z přilehlých zemědělsky obdělávaných pozemků. Tok se vlévá do Roketnice a je jeho levostranným přítokem [15, 16].

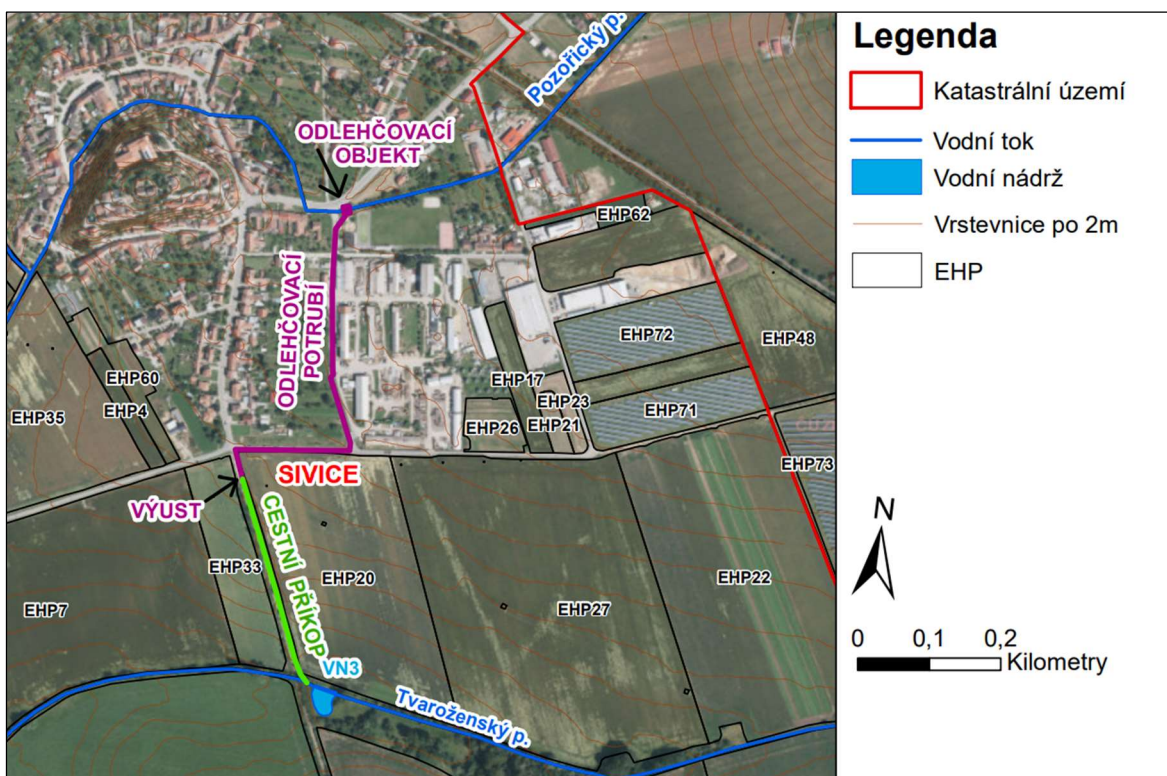


*Obr. 11. Koryto Tvaroženského potoka (vlevo), cestní příkop odvádějící vodu z odlehčení do vodní nádrže VN3 (vpravo)*

- **Pozořický potok**

Pozořický potok pramení v zastavěném území Pozořic a koryto je patrné až po vyústění dešťové kanalizace DN 1000. Pozořický potok protéká zastavěnou částí Sivic po soukromých pozemcích v zahradách a dvorech. Tok je v některých úsecích zatrubněný profily DN 800, DN 1000 a DN 2 x 800. Profil DN 800 odvede při uvedeném sklonu dna 1 % průtok 1,19 m<sup>3</sup>/s, DN 1000 průtok 2,15 m<sup>3</sup>/s. Profily zatrubněného potoka jsou kapacitně nevyhovující, a proto bylo navrženo odlehčení z betonových trub DN 1000. Na korytu Pozořického potoka byl vybudován odlehčovací objekt s mříží (obr. 13 vpravo), který při přívalových srážkách odkloní část vody do odlehčovacího potrubí. Potrubí následně zaústuje do cestního příkopu, který odvede vodu až do vodní nádrže VN3 na Tvaroženském potoce [15]. Odlehčení na Pozořickém potoce je schématicky znázorněno na obr. 12.

V horní části toku je koryto otevřené a vlivem usazování sedimentů je výrazně zmenšená jeho kapacita a dochází tím k vyběřování při vydatnějších a intenzivnějších srážkách. Pod obcí, kde zatrubnění vyústuje dvěma profily DN 800, je potok napřímen. Koryto je lichoběžníkového profilu s travnatými břehy, dno je kamenito-písčité s nánosy sedimentu, které se dostávají do koryta erozním smyvem z přilehlých pozemků. Pozořický potok je pravostranným přítokem Tvaroženského potoka [15].



Obr. 12. Schéma odlehčení na Pozořickém potoce



*Obr. 13. Koryto Pozořického potoka v intravilánu (vlevo), odlehčovací objekt na Pozořickém potoce (vpravo)*

- **Roketnice**

Vodní tok Roketnice protéká severní částí zájmového území. Horní část toku protéká lesní tratí a jedná se o koryto přírodního charakteru. Před areálem cementárny tok napájí Mokerskou nádrž (obr. 14 vpravo). Přes areál cementárny je tok zatrubněn [15].

- **Významné vodní nádrže v k.ú. Sivice**

V zájmovém území se nacházejí následující nádrže:

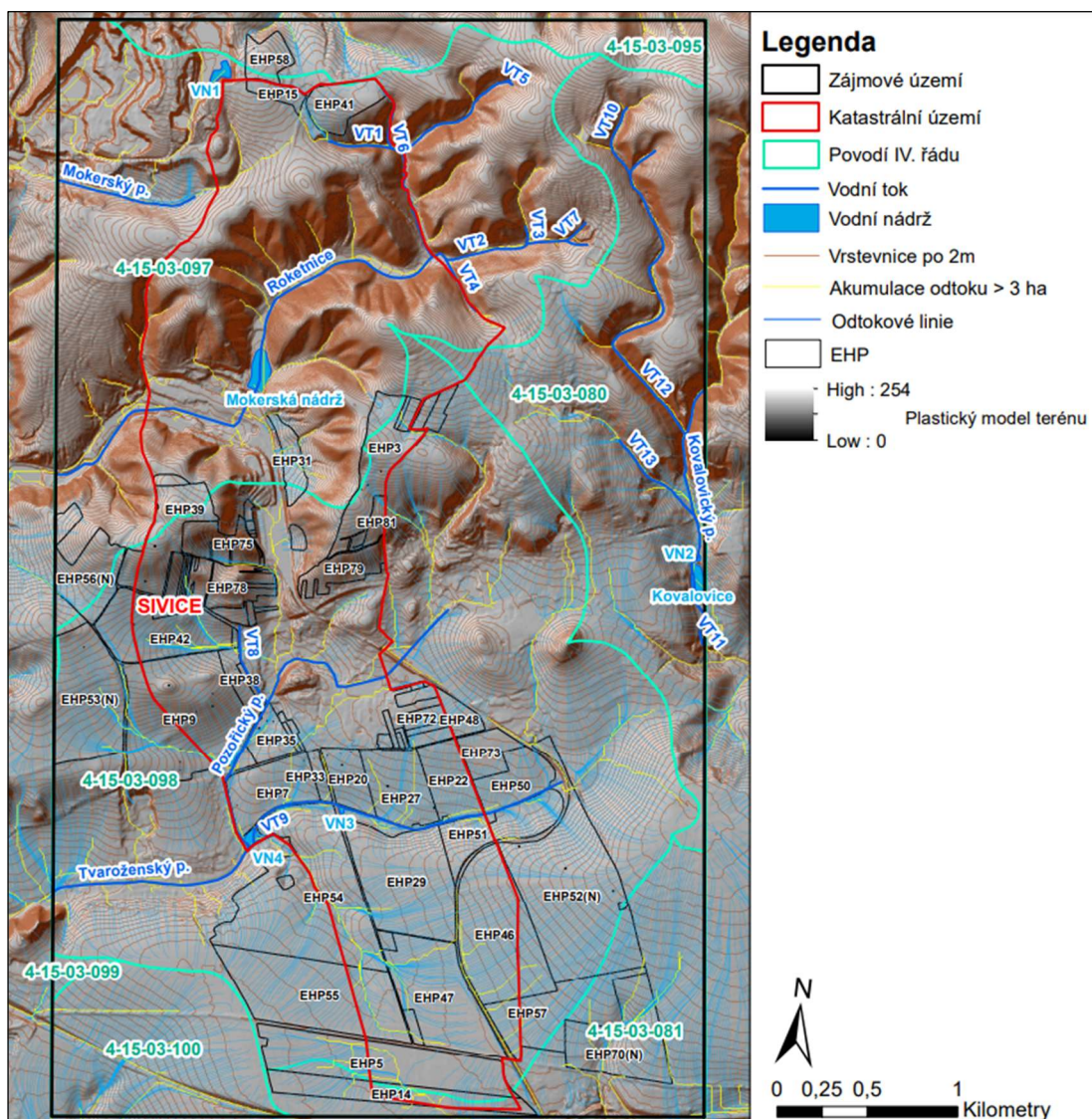
- Mokerská nádrž na vodním toku Roketnice, která je součástí areálu cementárny.
- Průtočná nádrž VN3 na Tvaroženském potoce vybudovaná v rámci revitalizačních opatření.
- Průtočná nádrž VN4 na Tvaroženském potoce (obr. 14 vlevo)



*Obr. 14. Vodní nádrž VN4 na Tvaroženském potoce (vlevo), Mokerská nádrž na Roketnici s areálem cementárny (vpravo) [22]*

Tab. 4. Vodní toky a nádrže v zájmovém území v povodí IV. řádu

Povodí (ČHP)	Název hlavního toku	Vodní toky				Vodní nádrže	
		Název	Délka [m]	IDVT vodní linie	správce toku	Název	Plocha [m <sup>2</sup> ]
4-15-03-097	Roketnice	Roketnice	4308,1	10195457	Lesy ČR, s.p.	Mokerská nádrž	19815,8
		Mokerský p.	789,0	10186647	Lesy ČR, s.p.	-	-
		VT1	428,7	10185762	Lesy ČR, s.p.		
		VT2	896,1	10185972	Lesy ČR, s.p.		
		VT3	102,1	10204049	Lesy ČR, s.p.		
		VT4	336,9	10195735	Lesy ČR, s.p.		
		VT5	34,6	10195844	Lesy ČR, s.p.		
		VT6	249,7	10201921	Lesy ČR, s.p.		
		VT7	148,5	10194158	Lesy ČR, s.p.		
-	-	-	-	VN1	7498,4		
4-15-03-098	Tvaroženský p.	Tvaroženský p.	3122,1	10206622	Povodí Moravy, s.p.	VN3	992,5
		Pozořický p.	2304,5	10196288	Povodí Moravy, s.p.	VN4	5179,9
		VT8	465,1	10193278	-	-	-
		VT9	125,2	10205109	Povodí Moravy, s.p.	-	-
4-15-03-080	Kovalovický p.	Kovalovický p.	1518,4	10205979	Lesy ČR, s.p.	Kovalovice	13081,1
		VT10	428,9	10203617	Lesy ČR, s.p.	VN2	589,5
		VT11	37,9	10206805	-	-	-
		VT12	2043,4	10201206	Lesy ČR, s.p.	-	-
		VT13	593,4	10199920	Lesy ČR, s.p.	-	-
4-15-03-095	Hostěnický p.	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-
4-15-03-081	Rakovec	-	-	-	-	-	-
4-15-03-099	Roketnice	-	-	-	-	-	-
4-15-03-100	Romza	-	-	-	-	-	-



Obr. 15. Mapa hydrografické sítě a mikrosítě v zájemovém území

## 2.8 Meliorační stavby

Melioračními stavbami se rozumí odvodnění, závlahy nebo protierozní opatření. V jižní části zájemového území jsou zemědělsky obdělávané pozemky odvodněny systematickou drenáží. Jedná se o zemědělské plochy v blízkosti Pozořického a Tvaroženského potoka. Drenážní vody z těchto ploch ústí právě do výše uvedených vodních toků [15]. Dále se v území nachází hlavní otevřené odvodňovací zařízení délky 0,467 km ústící do Pozořického potoka. Odvodňovací zařízení bylo zrealizováno v roce 1968, je také v evidenci vodních toků a v práci mu byl přiřazen název VT8. Závlahové zařízení se v území nenachází [20].

## 2.9 Hospodářské využití území

Největší plochu v k. ú. Sivice tvoří orná půda a to ze 47 %. Lesy zujíjmají více jak 34 % z celkové plochy k. ú. a pokrývají jeho severní část. To je stav odpovídající celostátnímu

průměru, ale jejich dostupnost a rekreační využitelnost je omezena kvůli areálu cementárny. V k. ú. Sivice se dále vyskytují v menší míře vinice, zahrady, ovocný sad, travní porost, vodní plochy, zastavěné a ostatní plochy. Veškeré plošné a procentuální zastoupení kultur je uvedeno v tab. 5.

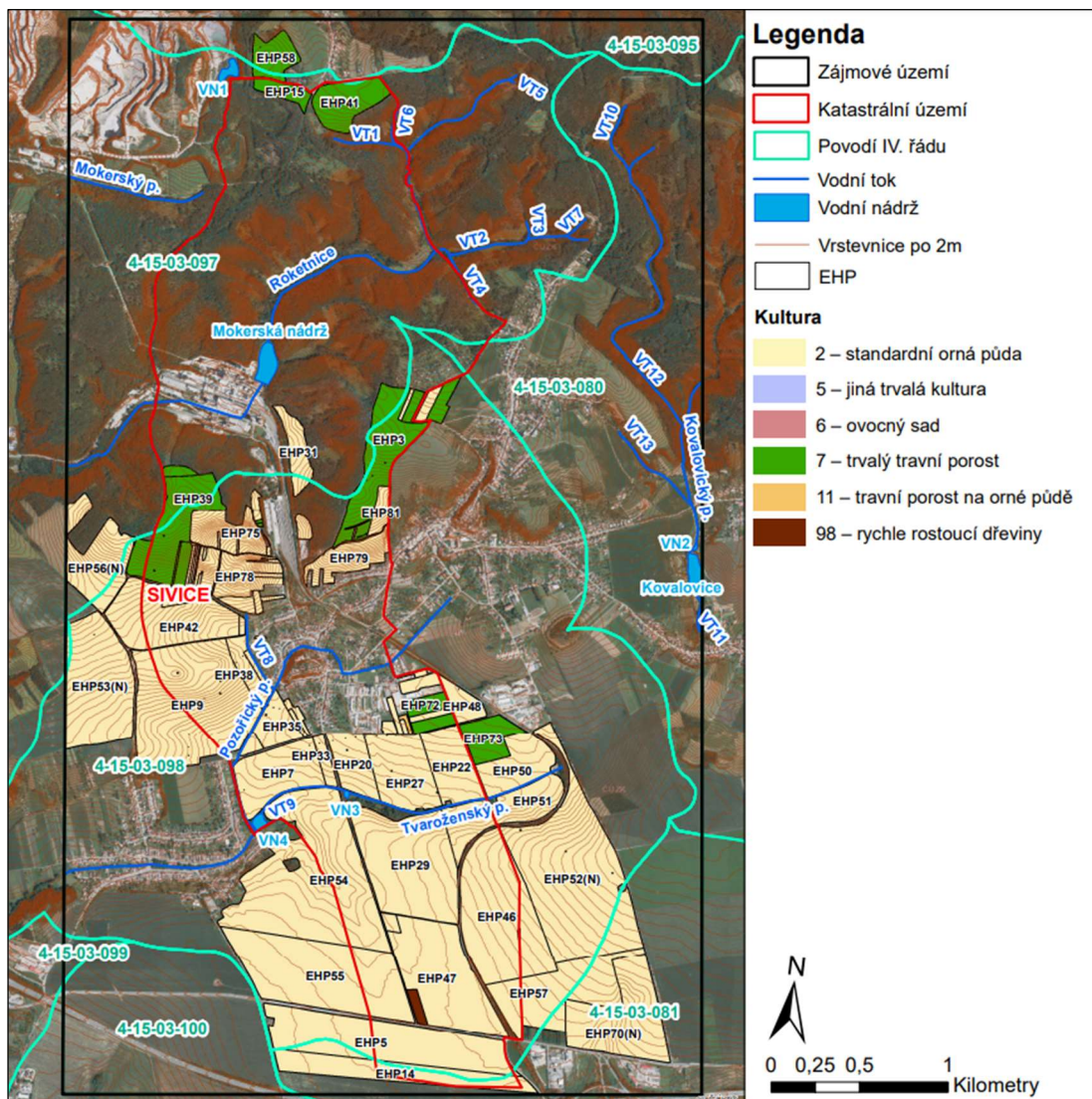
Jižní část katastru byla vždy intenzivně zemědělsky využívána a přechod na velkoplošné obhospodařování změnil krajinný ráz této části území. Tato zemědělsky využívaná část katastru je minimálně členěna polními cestami a podíl rozptýlené krajinné zeleně je zde velmi nízký. Nejrazantnějším zásahem do krajinného rázu bylo zejména scelení menších pozemků orné půdy do větších bloků a likvidace rozptýlené zeleně, remízků, mezí. Dalším velkým zásahem do krajiny byla výstavba areálu cementárny. Velká část lesů v řešeném území zasahuje velkoplošné chráněné územím přírody a krajiny soustavy Natura 2000 a evropsky významná lokalita Sivický les CZ0620037. Lokalita je stanovištěm pro významné druhy rostlin a živočichů [15].

Na obr. 16 je zobrazena mapa využití území pro zájmové území. Na mapě jsou zakresleny erozně hodnocené plochy (EHP). K tvorbě EHP je potřebná vrstva LPIS (veřejný registr půdy). Data LPIS jsou veřejně dostupná z portálu farmáře a odkaz je uveden v kap. 8.1. Tvorba vrstvy EHP je podrobněji popsána níže v kap. 3.4.

V jižní polovině zájmového území převažuje výskyt zemědělské půdy, která spadá do I. a II. třídy ochrany. Zemědělské půdy, které spadají do I. třídy ochrany jsou nejcennější a lze je odejmout ze zemědělského půdního fondu pouze výjimečně. V případě II. třídy to jsou půdy, které mají nadprůměrnou produkční schopnost a jsou vysoce chráněné. V severní polovině zájmového území se nachází půdy, které spadají do III. třídy (půdy vyznačující se produkční schopností, využitelné v územním plánování), do IV. třídy (půdy vyznačující se s podprůměrnou produkční schopností s omezenou ochranou) a do V. třídy ochrany (půdy s velmi nízkou produkční schopností, pro zemědělství postradatelné s nízkým stupněm ochrany) [13].

**Tab. 5: Plošné zastoupení kultur v k. ú. Sivice [21]**

Kultura	orná půda	vinice	zahrada	ovocný sad	travní porost	lesy	vodní plochy	zastav. plochy	ostatní plochy	Suma
Plocha[ha]	342,95	3,41	31,27	0,52	3,60	248,89	6,60	21,37	67,68	726,29
Podíl [%]	47,22	0,47	4,31	0,07	0,50	34,27	0,91	2,94	9,32	100,00



Obr. 16. Mapa využití území v zájmovém území



## 3 POUŽITÉ METODY A PROGRAMY

### 3.1 ArcGIS

ArcGIS je geografický informační systém, který je určený pro práci s prostorovými daty. Jeho doménou je data vytvářet, spravovat, ale zejména je umí analyzovat a vše přehledně zobrazovat na přehledných výstupech jako jsou například mapy. Tento software vyvinula firma Esri. Součástí produktu ArcGIS Desktop je řada aplikací. Pro zpracování této práce byla použita aplikace ArcMap. ArcMap slouží pro všechny mapové úlohy včetně prostorových analýz a editace dat. Pomocí nástrojů je možné data zpracovat, připravit je pro analýzu, získat z nich nové informace a výsledky poté zobrazit a vytvořit z nich přehledné mapové výstupy [24].

#### 3.1.1 DMR 4G, DMR 5G

Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného terénního povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v pravidelné čtvercové síti 5 x 5 m o souřadnicích X, Y, H. H je nadmořská výška ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání a má úplnou střední chybu výšky 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu. Model vznikl metodou leteckého laserového skenování a je průběžně aktualizován v návaznosti na aktualizaci DMR 5G [11].

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) představuje zobrazení přirozeného nebo lidskou činností upraveného terénního povrchu v digitálním tvaru ve formě výšek diskrétních bodů v nepravidelné trojúhelníkové síti bodů o souřadnicích X, Y, H. H je nadmořská výška ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání a má úplnou střední chybu výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu [11].

V této práci se pracovalo s DMR 4G, který byl připojen přes *ArcGIS Online* a byl stěžejním podkladem pro výpočet erozního smyvu. Takto převzatý DMR 4G se považoval za hydrologický korektní digitální model terénu DMT a nebylo jej potřeba vyhlazovat. Totožným způsobem byl připojen DMR 5G a ten byl stěžejním podkladem pro vykreslení návrhu biotechnických opatření. Z DMR 4G i DMR 5G byly vygenerovány vrstevnice pomocí nástroje *contour*.

### 3.2 Výpočet erozního smyvu dle rovnice USLE

Pro stanovení erozních poměrů v řešeném území byla použita univerzální rovnicí pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí-USLE (Universal Soil Loss Equation) dle Wischmeiera a Smithe (1978). Rovnice slouží jak k určení ohroženosti zemědělské půdy

vodní erozí, tak k hodnocení účinnosti navrhnutých protierozních opatření [1]. Rovnice se skládá ze šesti členů a má tento tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

- kde: **G** je průměrná dlouhodobá roční ztráta půdy [ $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ],  
**R** faktor erozní účinnosti deště [ $MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$ ],  
**K** faktor erodovatelnosti půdy [ $t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$ ],  
**L** faktor délky svahu [-],  
**S** faktor sklonu svahu [-],  
**C** faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu [-],  
**P** faktor účinnosti protierozních opatření [-].

Vypočtená hodnota *G* vyjadřuje dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy (dále erozní smyv). Jedná se o množství půdy, které je uvolněno vodní erozí z jednotlivých pozemků v závislosti na jejich způsobu využití a obdělávání. Nezahrnuje však ukládání produktů eroze na níže ležících plochách. Rovnici nelze aplikovat pro kratší než roční období a pro zjišťování erozního smyvu z jednotlivých srážek či z tání sněhu [1].

### 3.3 Klimatická změna

Tato práce reaguje na klimatickou změnu. Metodický návod pro provádění pozemkových úprav, který nabyl účinnosti dne 1.1. 2022 odkazuje na Studii klimatických charakteristik pro účely dimenzování prvků plánu společných zařízení a posouzení dokumentací pro realizaci vodohospodářských staveb. Závěry klimatické studie ale nebyly dosud jednoznačně potvrzeny, proto stále platí aktuální metodický návod uplatňovaný bez koeficientů vycházející z klimatické studie. Nicméně klimatická změna byla v době zadání práce a v současné době stále je tématem velmi diskutovaným a aktuálním, a proto se s ní v této práci počítá.

Pojem změna klimatu se vysvětluje jako odhad či predikci budoucího klimatu podle výsledků z klimatologických modelů, které se ve výstupech odlišují. Změna klimatu vede k nárůstu teploty, která souvisí se změnou potenciální evapotranspirace, dále povede k intenzivnějším meteorologickým extrémům jako je dlouhodobé sucho či častější srážky s vysokou intenzitou. Klíčovými hydroklimatologickými veličinami pro dimenzování prvků komplexních pozemkových úprav (KoPÚ) jsou hlavně srážkové extrémy jako N-leté hodinové a vícehodinové srážkové extrémy nebo erozivita deště [26, 27].

Změny faktoru erozní účinnosti deště jsou odvozené z regionálních klimatických modelů. Byly vypočteny změny mezi budoucími obdobími (2036–2065 a 2071–2100) a kontrolním obdobím (1981–2010). V klimatické studii byl pro posouzení v rámci KoPÚ

vybrán odhad změn odpovídající radiačnímu působení koncentrací skleníkových plynů pro RCP 4.5 (Representative concentration pathways) v období 2071–2100, který zároveň odpovídá přibližně odhadu změn pro RCP 8.5 v období 2036–2065. Při předpokládaném nárůstu extrémů počasí v kombinaci s odstraněním přirozené vegetace dojde v podstatě k vytvoření ideálních podmínek pro erozi půdy. To znamená, že výpočet erozního smyvu na posuzovaných EHP bude v této práci ovlivněn, resp. zvýšen hodnotou  $R$  faktoru (více v kap. 3.4) [26, 27].

V neposlední řadě se klimatická změna v této práci projeví na hodnotách odtokových charakteristikách. Příčinou je koeficient, kterým se budou přenásobovat srážkové extrémy, resp. návrhové 1–denní maximální srážkové úhrny příslušné doby trvání a opakování ( $N=2, 5, 10, 20, 50$  a  $100$  let). V klimatické studii byl pro posouzení v rámci KoPÚ vybrán odhad změn odpovídající radiačnímu působení RCP 4.5 pro období 2071–2100, který zároveň odpovídá zhruba odhadu změn pro RCP 8.5 a období 2036–2065 [26, 27]. Podrobnosti o koeficientu a návrhových srážkách jsou uvedeny v kap. 5.4.

### **3.4 Stanovení erozního smyvu v prostředí aplikaci ArcMap**

Ke stanovení erozního smyvu předcházela důležitá příprava a úprava dat. Bere se v úvahu, že eroze probíhá na jednotlivých půdních blocích zemědělské půdy. Aby byl správně stanoven současný erozní smyv, musel být v zájmovém území proveden terénní průzkum. Výpočet erozního smyvu proběhl na vrstvě erozně hodnocených ploch (EHP). Území se muselo rozdělit na místa, kde eroze probíhá (zemědělská půda-kódy ve vrstvě LPIS) a na místa, kde eroze neprobíhá nebo je přerušena jako jsou lesy, vodní toky a nádrže, cesty vybaveny příkopy či samotné příkopy a průlehy. Ke správnému sestrojení vektorové vrstvy EHP byl v zájmovém území proveden terénní průzkum. Před samotným terénním průzkumem se vytipovala problémová místa, která by mohla ovlivnit výpočet. V rámci terénního průzkumu byly vyšetřeny pozemky, které nejsou zapsány ve veřejném registru půdy, ale ve skutečnosti na nich eroze probíhá. Tyto pozemky byly následně dokresleny a zahrnuty do vrstvy EHP. Dále byla prozkoumána železnice a cestní síť, kde se zjišťovalo, jestli je cesta vybavena liniovým prvku, tj. příkopem či průlehem. Liniové prvky totiž přerušují odtok a tím pádem také erozní smyv. Po ověření z terénního průzkumu se železnice brala jako bariéra přerušující odtok. Cesta bez záchytného liniového prvku se pro orientaci nachází na rozmezí EHP 47, EHP30 a EHP55, EHP54, dále na rozmezí EHP39 a EHP42, EHP43, na rozmezí EHP3 a EHP79, na rozmezí EHP56 a EHP39, EHP42, na rozmezí EHP9, EHP38 a EHP4. Mezi EHP9, EHP42 a EHP53, dále mezi EHP75 a EHP78 se nachází nezpevněná cesta bez záchytného prvku, ale je níže než okolní terén. Voda na nezpevněné cesty přitéká z okolních ploch a jsou vystaveny soustředěnému odtoku. Pro orientaci jsou číselně označené EHP např. na obr. 17 nebo ještě pro lepší přehlednost a čitelnost v samostatné příloze č.1.

Výpočet erozního smyvu se stanovil dle rovnice USLE v prostředí aplikaci ArcMap a to konkrétně pomocí nástroje *Raster Calculator*. Rovnice do tohoto nástroje vstupovala v tomto tvaru:

$$G = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot 1 \text{ [t.ha}^{-1}\text{.rok}^{-1}\text{]}$$

*R* faktor, *K* faktor, *LS* faktor a *C* faktor vstupovaly do výpočtu jako vygenerované rastrové vrstvy, *P* faktor jako konstanta.

Faktor erozní účinnosti deště *R* se dle metodiky Janeček a kol. (2012) počítá s průměrnou hodnotou pro Českou republiku  $40 \text{ MJ.ha}^{-1}\text{.cm.h}^{-1}$ . Při uvažování klimatické změny se *R* faktor stanovil přenásobením průměrné hodnoty 40 a koeficientu představujícím relativní změny *R* faktoru pro RCP 8,5 a horizont 2050. Koeficient pro celou Českou republiku byl převzat ve formátu shapefile z Klimatické studie. Zájmovým územím prochází hranice třech útvarů povrchových vod a k těmto útvarům jsou přiřazeny různé hodnoty koeficientů (tab. 6). To znamená, že samotná hodnota koeficientu zvýší vypočtený potenciální erozní smyv přibližně o 25 až 30 %.

**Tab. 6. Koeficienty pro změnu *R* faktoru**

Změna <i>R</i> (koeficient)	Název útvaru
1,2463	Rakovec od toku Vážanský potok po ústí do toku Litava (Cézava)
1,3073	Říčka (Zlatý potok) od pramene po tok Raketnice
1,2527	Raketnice od pramene po ústí do toku Říčka (Zlatý potok)

Faktor erodovatelnosti půdy *K* se stanovil podle hlavních půdních jednotek (HPJ) dle převodní tabulky v metodice (Janeček a kol., 2012). Tabulka obsahuje hodnoty faktoru *K* pro jednotlivé HPJ. Pro jednotlivé plochy vymezeným kódem HPJ se přiřadila příslušná hodnota *K* faktoru.

Pokud je zájmové území rozsáhlé nebo není možné zjistit strukturu pěstovaných plodin a jejich střídání, lze *C* faktor rámcově stanovit dle klimatického regionu, což je první číslice z pětimístného kódu BPEJ. Faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu *C* pro ornou půdu se tedy stanovil na základě klimatického regionu. Orné půdě odpovídá kultura s kódem 2, jako kód 2 je v rámci výpočtu brán také kód 11 (travní porost na orné půdě). Kultury s kódy 2 a 11 se nachází v klimatickém regionu č. 2 a č. 3. Charakteristická průměrná roční hodnota faktoru *C* pro klimatický region č. 2 je 0,266, pro klimatický region č. 3 to je hodnota 0,254. Pro trvalé travní porosty (kód kultury 7) se uvažovala hodnota *C* faktoru 0,005. Pro jiné trvalé kultury (kód 5), ovocný sad (kód 6) se počítá s hodnotou *C* faktoru 0,44. Pro rychle rostoucí dřeviny (kód 98) se uvažuje hodnota *C* faktoru 0,001 [1, 29].

U faktoru účinnosti protierozního opatření *P* se počítá s konstantou rovné 1, protože se v zájmovém území nevyskytuje žádné protierozní opatření [1].

Faktor délky svahu  $L$  a faktor sklonu svahu  $S$  byly počítány společně jako součin  $LS$  a bývají označovány společně také jako topografický faktor. Stěžejními podklady pro  $LS$  faktor byly upravený hydrologicky korektní digitální model terénu (DMT) o velikosti gridu (buňky)  $5 \times 5$  m vytvořený z dat DMR 4G a převedená vektorová vrstva EHP do rastrové vrstvy pomocí nástroje *Feature to Raster*.  $LS$  faktor byl vypočten pomocí programu USLE2D podle algoritmu McCool. Pro převod dat z ArcGIS do softwaru USLE2D byl použit software LS-converter, který slouží pro převod textových souborů.

Konečný výpočet se provedl pomocí nástroje *Raster calculator* podle rovnice uvedené výše. Každá buňka rastru obsahuje hodnotu daného faktoru. Pro představu výpočtu nástroj *Raster calculator* přenásobí mezi sebou všechny buňky o velikosti  $5 \times 5$  m (rastrové vrstvy). Výsledkem byl průměrný erozní smyv na vyšetřovaných EHP před návrhem opatření a rastrový mapový podklad. Stejným postupem byl stanoven erozní smyv po návrhu opatření.

### 3.5 Posouzení erozní ohroženosti

Metodou GIS se vypočte průměrný erozní smyv půdy způsobený vodní erozí v jednotkách  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  při současném a navrhovaném způsobu využívání řešených pozemků. Pokud vypočtený erozní smyv na EHP překročí hodnotu přípustného erozního smyvu, je zřejmé, že pozemek je špatně využíván a nezabezpečuje dostatečnou protierozní ochranu. Proto je nutné na těchto plochách navrhnout účinnější protierozní opatření, díky němuž se mění hodnoty faktorů v univerzální rovnici. Opětovným výpočtem se lze přesvědčit, jestli navržené opatření je dostatečné účinné a zajišťuje snížení erozního smyvu pod přípustnou mez. Pozemky s mělkými půdami (tj. s nízkou produkční schopností) s hloubkou do 30 cm by neměly být využívány pro polní výrobu a je vhodné na nich navrhnout např. zalesnění nebo trvalé travní porosty. Na půdy středně hluboké (30–60 cm) a hluboké (nad 60 cm) je doporučeno aplikovat hodnotu přípustného erozního smyvu  $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Hloubka půdy je přibližně vyjádřena podle 5. číslice z kódu BPEJ, která charakterizuje skeletovitost a hloubku půdy [1]. V této práci bude vypočtený erozní smyv porovnáván s hodnotou přípustného smyvu  $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Aktuální metodický návod pro provádění pozemkových úprav umožňuje také hodnotu přípustného erozního smyvu  $8 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ , ale použití této vyšší hodnoty musí být korektně zdůvodněno [31].

### 3.6 Odtokové poměry pomocí čísel odtokových křivek–CN

Odtokové poměry se stanovily metodou čísel odtokových křivek–CN (Curve Number). Jedná se o nepřímou metodu založenou na charakteristikách povodí. Metoda CN představuje jednoduchý srážkoodtokový model, který je dostatečně přesný pro stanovení objemu přímého odtoku a kulminačního průtoku vyvolaného návrhovým

přívalovým deštěm o zvolené periodicitě v zemědělsky využívaných povodích s plochou nepřesahující 10 km<sup>2</sup> [1].

Odtokové křivky CN vyjadřují podíly povrchového a hypodermického odtoku. Hodnoty čísel CN nabývají většinou hodnot od 40 do 100. Platí, že čím je větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Číslo 100 si lze představit jako nepropustnou plochu. Hodnota čísla CN je závislá na hydrologických vlastnostech půd (viz kap. 2.6.2), využití půdy jako vegetační pokryv, způsob obdělávání, uplatnění protierozních opatření a na obsahu vody v půdě určované na základě 5-ti denního úhrnu předchozích srážek. Při výpočtu se uvažoval typ CN křivky IPS II (index předchozích srážek 2. stupně) pro střední nasycení půdy vodou [1].

Odtok vody začíná až po počáteční ztrátě (součet intercepce, infiltrace a povrchové retence), která byla stanovena pomocí experimentálních měření na 20 % potenciální retence [1].

### 3.7 Identifikace kritických bodů, kritických profilů a závěrových profilů

Kritický bod (KB) byl určen průsečíkem hranice zastavěného území obce (intravilánu) s linií dráhy soustředěného odtoku (DSO). Velikost přispívající plochy ke KB musí být  $\geq 0,3$  km<sup>2</sup> a zároveň nesmí přesáhnout 10 km<sup>2</sup>. Rozhodující pro identifikaci KB v závislosti k přívalovým srážkám problematických lokalit jsou následující kombinovaná kritéria:

- kritérium K1. velikost přispívající plochy 0,3–10,0 km<sup>2</sup>,
- kritérium K2. průměrný sklon přispívající plochy  $\geq 3,5$  %,
- kritérium K3. podíl plochy orné půdy v povodí  $\geq 40$  % [28].

Na základě šetření na modelových povodích se ale zjistily škody také z ploch povodí, které měly podíl orné půdy  $< 40$  %, případně plochy byly zcela zalesněné. Proto byly kritéria rozšířena a platí hlavně pro povodí s vyšším zastoupením lesů. Rozšířená kritéria jsou následující:

- kritérium K1A. velikost přispívající plochy 1,0–10,0 km<sup>2</sup>,
- kritérium K2A. průměrný sklon přispívající plochy  $\geq 5$  % [28].

Pokud není splněno alespoň jedno ze tří kritérií K1 až K3 pro kritický bod nebo jedno ze dvou rozšířených kritérií K1A a K2A pro kritický bod jedná se o kritický profil (KP), jehož přispívající plocha nesmí přesáhnout 10 km<sup>2</sup>. KP je opět místo, kde soustředěný odtok vniká do intravilánu obce. Dále byly v řešeném území identifikovány profily nacházející se mimo intravilán a byly označeny jako závěrové profily (ZP). Soustředěný odtok může vnikat např. do propustku u cesty nebo železnice, nádrže, vodního toku, ale hlavní podstatou věci je, že soustředěný odtok neohrožuje intravilán.

### 3.8 Hydrologický model DesQ–MaxQ

Hydrologický model DesQ–MaxQ byl vytvořen prof. Hrádkem v roce 1997. Pomocí tohoto modelu byly na sběrných povodích vypočteny maximální průtoky a objemy povodňových vln vyvolané extrémními dešti. Grafickými výstupy jsou hydrogramy povodňových vln. Model lze využít pro povodí typu otevřené knihy, kdy údolnice rozděluje sběrné povodí na dva svahy (levý a pravý), ale také pro povodí s jedním svahem, se kterým se často setkáme např. u návrhů průlehů či příkopů. Povodí při tom nesmí přesáhnout velikost 10 km<sup>2</sup>. Pro výpočet nejsou potřeba žádné údaje o průtocích ani vodních stavech na drobných vodních tocích [30]. Model lze využít pro:

- výpočet maximálních N-letých průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání,
- výpočet maximálních průtoků a objemů povodňových vln, vyvolaných dešti zadané doby trvání a jeho intenzity,
- odvození tvaru povodňových vln (časové řady),
- hodnocení dopadů hospodářské činnosti v povodí na srážko-odtokové procesy [30].

### 3.9 Použité rovnice při dimenzování

K dimenzování odváděcích biotechnických liniových prvků (průleh, příkop) byly použity základní hydraulické rovnice: Chézyho vztah a rovnice kontinuity.

$$S = (b + m \cdot h) \cdot h \quad (\text{m}^2)$$

$$O = b + h \cdot (1 + m_1^2)^{1/2} + h \cdot (1 + m_2^2)^{1/2} \quad (\text{m}^2)$$

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{m})$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v = C \cdot R^{1/2} \cdot i^{1/2} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

$$Q = S \cdot v \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

Kde:  $Q$  je kapacitní průtok ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ );  $m$  je cotg úhlu sklonu svahu (-);  $b$  je šířka ve dně (mm);  $n$  je drsnost (-);  $h$  je výška vody v profilu (m);  $i$  je podélný sklon dna (-);  $S$  je plocha průtočného profilu ( $\text{m}^2$ );  $O$  je omočený obvod profilu (m);  $R$  je hydraulický poloměr (m);  $C$  je Chézyho rychlostní součinitel ( $\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$ );  $v$  je střední profilová rychlost vody ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) [37].

Pro výpočet opevnění byly použity následující rovnice:

$$\tau = \rho \cdot g \cdot R \cdot i \quad (\text{Pa})$$

$$\tau_z = \frac{0}{1,13 \cdot b + 1,33 \cdot t} \cdot \tau \quad (\text{Pa})$$

$$t = h \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (\text{m})$$

$$\tau_{max} = 1,2 \cdot \tau_z \quad (\text{Pa})$$

$$S = \frac{\tau_z^2 - \tau_d^2}{\tau_z^2} \cdot t \quad (\text{m})$$

Kde:  $\tau$  je střední tangenciální napětí;  $\tau_z$  je napětí v patě svahu;  $\rho$  je hustota vody ( $\text{kg/m}^3$ );  $g$  je gravitační zrychlení ( $\text{m/s}^2$ );  $t$  je délka omočeného svahu (m);  $\tau_{max}$  je maximální tangenciální napětí (v ose koryta);  $B$  je šířka koryta v břehových hranách (m);  $S$  šikmá šířka vegetačního opevnění [37].

Vsakovací průleh byl dimenzován na objem přímého odtoku  $O_{ph}$ . K výpočtu byly použity následující rovnice:

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

$$A = 25,4 \cdot (1000 / CN - 10) \quad (\text{mm})$$

$$O_{ph} = 1000 \cdot P_p \cdot H_o \quad (\text{m}^3) [1]$$

Kde:  $H_o$  je přímý odtok (mm);  $H_s$  úhrn návrhového deště (mm);  $A$  potenciální retence (mm);  $CN$  je číslo odtokové křivky (-);  $P_p$  je plocha povodí ( $\text{km}^2$ );  $O_{pH}$  je objem přímého odtoku ( $\text{m}^3$ ) [1].

K dimenzování trubních propustků byly použity rovnice pro betonový propustek. Pro předběžně navržený průměr  $DN$  a konkrétní podélný sklon  $J$  se stanoví zaplněným celým profilem průtok  $Q_d$  a střední průřezová rychlost  $v_d$  [37]. Jedná se o následující hydraulické rovnice:

$$Q_d = 24,0 \cdot DN^{8/3} \cdot J^{1/2} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v_d = 30,5 \cdot DN^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Průtok  $Q$  a jemu odpovídající rychlost  $v$  při plnění profilu  $h = 0,75 \cdot DN$ . Při tomto plnění je totiž spolehlivě zaručen režim proudění s volnou hladinou [37].

$$Q = Q_d \cdot 0,915 \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

$$v = v_d \cdot 1,137 \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$$



## 4 ZPŮSOBY PROTIEROZNÍ A PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY

Zemědělsky využívané pozemky na sklonitých svazích je nutné chránit před vodní erozí účinnými protierozními opatřeními. O tom, jaké prvky se použijí rozhoduje požadované snížení erozního smyvu půdy a nutná ochrana objektů (intravilánů měst a obcí, vodních toků a zdrojů, nádrží atd.) [1]. Předností GIS aplikací je vymezení plošné lokalizace ploch s jednotlivými kategoriemi potenciálního erozního smyvu, což je velmi výhodné při navrhování jednotlivých typů PEO. Ideální je, aby průměrný erozní smyv na zemědělské půdě, resp. na dané EHP po návrhu opatření klesl pod hodnotu  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  a také, aby rozsah nadlimitních kategorií erozního smyvu nepřekračoval 20 %, přičemž tento tolerovaný rozsah by neměl tvořit souvislou plochu. Velmi často se jedná o komplex organizačních, agrotechnických a technických opatření, která se vzájemně doplňují [1, 31]. Dále je uveden popis jednotlivých opatření s podrobnějším popisem jednotlivých typů organizačních a technických opatření, která se navrhovala v rámci protierozní a protipovodňové ochrany řešeného území.

### 4.1 Organizační opatření

Organizační protierozní mají výhodu v tom, že nevyžadují žádný technický zásah. Vycházejí hlavně ze znalostí příčin erozních jevů a zákonitosti jejich rozvoje. Organizační opatření spočívá v celkovém pojetí organizace krajiny při využívání ochranného účinku vegetačního pokryvu. Vhodný vegetační pokryv snižuje kinetickou energii dešťových kapek a vytvářejí překážky povrchového odtoku a voda bude mít více času infiltrovat do půdy. Kořeny zpevňují půdu a zlepšují její vlastnosti. Mezi organizační opatření patří tvar a velikost pozemku, delimitace druhů pozemků a ochranné zatravnění a zalesnění, protierozní rozmísťování plodin a protierozní osevnické postupy a pásové střídání plodin stabilizace drah soustředěného odtoku a nedimenzované zasakovací pásy [1, 33].

#### Návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku

Jedná se o nové uspořádání bloků zemědělské půdy o velikosti vycházející z místních geografických poměrů, s požadavky na přístupnost pozemků a způsob hospodaření na půdě. Z hlediska protierozní ochrany je nejvýhodnější situování delší strany pozemku ve směru vrstevnic. Tímto opatřením můžeme docílit zvýšení infiltrace vody do půdy, omezení délky svahu, zlepšení vodního režimu v půdě, zvýšit estetickou hodnotu krajiny, omezení vzniku erozního smyvu, a tedy také transportu splavenin do vodních toků [1, 33].

#### Delimitace druhu pozemků

Je to prostorová a funkční optimalizace pozemku sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Mezi nejúčinnější patří ochranné zatravnění a zalesnění. Ochranné zatravnění se navrhuje na plochách pozemků s ornou půdou se sklonem nad 20 %, na mělkých

půdách, dále skeletovitých půdách na pevných substrátech a svazích 10–20 %, zamokřených, těžkých až velmi těžkých půdách apod., které nejsou vhodné pro zemědělské účely. Dobře zapojený travní porost je nejlepší protierozní ochranou jak pro plošné zatravnění, tak pro vegetační zpevnění liniových prvků jako jsou průlehy, meze, nebo tělesa ochranných hrázek. Trvalými travními porosty by měly být dále chráněny břehy podél vodních toků a nádrží (tzv. buffer zóny) dráhy soustředěného odtoku, břehy vodních toků a nádrží (tzv. buffer zóny). Aby toto opatření plně splňovalo svoji funkci, je potřeba vypěstovat kvalitní vegetační kryt, přičemž preferovanými jsou výběžkaté trávy tvořící pevný drn [1, 34].

### **Protierozní oseední postupy**

Je nezbytným řešením na erozně ohrožených pozemcích, kde nelze z organizačních a technologických důvodů uplatnit jiný způsob rozmísťování protierozních plodin. Toto opatření je založené především na protierozním účinku plodiny upravující organizaci a strukturu plodin. Podstatou je vyloučit erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, cukrovka, slunečnice, okopaniny apod.) na půdách ohrožených erozí půdy plodiny s nedostatečným protierozním účinkem a zvýšit zastoupení plodin s vyšším protierozním účinkem (např. jeteloviny, vojtěška, obilniny). Účinnost opatření se projeví snížením C faktoru. Dojde ke zpomalení povrchového odtoku, zvýšení infiltrace vody do půdy a také omezení transportu půdních částic uvolněných erozí do vodních toků. Pokud by se cílilo i na vrstevnicové obdělávání, mohlo by se počítat také snížením hodnoty P faktoru [33, 34].

## **4.2 Agrotechnická opatření**

Účelem agrotechnických opatření je, aby se zkrátil čas, kdy je půda bez vegetačního pokryvu, na minimum. Nejrizikovějším obdobím z hlediska vodní eroze je hlavně červen až srpen s nejčastějším výskytem přívalových dešťů, ale také období tání sněhu. K protierozní ochraně se používá rostlinný materiál v různých formách, který je ponechán na povrchu půdy nebo je částečně zapraven. Zabraňuje se tak volnému povrchovému odtoku, výskytu utužených povrchových vrstev půdního profilu, vodní kapky po dopadu na půdní povrch nebudou v takové míře rozrušovat a uvolňovat půdní částice a zvyšuje se možnost vodě infiltrovat do půdy. Mezi doporučená agrotechnická opatření jsou považovány protierozní agrotechnologie na orné půdě, jako je výsev do ochranné plodiny, strniště, mulče či posklizňových zbytků, dále hrázkování a důlkování povrchu půdy, protierozní agrotechnologie ve speciálních kulturách, jako např. zatravnění meziřadí, krátkodobé porosty v meziřadí, mulčování. Místo orby je využíváno kypření půd bez obracení zpracované vrstvy půdy [1, 33, 34].

### 4.3 Biotechnická a technická opatření

Samotná organizační nebo agrotechnická opatření většinou nejsou schopna v takové míře omezit povrchový odtok a protierozní ochranu. Technická opatření se navrhuje zejména na pozemcích, kde nepříznivé důsledky povrchového odtoku ohrožují intravilán obce. Vhodné je rozdělit rozsáhlé svažité pozemky s velkou délkou svahu protierozními opatřeními zejména liniového charakteru. Při optimálním návrhu liniových záchytných prvků dojde ke snížení faktoru délky svahu  $L$ , protože se jedná o trvalou překážku napomáhající k rozptýlení a zachycení povrchového odtoku, dále svou trasou usměrňují směr obdělávání pozemků a způsob hospodaření zemědělských subjektů. Při doplnění liniových prvků doprovodnou zelení mají také význam i z hlediska krajiny estetického a ekologického. Systém biotechnických liniových protierozních prvků v kombinaci se zelení může fungovat v krajině jako součást územního systému ekologické stability (ÚSES) krajiny [1, 34].

Celková ochrana území sleduje tři základní cíle: co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy, omezit možnost, aby se povrchový odtok soustřeďoval do rýh, stružek a údolnic, tzn. zachytit povrchový odtok včas a podpořit jeho rozptylování, zmenšit rychlost a neškodně odvést povrchový odtok tak, aby svou unášecí silou neodnášel půdní částice [34].

Mezi základní biotechnická opatření patří: protierozní průlehy, příkopy, meze, hrázky, nádrže, přehrážky, zasakovací pásy, stabilizace drah soustředěného odtoku, terasování

#### **Protierozní průleh**

Jedná se o mělký příkop s mírnými sklony svahů (1:10 až 1:5) umožňující přejezd s hlavní funkcí přerušení délky svahu, zachytit povrchový odtok a neškodně ho odvést nebo zasáknout. Příčný profil je trojúhelníkový nebo lichoběžníkový. Průlehy je možné navrhovat v různých variantách např. se zatravněným, sedimentačním pásem (min. šířka 5 m), s doprovodnou hrázkou (protierozní mez), doprovodnou vegetací nebo s polní cestou. Protierozní průlehy se rozdělují podle funkce na záchytné, sběrné, svodné a na vsakovací [1, 35].

Záchytné a sběrné průlehy se navrhuje na pozemcích o sklonu do 15 % zpravidla se zatravněným příčným profilem s funkcí zachytit povrchový odtok a následně ho bezpečně odvést do svodných příkopů, průlehů či stabilizovaných údolnic. Účelem záchytných průlehů je ochránit danou lokalitu zachycením povrchového odtoku z výše ležících ploch. Sběrné průlehy chrání zemědělský pozemek zkrácením volné délky povrchového odtoku, aby nedocházelo k nadlimitnímu eroznímu smyvu. Svodné průlehy mají hlavní funkci neškodně odvést odtok ze záchytných a sběrných průlehů. Příčný profil se navrhuje parabolický nebo lichoběžníkový se sklony min. 1:5, aby byl co nejlépe přejezdný. Hloubka se navrhuje 0,3–1,0 m. Optimální je navrhovat průlehy

v takovém sklonu, aby postačilo vegetační zpevnění, které je schopno odolat profilové rychlosti do 1,5 m/s, v odůvodněných případech 1,8 m/s. U průlehu je na základě hydrotechnických a hydraulických výpočtů posuzována jeho kapacita a tangenciální (tečné) napětí. Při návrhu je snahou o dosažení rovnosti výkopů a násypů [1, 35].

Zasakovací průlehy musí být vedeny striktně vrstevnicově s nulovým podélným sklonem. Povrchový odtok zachytí a voda se postupně zasákne do půdy nebo vypaří v závislosti na klimatických podmínkách. Zasakovací průleh je nutné navrhovat pouze v příznivých půdních podmínkách, tj. v půdách s vysokou nebo střední rychlostí infiltrace. Dimenzují se na objem přímého odtoku ze sběrné plochy průlehu vyvolaný z dané N-leté návrhové srážky. Dolní hranu příkopu nebo případnou doprovodnou hrázku je potřeba náležitě ztuhit a udržovat hranu vodorovnou bez depresí, aby nedošlo k soustředěnému přelití vody [35].

### **Protierozní příkop**

Jedná se o liniový prvek přerušující délku svahu. Jako u průlehu je hlavní funkcí přerušování délky svahu, zachytit povrchový odtok a neškodně ho odvést nebo zasáknout s tím rozdílem, že neumožní přejezd z důvodu strmějších sklonů svahů (1:1,5 až 1:2). Příčný profil je trojúhelníkový nebo lichoběžníkový s hloubkou od 0,4 m do 1,2 m. Příčný profil je trojúhelníkový nebo lichoběžníkový. Příkopy je vhodné navrhovat v různých variantách např. se zatravněným, sedimentačním pásem (min. šířka 5 m), s doprovodnou hrázkou, doprovodnou vegetací nebo s polní cestou (cestní příkopy). Protierozní příkopy se rozdělují podle funkce na záchytné, sběrné, svodné a nasakovací [1, 35].

Pro záchytné, sběrné a zasakovací příkopy platí totožné informace jako u průlehu (uvedeno výše). Svodné příkopy bezpečně odvádějí zachycenou vodu ze sběrných nebo záchytných příkopů do vodního toku. Většinou jsou situovány s vyšším podélným sklonem a bývají proto často zpevněny. Příkopy je potřeba na základě hydrotechnických a hydraulických výpočtů posoudit jeho kapacitu pro dané N leté průtoky a tangenciální (tečné) napětí a v případě nutnosti opevnit [1, 35].

### **Protierozní cesta**

Polní cesta s protierozní funkcí je kombinovaným typem opatření zajišťující zpřístupnění na přilehlé pozemky. Je cíleně vedena v přibližně vrstevnicovém směru a je situována do prostoru, kde je třeba přerušit příliš dlouhý a erozně ohrožený svah. Cesta je na straně proti svahu doplněna cestním příkopem, jehož je nejen odvodnění komunikace, ale i zachycení povrchového odtoku z výše ležícího pozemku. Příkop se dimenzuje stejně jako protierozní příkop [35].

## **Zasakovací pásy**

Jedná se o liniové travnaté pásy vedené ideálně po vrstevnici. Jsou to opatření investičně nenáročná. Zasakovací pásy se navrhují především na svažitéch pozemcích, kde se střídají s plodinami, které mají nízký protierozní účinek. Dále je vhodné zasakovací pás navrhnut podél nádrží, vodních toků příkopů a průlehů. Doporučuje se navrhovat pás šířky minimálně 20 m. Zasakovací pásy mohou být doplněny doprovodnou zelení a mohou se stát prvky ÚSES. Účinnost pásu zejména spočívá ve snížení rychlosti povrchového odtoku a následně k jeho převedení v odtok podpovrchový, zachycení uvolněných půdních částic a omezení zanášení vodních toků [33, 34]. Problematika u tohoto opatření je v jeho nadimenzování. Jako prvek přerušující odtok se dá hodnotit pouze zasakovací pás, který je řádně umístěný a nadimenzovaný na daný N-letý objem přítoku vyvolaný návrhovou srážkou dle normy ČSN 75 4500 např. metodou podle Holého (1994). Zasakovací pás slouží primárně k ochraně půdy před erozí, nikoliv k ochraně intravilánu před povodněmi. Pokud zasakovací pás není nadimenzovaný, nemůže se brát jako prvek přerušující odtok [16], [36].

## **Stabilizace drah soustředěného odtoku**

Přirozené nebo upravené dráhy soustředěného povrchového odtoku zpevněné vegetačním krytem, jsou schopny bezpečně bez projevů eroze bezpečně odvést povrchový odtok, ke kterému dochází na příčně vlněných pozemcích, v úžlabinách a údolnicích v době přívalových dešťů nebo jarního tání, kdy soustředěně po povrchu odtékající voda v těchto místech způsobuje erozní rýhy. Optimální ochranou těchto exponovaných míst je vegetační kryt, nejlépe zatravnění. Kořenový systém zpevňuje půdu, redukuje odnos půdních částic a tlumí kinetickou energii odtoku. Vegetační kryt je potřeba udržovat, aby plně splňoval svoji funkci. Preferovány jsou trávy výběžkaté tvořící pevný drn [1, 34].

## **Přehrážky**

Jedná se o opatření, které zahrazuje strže, bystřiny či údolnice. Pod přehrážkami je vhodné zrealizovat vývažiště pro utlumení kinetické energie vody. Přehrážky zadrží část objemu vody, zachytí splaveniny a sníží kulminační přítok. Dojde tedy k transformačnímu účinku. Obvykle se budují přehrážky srubové, zděné, gabionové, betonové.

## **Ochranné retenční nádrže**

Ochranné retenční nádrže zachycují a transformují povodňové průtoky a vlny, zachycují uvolněné splaveniny. Navrhují se často ve formě závěrečných prvků systému protierozní a protipovodňové ochrany. Hlavními objekty je těleso hráze a výpustný objekty (spodní výpust, bezpečnostní přeliv). Je to nejúčinnější protipovodňové opatření, ale zároveň nenákladnější. Suchá nádrž může mít v poměru k celkovému

objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajínótvornou či ekologickou funkci [1, 35, 41].

### **Propustky**

Propustky jsou čistě technická opatření. Jsou to stavební objekty v tělese nebo pod tělesem polní cesty s libovolným tvarem průřezu a s kolmou světlostí otvoru do 2,0 m a slouží k převedení povrchových vod. Hlavní částmi trubního propustku jsou potrubí, lože, čela, čelní zdi a nadnásyp. Materiál potrubí se zpravidla navrhuje z železobetonu nebo ocele [23, 37]. Navrhují se, když příkopy znemožňují přejezd zemědělské techniky, v tomto případě se jedná o hospodářské přejezdy (sjezdy). Dále se propustky navrhují při křížení údolnice s cestou. Trubní propustky se navrhují tak, aby převedly návrhový průtok v beztlakovém režimu, s volným vtokem a bez vzduť dolní vodou [35].

## 5 VYHODNOCENÍ SOUČASNÝCH EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

### 5.1 Vyhodnocení současných erozních poměrů

Výpočet erozního smyvu byl stanoven celkově na 81 EHP. V souhrnných tabulkách (tab. 7 a tab. 8) bylo vyhodnoceno 33 EHP, které jsou větší než 2 ha a které jsou součástí nebo alespoň zasahují do k.ú. Sivice. EHP menší než 2 ha je ale potřeba také chránit před vodní erozí. V tab. 7 jsou uvedeny výsledky současného průměrného erozního smyvu v  $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  na 33 EHP a jsou porovnávány s přípustnou hodnotou erozního smyvu dle metodiky Janeček a kol., (2012) a dle současně platného metodického návodu pro provádění pozemkových úprav (MN 01/2022)  $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ . Pozemky, které nemají kód uživatele pozemku, resp. nejsou součástí LPIS, byly ručně dokreslené EHP, které byly zjištěny v rámci terénního průzkumu. Výsledky na EHP překračující přípustnou hodnotu erozního smyvu  $4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  jsou zvýrazněny červenou barvou. Z výsledků je vidět, že k překročení přípustného erozního smyvu  $> 4 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  dochází na dvaceti EHP. Do kategorie průměrného erozního smyvu  $0,00-4,00 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. bez erozního ohrožení) spadá dvanáct EHP a jsou označeny černě. Do kategorie průměrného erozního smyvu  $4,01-8,00 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. půdy mírně erozně ohrožené) spadá osm EHP, a to EHP7, EHP29, EHP33, EHP35, EHP46, EHP50, EHP54 a EHP57. Do kategorie průměrného erozního smyvu  $8,01-12,00 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. půdy erozně ohrožené) náleží pět EHP, a to EHP20, EHP22, EHP27, EHP31 a EHP51. Do kategorie průměrného erozního smyvu  $12,01-16,00 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. půdy silně erozně ohrožené) spadá EHP38 a EHP81. Do kategorie průměrného erozního smyvu  $16,01-20,00 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. půdy velmi silně erozně ohrožené) nespadá žádná EHP. Do kategorie průměrného erozního smyvu nad  $20,01 t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$  (tj. půdy erozně nejohroženější) náleží pět EHP, a to EHP9, EHP42, EHP75, EHP78 a EHP79.

Na EHP75, EHP78 a EHP79 bylo stanovit erozní smyv velice problematické. Určit plodinu na těchto plochách nebylo možné, protože se většinou jednalo o zahrady s velkým množstvím malých ploch s různými plodinami, a proto se sloučili do jednoho celku. Bralo se v úvahu že na těchto ručně dokreslených plochách EHP75, EHP78 a EHP79 se vyskytuje pouze orná půda, protože z terénního průzkumu bylo zjištěno, že i na tak skloněných pozemcích se orná půda objevuje. Proto je vypočtený erozní smyv na těchto plochách zkreslený, resp. je stanoven na stranu bezpečnou. EHP, které mají v názvu (N) znamená, že tyto EHP jsou neklasifikované. Erozní smyv byl sice na nich

vypočten, ale v rámci své polohy nezasahují do k. ú. Sivic. Jedná se o EHP52 (N), EHP53 (N), EHP56 (N), EHP70 (N).

Tab. 7. Souhrnná tabulka výsledků současného průměrného erozního smyvu na EHP>2 ha

EHP	Kód uživatele pozemku	Kultura	Plocha [ha]	Průměrný erozní smyv G [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Přípustný erozní smyv G [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
EHP3	5001/1	7	15,81	0,10	4,0
EHP5	4302/1	2	30,00	1,06	4,0
EHP7	5114/1	2	13,39	5,62	4,0
EHP9	6103/1	2	41,28	21,99	4,0
EHP14	4302/2	2	15,00	1,29	4,0
EHP15	5802/1	7	2,75	0,10	4,0
EHP20	4101/3	2	7,12	9,72	4,0
EHP22	4101/9	2	10,29	8,47	4,0
EHP27	4101/6	2	13,65	8,34	4,0
EHP29	4203	2	29,60	7,36	4,0
EHP31	5005	2	4,85	10,63	4,0
EHP33	5114/3	2	2,00	6,41	4,0
EHP35	5102/13	2	5,17	4,14	4,0
EHP38	6103/5	2	3,61	15,52	4,0
EHP39	6001/1	7	15,14	0,24	4,0
EHP41	5801/1	7	8,32	0,22	4,0
EHP42	6104/3	2	19,34	22,94	4,0
EHP46	4201/10	2	31,07	7,93	4,0
EHP47	4301/1	2	25,09	1,54	4,0
EHP48	4103/5	2	5,75	2,05	4,0
EHP50	4109	2	9,55	5,52	4,0
EHP51	4203/1	2	13,32	11,18	4,0
EHP54	5201/3	2	50,49	7,74	4,0
EHP55	5201/2	2	34,59	1,69	4,0
EHP57	4201/11	2	20,31	6,03	4,0
EHP58	5707/1	7	5,37	0,15	4,0
EHP72	-	7	2,16	0,04	4,0
EHP73	-	7	6,32	0,13	4,0
EHP75	-	2	7,67	28,08	4,0
EHP78	-	2	9,68	22,34	4,0
EHP79	-	2	7,16	37,56	4,0
EHP81	-	2	2,20	13,12	4,0

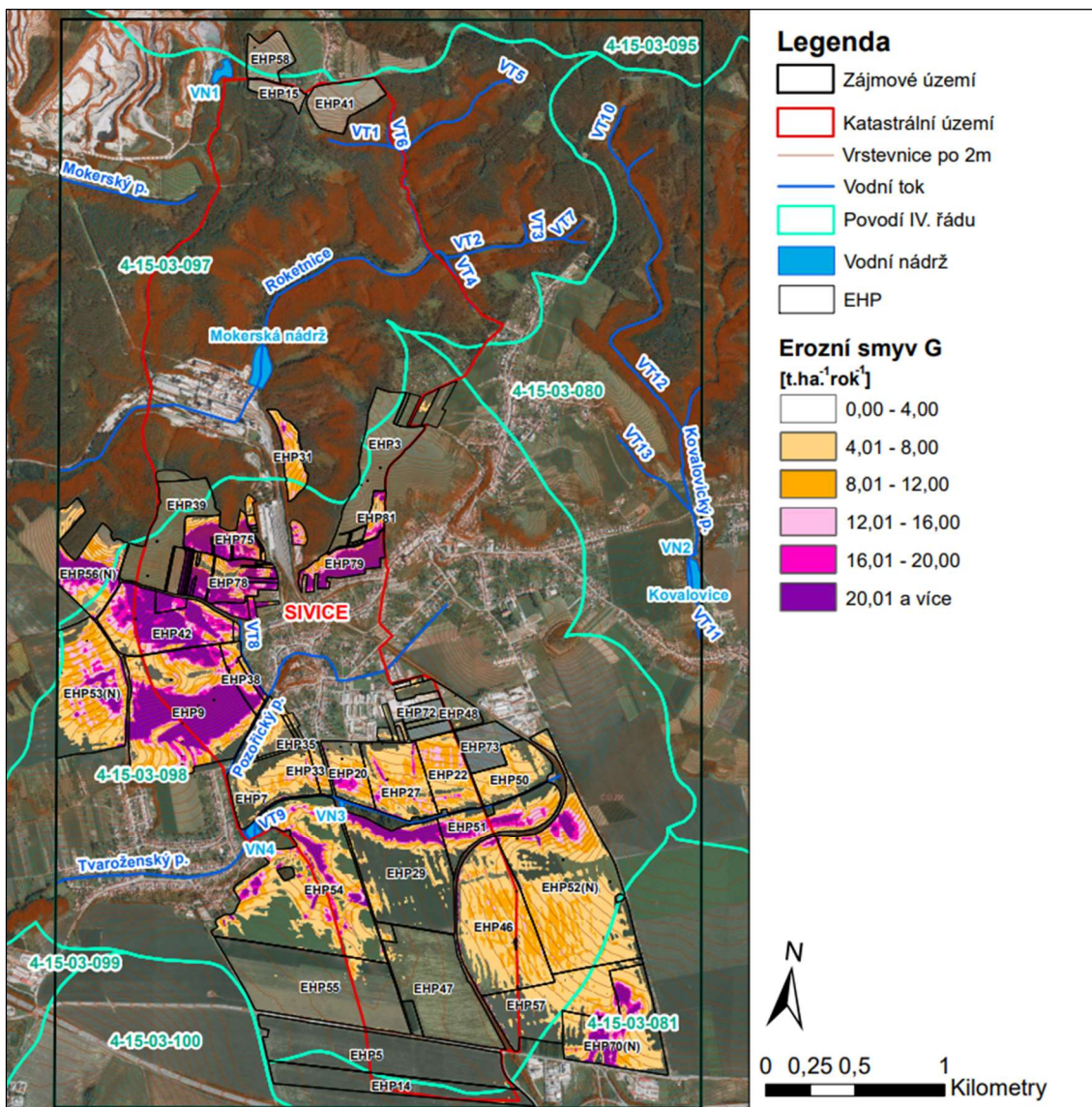
Dále byla stanovená míra erozní ohroženosti (MEO), kdy se lokalizoval plošný rozsah jednotlivých kategorií erozního smyvu a jemu odpovídající procentuální zastoupení jednotlivých kategorií smyvu (0–4, 4–8, 8–12, 12–16, 16–20 a >20 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>) ve výpočtové tabulce (tab. 8), tak jak to vyžaduje současný technický standard dokumentace plánu společných zařízení v pozemkových úpravách [32]. Mapa



současného erozního smyvu je zobrazena na obr. 17. Jak je psáno výše, výstupy se prováděli pro EHP > 2 ha, a tak i v mapě jsou zobrazeny popisky pro EHP > 2 ha. Pro lepší přehlednost je mapa v samostatné příloze č. 1.

Tab. 8. Souhrnná tabulka výsledků posouzení MEO na EHP > 2 ha

EHP	Plocha [ha]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						Plocha výpočtu [%]
		0 – 4	4 – 8	8 – 12	12 – 16	16 – 20	> 20	
		Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [%]						
EHP3	15,81	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP5	30,00	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP7	13,39	40,5	41,6	11,8	4,8	0,5	0,9	100,0
EHP9	41,28	6,5	15,0	16,4	10,6	8,1	43,4	100,0
EHP14	15,00	99,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP15	2,75	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP20	7,12	25,4	24,1	23,9	11,5	10,0	5,0	100,0
EHP22	10,29	8,9	37,1	39,8	13,5	0,7	0,0	100,0
EHP27	13,65	13,1	40,7	31,1	9,5	3,6	1,9	100,0
EHP29	29,60	66,3	14,9	4,0	2,2	1,9	10,8	100,0
EHP31	4,85	4,6	24,9	49,8	12,9	2,7	5,1	100,0
EHP33	2,00	25,5	45,8	23,4	5,2	0,0	0,0	100,0
EHP35	5,17	60,6	30,4	8,2	0,7	0,0	0,0	100,0
EHP38	3,61	2,6	8,2	27,7	30,1	12,3	19,1	100,0
EHP39	15,14	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP41	8,32	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP42	19,34	2,0	7,4	9,3	15,3	16,1	49,9	100,0
EHP46	31,07	13,3	52,8	28,6	3,0	0,7	1,7	100,0
EHP47	25,09	98,5	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP48	5,75	96,4	3,2	0,4	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP50	9,55	29,3	56,1	13,6	1,0	0,0	0,0	100,0
EHP51	13,32	23,7	19,8	15,1	14,8	12,1	14,4	100,0
EHP54	50,49	36,6	30,3	14,9	8,2	4,4	5,7	100,0
EHP55	34,59	97,3	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	100,0
EHP57	20,31	38,6	50,3	5,9	2,3	1,4	1,6	100,0
EHP58	5,37	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP72	2,16	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP73	6,32	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
EHP75	7,67	3,9	9,0	9,2	10,0	12,1	55,8	100,0
EHP78	9,68	7,9	11,1	11,1	12,9	9,6	47,5	100,0
EHP79	7,16	0,1	3,4	7,1	10,0	6,5	72,9	100,0
EHP81	2,20	1,6	30,4	24,7	15,5	13,2	14,7	100,0



Obr. 17. Mapa současného erozního smyvu na EHP > 2ha

## 5.2 Identifikace KB, KP, ZP a jejich sběrných povodí

Výchozími podklady pro identifikaci KB, KP a ZP a jejich sběrných povodí byly vygenerované vrstevnice z DMR 4G, povodí IV. řádu, vodní toky, dráhy kapek a vygenerované akumulace odtoku s velikostí sběrné plochy od 3 ha. Jedná se o velikost sběrné plochy nad bodem, kde může za určitých podmínek docházet k přeměně plošného povrchového odtoku v odtok soustředěný. Jedná se v podstatě o vytvořenou hydrografickou mikrosíť drah soustředěných povrchových odtoků (DSO) [28]. V zájmovém území bylo identifikováno pět kritických bodů (KB2, KB4, KB6, KB8 a KB9), které splňují kritéria K1.–K3. nebo K1A.–K2A. uvedené v kap. 3.7. Profily, které nesplňovali alespoň jedno z uvedených kritérií, byly označeny jako kritické profily a v zájmovém území se nachází dva (KP1 a KP7). Dále byly identifikovány dva závěrové

profily (ZP3 a ZP5). Povrchový odtok z těchto sběrných povodí neohrožuje a nevniká do intravilánu obce, a proto byly pojmenovány v této práci jako závěrové profily (obr. 21).

Cílem bylo v zájmovém území zachytit co nejlépe skutečné současné odtokové poměry. Po identifikování všech kritických profilů a jejich sběrných povodích na základě dostupných podkladů v prostředí aplikaci ArcMap byl následně v zájmovém území proveden terénní průzkum. Terénní průzkum byl velmi důležitý, aby se ověřila správnost polohy a vynesení všech profilů (KB, KP, ZP) a jejich sběrných povodí. Po důkladném ověření a následném opravení v ArcMap mohl být vyhotoven výpočet v modelu DesQ–MaxQ. Identifikace všech profilů (KB, KP a ZP) s jejich sběrnými povodími jsou graficky zobrazeny na obr. 21 nebo na obr. 22.

### 5.2.1 Kritické body

Kritický bod KB2 byl identifikován před vtokem do vodního toku (odvodňovacího zařízení) VT8, který zároveň tvoří hranici intravilánu. Kapacita vodního toku VT8 není známa. Uvažuje se, že se voda z VT8 může rozlít a zaplavit tak okolní pozemky v zástavbě. Sběrné povodí P2 tvoří z větší části orná půda, z menší části pat trvalý travní porost.

Kritický bod KB4 se nachází na vtoku do betonového propustku DN 800, který je na Pozořickém potoce na východní hranici k.ú Sivice. Výpočet metodou CN křivek k tomuto profilu byl velmi problematický, protože převážná většina sběrného povodí P4 leží v intravilánu sousední obce Pozořice, která je odkanalizována systémem dešťových stok. KB4 je ale zároveň největší hrozbou pro obec Sivice, protože Pozořický potok je velmi často rozvodněný po každém větším dešti a zaplavuje okolní pozemky a zástavbu. Z důvodu častého rozvodnění se na vodním toku zrealizoval odlehčovací objekt (více v kap. 2.7), který byl dimenzovaný na 20letý průtok.



*Obr. 18. Pohled na sběrné povodí P2 směrem ke KB2 (vlevo), kritický bod KB4 (vpravo)*

Kritický bod KB6 byl identifikován na hrázi vodní nádrže VN4 (obr. 14) na Tvaroženském potoce nacházející se na jihozápadní hranici k. ú. Sivic. Údolnici sběrného povodí tvoří Tvaroženský potok. Tvaroženský potok neprotéká přes Sivic, ale intravilánem obce Tvarožná. Sběrné povodí P6 je v celé ploše intenzivně zemědělsky využíváné.

Kritický bod KB8 byl identifikován na hrázi Mokerské nádrže (obr.14) nacházející se na vodním toku Roketnice v severní polovině k.ú. Sběrné povodí P8 je v téměř v celé ploše pokryto lesním porostem.

Kritický bod KB9 se nachází na Pozořickém potoce před soutokem s Tvaroženským potokem při jihozápadní hranici k.ú. KB9 neohrožuje obec Sivic, ale obec Tvarožnou. Do sběrného povodí P9 spadají povodí P1, P3, P4 a P5. Jedná se o největší sběrné povodí o ploše téměř 4 km<sup>2</sup>. Sběrné povodí P9 v sobě zahrnuje problematické povodí P4 a odtokové charakteristiky stanovené metodou CN křivek se braly s určitou rezervou jako u KB4.

## 5.2.2 Kritické profily

KP1 se nachází na západě k.ú. Sivic. Velkou část údolnice sběrného povodí P1 tvoří nezpevněná cesta (níže na obr. 31 vlevo), která je níže než okolní terén a je tak negativně vystavena soustředěnému odtoku. Sklon cesty se směrem ke KP1 snižuje a na konci tak dochází k usazování uvolněného sedimentu z nezpevněné cesty. Velikost sběrného povodí je 0,099 km<sup>2</sup> a nespĺňuje tak kritérium K1 pro kritický bod.

KP7 byl lokalizován na vtoku do suché retenční nádrže (obr. 19) na jihozápadní hranici k. ú. Sivic. Soustředěný odtok ohrožuje obec Tvarožnou. Průměrný sklon sběrného povodí P7 je jen slabě nad 2 % a nespĺňuje tak kritérium K2 pro kritický bod. Povodí je v celé ploše intenzivně zemědělsky využíváno.



*Obr. 19. Pohled na KP7 hráz suché retenční nádrže (vlevo), pohled na sběrné povodí P7 (vpravo)*

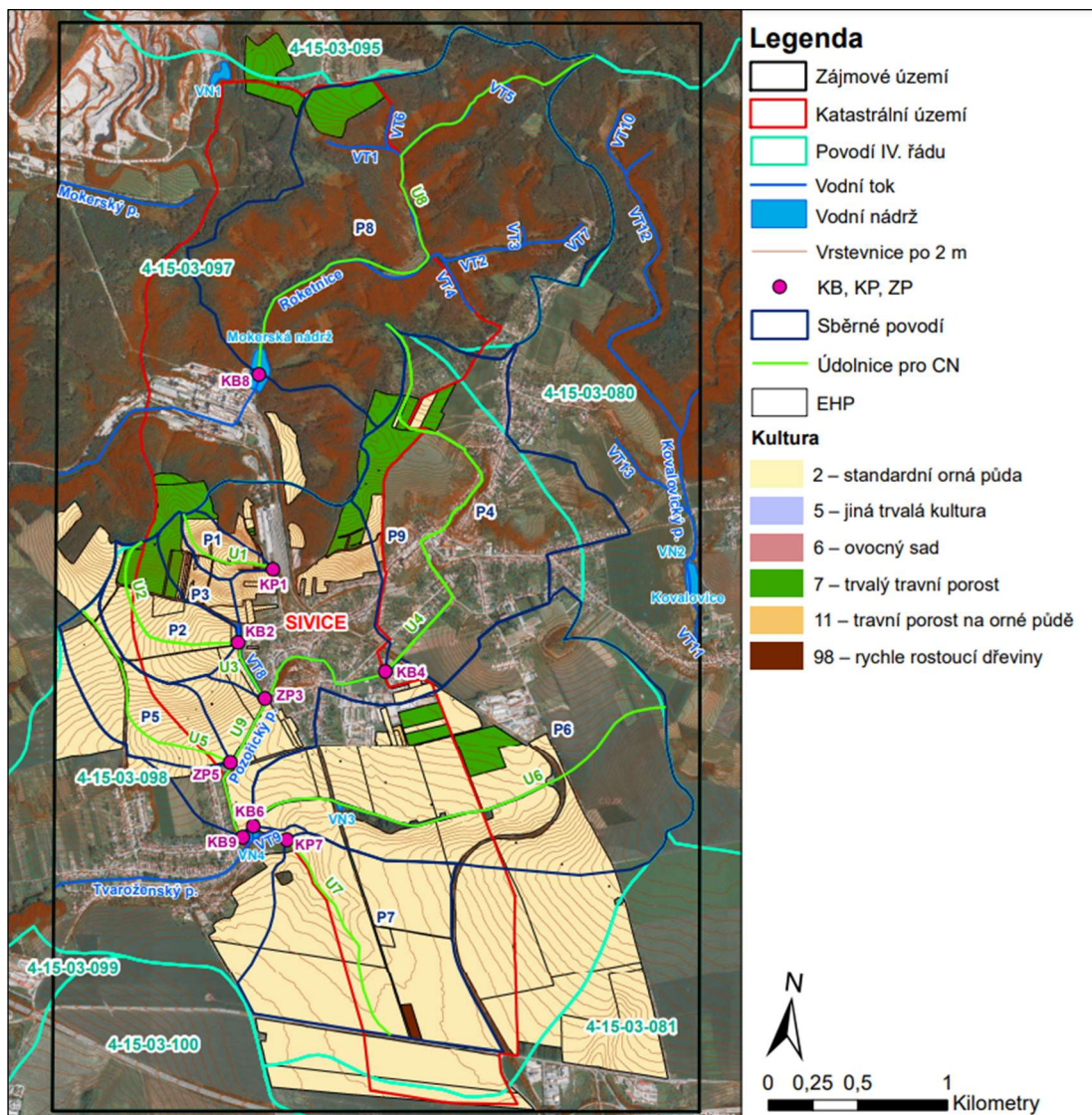
### 5.2.3 Závěrové profily

ZP3 se nachází na západě k.ú. a byl lokalizován na vtoku do propustku DN 800 (obr. 20), který převádí vodu z vodního toku VT8 pod polní cestou do Pozořického potoka. Do ZP3 zároveň ústí odtok z povodí P2. ZP3 se nachází za hranicí zástavby a bezprostředně tak neohrožuje intravilán. Je ale vhodné zjistit sklon propustku a ověřit jeho kapacitu.

ZP5 se nachází na západě k.ú. Soustředěný odtok ze sběrného povodí P5 (obr. 20) přitéká za současného stavu na nezpevněnou polní cestu a následně do Pozořického potoka. Sběrné povodí je intenzivně zemědělsky využíváno.



*Obr. 20. Pohled na ZP3 na vtoku do propustku DN 800 (vlevo), sběrné povodí P5 k ZP5 (vpravo)*



Obr. 21. Mapa KB, KP, ZP s vymezením jejich sběrných povodích

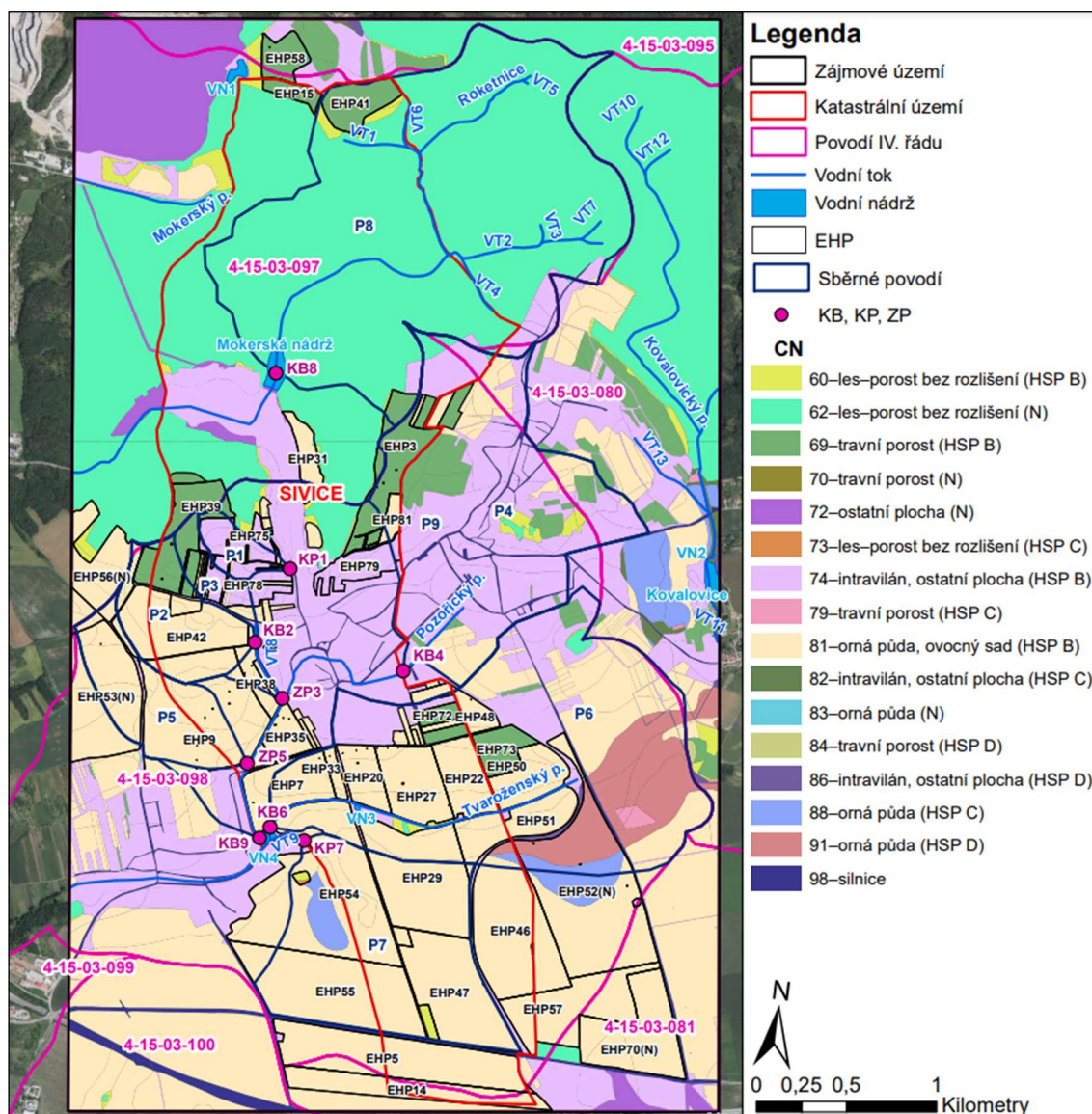
### 5.3 Tvorba mapy CN křivek v prostředí aplikaci ArcMap

V této kapitole je popsán postup tvorby mapy CN křivek pomocí ArcMap. Převážná většina práce probíhala v atributových tabulkách. Mapa CN křivek byla potřeba pro určení průměrných hodnot CN pro jednotlivá sběrná povodí P1–P9, které vstupovaly do modelu DesQ–MaxQ. Mapa CN křivek se musela zpracovat minimálně na všechna sběrná povodí P1–P9, ale zpracovaná byla pro celé zájmové území.

Zásadní vrstvou pro určení čísla CN byla vektorová vrstva BPEJ, resp. HPJ (více v kap. 2.6.1). HSP se určila dle HPJ (více v kap. 2.6.2), kdy k jednotlivým kódům HPJ náleží patřičná HSP podle převodní tabulky uvedené v metodice Janeček a kol. (2012) [1]. Další zásadní vrstvou pro určení patřičného čísla CN byla výsledná vrstva pokryvu zájmového území, která vznikla sloučením vektorových vrstev EHP\_CN, lesy, intravilán, ostatní plochy a komunikace za pomoci nástroje merge. Erozně hodnocené plochy, na kterých

se stanovoval erozní smyv byly pro tento úkol nedostačující, protože bylo potřeba zachytit veškerý pokryv v plochách sběrných povodí P1–P9. Proto byla vytvořena nová vektorová vrstva s názvem EHP\_CN. Vektorová vrstva lesy vycházela z vrstvy BPEJ, která byla upravena podle hranic LPIS. Do vrstvy lesy vstupovaly veškeré plochy s kódem 99, které byly zkontrolovány a ověřeny dle ortofotomapy a mapové aplikace ÚHUL (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů) a případně byly ručně dokresleny plochy lesů které nebyly obsaženy ve vrstvě BPEJ. Zbývající plochu v území tvořily intravilán, ostatní plochy a komunikace. Dále se sloučily vektorové vrstvy HSP a výsledného pokryvu pomocí nástroje *Union*. Následně se v atributové tabulce přidělila ručně všem polygonům patřičná hodnota CN podle převodní tabulky průměrných čísel odtokových křivek–CN pro IPS II dle metodiky Janeček a kol. (2012), kdy IPS II se rozumí, že půda je středně nasycená vodou [1]. Tím vznikla vektorová vrstva CN křivek, která se následně převedla na rastr o velikosti gridu 5 x 5 m. Výsledná mapa současných CN křivek pro zájmové území je graficky zobrazena na obr. 22. Na obrázku jsou barevně rozlišená čísla CN křivek a podle nich je také patrné o jakou plochu či povrch se jedná a na jaké HSP leží.

Na závěr byla vytvořena duplicitní vrstva subpovodí, kdy bylo potřeba rozdělit sběrná povodí na pravý a levý svah podle údolnice. Výpočet průměrné hodnoty čísla CN na vynesena sběrná povodí P1–P9 pro jejich pravé a levé svahy se provedl pomocí zonální statistiky konkrétně pomocí nástroje *Zonal Statistics as Table*.



Obr. 22. Mapa současných čísel CN křivek pro zájmovém území

## 5.4 Vyhodnocení odtokových poměrů (současný stav)

Současné odtokové poměry v zájmovém území byly stanoveny pomocí hydrologického modelu DesQ–MaxQ, který je podrobněji popsán v kap. 3.8. Jednalo se konkrétně o stanovení kulminačních průtoků a objemů povodňových vln z jednotlivých subpovodí, která jsou označena podle KB, KP a ZP (P1–P9). Pro výpočet byla v softwaru použita varianta I, pomocí které se stanovily maximální N–leté průtoky a objemy povodňových vln, vyvolaných přívalovými dešti kritické doby trvání. Jedná se o sběrná povodí typu otevřené knihy s dvěma svahy. Do výpočtu vstupovali 24–hodinové maximální srážkové úhrny dle Šamaje, Valoviče, Brázdila (1982) s dobou opakování  $N = 5, 10, 20, 50$  a  $100$  let z nejbližší srážkoměrné stanice Šlapanice nacházející se přibližně 6 km jihozápadně od Sivic. V tab. 9 je uvedeno porovnání vstupních 1–denních



srážkových úhrnů pro klimatickou změnu (rok 2050) a bez klimatické změny. Koeficient, kterým se přenásobovaly 1-denní maximální srážkové úhrny příslušné doby trvání a opakování (N=2, 5, 10, 20, 50 a 100 let) byl převzat pro celou Českou republiku ve formátu shapefile z Klimatické studie. Zájmovým územím prochází hranice třech útvarů povrchových vod, které jsou uvedené výše v tab. 6 a k těmto útvarům jsou přiřazeny různé hodnoty koeficientů. Všechna sběrná povodí P1–P9 spadají do útvaru Roketnice od pramene po ústí do toku Říčka a hodnoty koeficientů jsou v následující tab. 9. Je patrné, že čím je větší N-letost návrhové srážky, tím větší je hodnota koeficientu. Tučně zvýrazněny jsou srážkové úhrny pro klimatickou změnu, protože jak je uvedeno v kap. 3.3 s klimatickou změnou se v této práci počítá a tyto úhrny budou návrhové. Nicméně byly vypočteny také kulminační průtoky pro srážkové úhrny bez klimatické změny (tab. 9), aby byl vidět patrný rozdíl a nárůst průtoků, jak klimatická změna ovlivní hodnoty průtoků (tab. 12). V tab. 10 jsou uvedené veškeré stěžejní vstupní veličiny pro sběrná povodí P1–P9, které vstupovaly do hydrologického modelu DesQ–MaxQ.

**Tab. 9. Porovnání vstupních 1-denních srážkových úhrnů**

Periodicita 1-denních srážkových úhrnů		Bez klimatické změny		Klimatická změna		Koeficient
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	47,5	[mm]	<b>53,8</b>	<b>[mm]</b>	1,1332
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	55,3	[mm]	<b>62,9</b>	<b>[mm]</b>	1,1381
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	63,4	[mm]	<b>72,5</b>	<b>[mm]</b>	1,1436
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	73,3	[mm]	<b>84,3</b>	<b>[mm]</b>	1,1503
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	81,0	[mm]	<b>93,6</b>	<b>[mm]</b>	1,1558

**Tab. 10. Návrhové vstupní veličiny pro sběrná povodí P1–P9**

H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5				53,8	[mm]			
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10				62,9	[mm]			
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20				72,5	[mm]			
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50				84,3	[mm]			
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100				93,6	[mm]			
Označení povodí	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Délka údolnice [km]	Sklon údolnice [%]	Označení svahu	Plocha svahu [km <sup>2</sup> ]	Ø sklon svahu [%]	Drsnost γ [s]	typ CN křivky	Ø CN [-]
P1	0,099	0,66	11,64	P1L	0,062	17,77	8	2	74,03
				P1P	0,037	16,30	8	2	74,80
P2	0,369	1,10	6,63	P2L	0,183	9,80	8	2	76,82
				P2P	0,186	6,23	8	2	80,26
P3	0,516	1,46	5,84	P3L	0,065	11,55	8	2	75,71
				P3P	0,451	6,46	8	2	80,32

Označení povodí	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Délka údolnice [km]	Sklon údolnice [%]	Označení svahu	Plocha svahu [km <sup>2</sup> ]	Ø sklon svahu [%]	Drsnost $\gamma$ [s]	typ CN křivky	Ø CN [-]
P4	1,615	2,62	5,20	P4L	1,067	9,63	8	2	75,75
				P4P	0,548	12,07	8	2	73,35
P5	0,398	1,32	4,43	P5L	0,182	8,15	8	2	80,84
				P5P	0,216	5,78	8	2	80,69
P6	2,390	2,58	1,37	P6L	0,928	6,34	8	2	85,19
				P6P	1,461	4,71	8	2	78,29
P7	1,119	1,27	1,46	P7L	0,444	2,43	8	2	81,66
				P7P	0,675	2,20	8	2	80,53
P8	3,075	3,31	5,72	P8L	1,792	23,95	8	2	62,86
				P8P	1,283	23,30	8	2	62,41
P9	3,957	4,44	3,73	P9L	1,390	8,96	8	2	76,40
				P9P	2,567	11,09	8	2	75,83

V tab. 11 jsou uvedeny výstupní odtokové veličiny (N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln) pro sběrná povodí P1–P9 pro doby opakování (N = 2, 5, 10, 20, 50 a 100 let). Předběžně už jsou v tabulce tučně vyznačené hodnoty pro případné posuzování. Kritické body a kritické profily byly posuzovány na  $Q_{100}$ , protože ohrožují intravilán. Pro povodí P1 ke KP1 byl stanoven 100letý průtok  $Q_{100} = 0,965 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pro povodí P2 ke KB2 byl vypočten průtok  $Q_{100} = 3,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Pro povodí P6 ke KB6 vyšel průtok  $Q_{100} = 13,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , pro povodí P7 ke KP7  $Q_{100} = 5,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , pro povodí P8 ke KB8  $Q_{100} = 5,82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . U KB6, KP7 a KB8 se jedná o kulminační průtoky na přítoku do nádrže, nikoliv průtoky na odtoku z nádrže.

Výsledky pro KB4 a KB9 jsou hodnoceny zvlášť, protože výpočet metodou CN křivek k těmto profilům byl problematický. Metoda CN je určena především k určení odtokových charakteristik ze zemědělsky využívaných povodí. Velkou část plochy sběrných povodí P4 a P9 ale tvoří intravilán, který je odkanalizován systémem dešťových stok. Údolnicí v intravilánu byla brána kmenová dešťová stoka. Výstupní veličiny z DesQ se proto budou brát s určitým nadhledem jako orientační hodnoty. Pro povodí P9 ke KB9 vyšel průtok  $Q_{100} = 19,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , pro povodí P4 ke KB4 vyšel  $Q_{100} = 8,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . V roce 2016 byla zpracována studie odtokových poměrů v povodí Pozořického potoka, jejíž zpracovatelem byl doc. Ing. Karel Zlatuška, CSc. Tato studie mi byla poskytnuta od starosty Sivic Ing. Petra Blaháka a v následující tabulce (tab. 11) jsou pro povodí P4 a P9 porovnány průtoky stanovené v této diplomové práci (bez klimatické změny a s klimatickou změnou) s průtoky ze studie. Z výsledků je patrné, že průtoky bez klimatické změny se více blíží hodnotám průtoků ze studie než průtoky s klimatickou změnou.

Tab. 11. Porovnání průtoků pro povodí P4 a P9

Povodí P4						
N	5	10	20	50	100	[roky]
bez klim. změny	1,28	1,97	2,89	4,25	5,49	$m^3 \cdot s^{-1}$
s klim. změnou	1,80	2,86	4,37	6,60	8,50	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
studie (2016)	1,60	2,10	3,20	4,80	5,90	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
Povodí P9						
N	5	10	20	50	100	[roky]
bez klim. změny	2,86	4,46	6,57	9,71	12,40	$m^3 \cdot s^{-1}$
s klim. změnou	3,97	6,38	9,65	14,60	19,10	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
studie (2016)	2,47	3,33	4,93	7,35	9,14	$[m^3 \cdot s^{-1}]$

Závěrové profily nemusely být posuzovány na  $Q_{100}$ , protože neohrožují intravilán obce. ZP5 byl posuzován na 20letý průtok. Pro povodí P5 k ZP5 byl stanoven průtok  $Q_{20} = 2,09 m^3 \cdot s^{-1}$ . ZP3 na vtoku do propustku byl posuzován na stranu bezpečnosti, a to na 100letý průtok, protože se propustek nachází v bezprostřední blízkosti zástavby. Pro povodí P5 k ZP5 tedy vyšel průtok  $Q_{100} = 4,33 m^3 \cdot s^{-1}$ .

Grafickými výstupy z modelu DesQ–MaxQ jsou hydrogramy povodňových vln jak pro celé povodí (červená křivka), tak pro pravý (zelená křivka) i levý svah (modrá křivka) pro posuzované maximální N–leté průtoky. Grafy hydrogramů pro jednotlivá sběrná povodí P1–P9 jsou vykresleny v samostatné příloze č. 4.

Tab. 12. Výstupní odtokové veličiny pro sběrná povodí P1–P9

Označení povodí	Veličiny	N–leté maximální průtoky a objemy povodňových vln					Jednotky
		5	10	20	50	100	
P1	$Q_N$	0,257	0,4	0,577	0,786	<b>0,965</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	1,99	2,44	2,82	3,18	<b>3,5</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P2	$Q_N$	0,717	1,13	1,71	2,56	<b>3,35</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	8,58	10,5	12,3	14,2	<b>15,8</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P3	$Q_N$	0,989	1,55	2,30	3,39	<b>4,33</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	11,6	14,3	16,7	19,1	<b>21,2</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P4	$Q_N$	1,8	2,86	4,37	6,6	<b>8,5</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	33,2	40,7	47,0	53,3	<b>58,7</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P5	$Q_N$	0,875	1,39	<b>2,09</b>	3,15	4,09	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	9,97	12,3	<b>14,4</b>	16,7	18,6	$[10^3 \cdot m^3]$
P6	$Q_N$	2,89	4,61	6,96	10,5	<b>13,6</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	60,8	74,7	87,5	102,0	<b>113,0</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P7	$Q_N$	0,983	1,55	2,36	3,74	<b>5,03</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	28,2	34,7	40,7	47,3	<b>52,8</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P8	$Q_N$	1,93	2,91	3,93	4,98	<b>5,82</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	42,0	50,4	54,8	55,8	<b>57,5</b>	$[10^3 \cdot m^3]$
P9	$Q_N$	3,97	6,38	9,65	14,6	<b>19,1</b>	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	83,8	103	119	136	<b>149</b>	$[10^3 \cdot m^3]$

V tab. 12 je porovnání posuzovaných kulminačních průtoků pro sběrná povodí P1–P9 bez uvažování a s uvažováním klimatické změny. V tabulce je vidět nárůst průtoků s uvažováním klimatické změny a jejich procentuální nárůst, který způsobí koeficient přenásobování současných srážek. Pro 20letou srážku je koeficient 1,1436, pro 100letou srážku je koeficient 1,1556 (viz tab. 9). Procentuální nárůst průtoků s uvažováním klimatické změny oproti průtoků bez klimatické změny se pohybuje v rozmezí intervalu od 42 do 55 %. Do tohoto intervalu nespadá pouze sběrné povodí P8, kde je nárůst téměř dvojnásobný 100 %. Sběrné povodí se odlišuje oproti ostatním povodím hlavně v pokryvu, protože jeho pokryv je tvořen lesy. Sběrné povodí má tak nejnižší hodnotu CN, ale tvrzení, že čím menší je hodnota CN, tím klimatická změna způsobí větší nárůst průtoků se pronést určitě nedá. Pro obecnou představu to znamená že přibližně 15procentní nárůst návrhové srážky může způsobit nárůst průtoků např. o 50 %.

**Tab. 13. Porovnání kulminačních průtoků bez uvažování a s uvažováním klimatické změny**

Označení povodí	N-letost	Ø CN [-]	Kulminační průtok	Kulminační průtok	Procentuální nárůst [%]
	[roky]		bez klimatické změny	klimatická změna	
P1	100	74,32	0,656	<b>0,965</b>	47,1
P2	100	78,54	2,27	<b>3,35</b>	47,6
P3	100	78,02	2,87	<b>4,33</b>	50,9
P4	100	74,93	5,49	<b>8,50</b>	55,0
P5	20	80,76	1,47	<b>2,09</b>	42,2
P6	100	80,97	9,38	<b>13,6</b>	45,0
P7	100	80,98	3,20	<b>5,03</b>	57,2
P8	100	62,67	2,92	<b>5,82</b>	99,3
P9	100	76,03	12,4	<b>19,1</b>	54,0

## 6 NÁVRH PROTIEROZNÍCH A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

### 6.1 Popis návrhu opatření

Na EHP ohrožených vodní erozí byl nejprve proveden návrh organizačních opatření. Na těchto plochách došlo ke změně C faktoru. Následně se provedl výpočet erozního smyvu v prostřední aplikaci ArcMap podle rovnice uvedené v kap. 3.4. Erozní smyv po návrhu organizačních opatření sloužil jako podklad pro další návrh. Na EHP nebo na daných místech EHP, kde byl stále překročený přípustný erozní smyv musel být proveden striktnější návrh, tj. organizační opatření musela být doplněna o návrh biotechnických a technických opatření.

### 6.2 Navržená organizační opatření

V rámci organizačního opatření byly v řešeném území navrženy tři protierozní osevní struktury (tab. 14) v závislosti na erozní ohroženosti dané EHP. Jedná se o plošné opatření s vyloučením erozně nebezpečných plodin (VENP) jako jsou širokořádkové plodiny (kukuřice, cukrovka, slunečnice, okopaniny apod) a zvýšením zastoupení plodin s vyšším protierozním účinkem (např. jeteloviny, vojtěška, obilniny). Opatření se projeví ve snížení hodnoty C faktoru. Hodnoty C faktoru k navrhnutým plodinám byly převzaty z metodiky Janeček a kol. (2012). Pro VENP1 vyšla průměrná hodnota C faktoru 0,08, pro VENP2 hodnota 0,12, pro VENP3 pak hodnota 0,03. VENP3 bylo navrženo pouze na problémových plochách (zahrady) EHP75, EHP78 a EHP79.

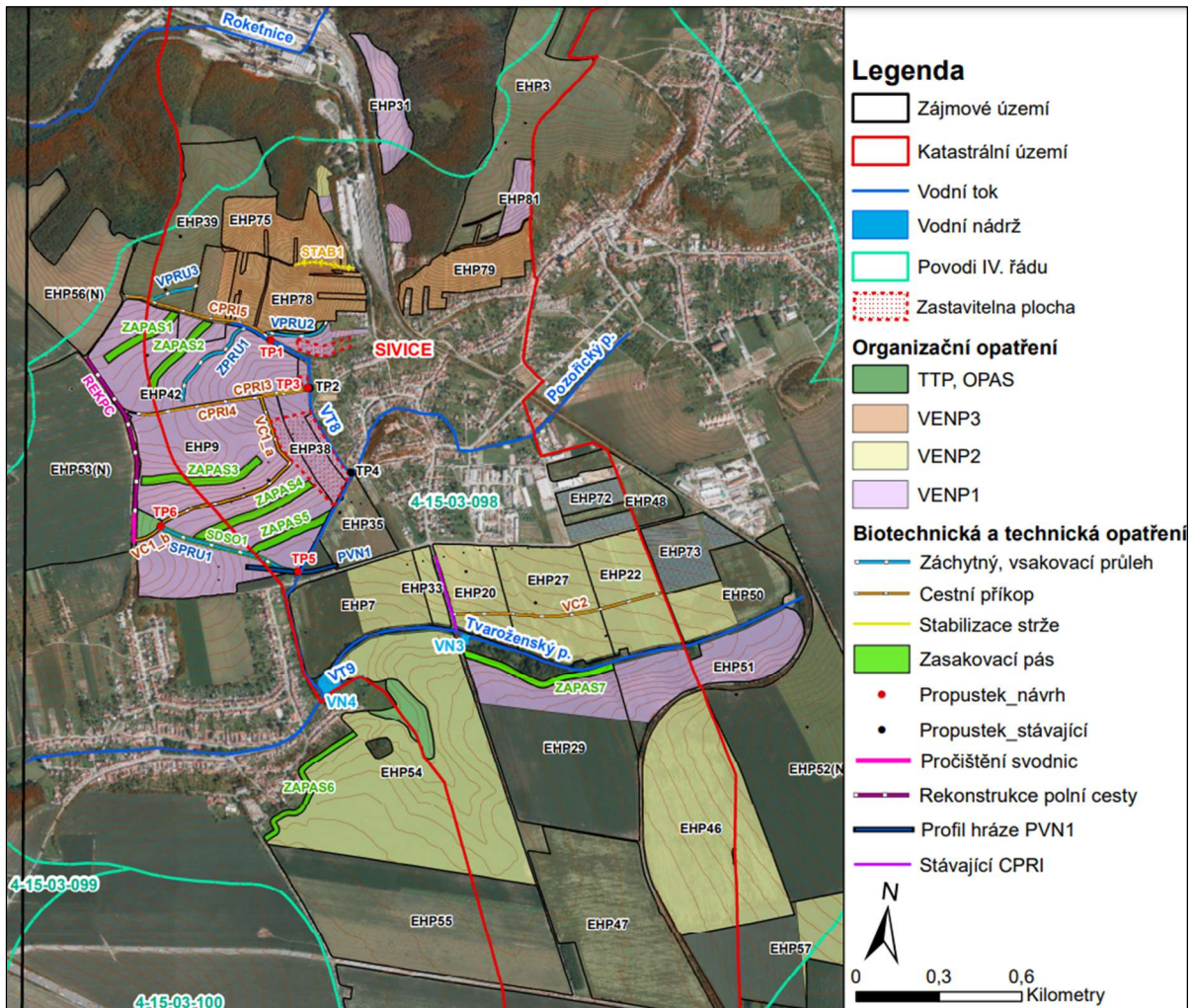
Tab. 14. Návrh protierozních osevních struktur

Protierozní osevní struktura I (VENP1)		Protierozní osevní struktura II (VENP2)	
Plodina	C faktor	Plodina	C faktor
jetel luční	0,02	pšenice ozimá	0,12
pšenice ozimá	0,12	ječmen jarní	0,15
ječmen jarní	0,15	jetelotráva, vojtěška	0,02
jetelotráva, vojtěška	0,02	ječmen jarní	0,15
tráva na semeno	0,02	pšenice ozimá	0,12
ječmen jarní	0,15	ječmen jarní	0,15
<b>Ø C faktor</b>	<b>0,08</b>	<b>Ø C faktor</b>	<b>0,12</b>
Protierozní osevní struktura III (VENP3)			
Plodina	Zastoupení plodiny [%]	C faktor	Výpočet C faktoru
pšenice ozimá	10	0,12	1,2
jetelotráva, vojtěška	90	0,02	1,8
<b>Ø C faktor</b>	<b>100</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>

Ochranné zatravnění (TTP) bylo navrženo na EHP9. Konkrétně se jedná o lokalitu nad suchou nádrží (KP7). Zatravněná plocha sníží v daném místě erozní smyv a může se s ní do budoucna uvažovat pro návrh například mokřadů nebo tůní a mohla by se stát i prvkem ÚSES. Dále bylo TTP navrženo nad vsakovacím průlehem VPRU2. Na orné půdě kolem vodního toku Tvarožná, Pozoříckého potoka a vodní nádrže VN4 byly situovány ochranné pásy zatravnění OPAS šířky min. 10 m. U Tvaroženského potoka budou pásy zatravnění součástí ochranné zóny biokoridorů LBK1 a LBK2 a biocentra LBC3. Ochranné pásy zatravnění zachytí pudní částice uvolněné vodní erozí a zamezí jim ve vnosu do vodních toků. Ochranné TTP bylo navrženo také nad cestním příkopem VC1\_b. Údolnici sběrného povodí PVC1\_b tvoří cesta, jejíž povrch je často vymílán soustředěným povrchovým odtokem. Vyerodovaný materiál poté zanáší svodné žlábký (svodnice) polní cesty a následně se může dostávat a sedimentovat na EHP9. V rámci návrhu se doporučuje rekonstruovat a stabilizovat cestu a pročistit zanesené svodnice (více v kap. 6.3.4). Z hlediska výpočtu eroze dojde na plochách navrženého TTP ke snížení C faktoru na hodnotu 0,005. Navržená organizační opatření jsou zakreslena na obr. 23. nebo v samostatné příloze č. 2. V tab. 15 jsou uvedeny přibližné výměry jednotlivých organizačních opatření. Organizační opatření byla navrhována i na ohrožených EHP < 2 ha.

**Tab. 15. Přibližné výměry organizačních opatření**

Označení	VENP1	VENP2	VENP3	TTP	OPAS
Zábor [m <sup>2</sup> ]	872 160	1 285 068	273 982	32 770	9 081
Celk. zábor [m <sup>2</sup> ]	<b>2 473 061</b>				
EHP [m <sup>2</sup> ]	<b>4 930 076</b>				



Obr. 23. Mapa návrhu ochranných opatření

### 6.3 Navržená biotechnická a technická protierozní opatření

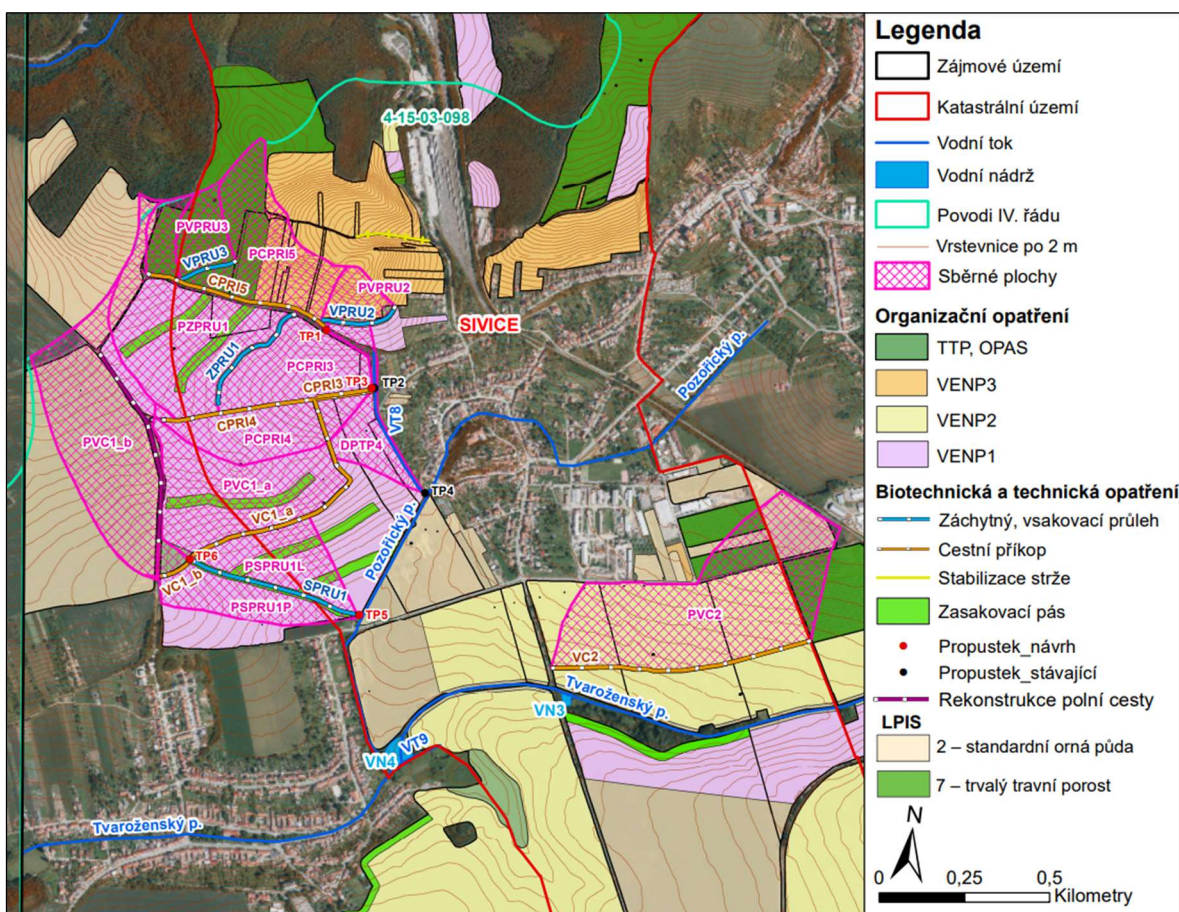
Jak je uvedeno v kap. 6.1 biotechnická a technická opatření byla navržena, pokud organizační opatření snížila erozní smyv nedostatečně. Byly navrženy záchytné a vsakovací průlehy, protierozní cestní příkopy, zasakovací pásy, stabilizace dráhy soustředěného odtoku, propustky, přehrážky a polosuchá vodní nádrž. V následujících kapitolách je popsán návrh a popis dimenzovaných biotechnických a technických opatření. Po dimenzování je věnována kapitola nedimenzovaných opatření (zasakovací pásy, stabilizace strže a polosuchá vodní nádrž). Přibližné výměry biotechnických a technických liniových opatření jsou uvedeny v závěru kap. 6.3.1 v tab. 22.

Podklady při navrhování těchto opatření byly rastrové vrstvy sklonitosti, současného erozního smyvu, erozního smyvu po návrhu organizačního opatření. Při návrhu se vycházelo z terénního průzkumu území, který byl důležitý, jestli jsou navrhnutá opatření realizovatelná, respektovala se územně plánovací dokumentace obce Sívce. Respektovala se především budoucí zástavba, inženýrské sítě, ÚSES atd. Biotechnická

a technická opatření jsou znázorněna na obr. 23 nebo pro lepší přehlednost v samostatné příloze č. 2.

### 6.3.1 Dimenzování protierozních průlehů a příkopů

Před dimenzováním průlehů a příkopů musely být stanoveny návrhové průtoky. Návrhové průtoky byly stanoveny pomocí modelu DesQ–MaxQ. Ke každému biotechnickému prvku (průleh, příkop) byla vynesena sběrná plocha a postup výpočtu byl totožný jako u výpočtu návrhových průtoků ke kritickým profilům (kap. 5.4). Ke sběrným plochám se zjistila charakteristika, tj. průměrná sklonitost, průměrná hodnoty CN. V modelu DesQ DesQ–MaxQ byla opět použita varianta I. s totožnými vstupními 24-hodinovými maximální srážkovými úhrny jako u výpočtu kritických profilů. Na obr. 24 jsou zakresleny sběrné plochy průlehů, příkopů i propustků. V tab. 16. jsou uvedeny vstupní veličiny pro sběrné plochy. V tab. 17. jsou uvedeny výstupní veličiny jednotlivých sběrných ploch s tučně zvýrazněnými hodnotami, na které jsou průlehy a příkopy dimenzovány.



Obr. 24. Sběrné plochy k průlehům, příkopům a propustkům



Tab. 16. Vstupní veličiny pro sběrné plochy průlehů, příkopů a propustků

Označení povodí	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Délka údolnice [km]	Ø Sklon údolnice [%]	Ø sklon svahu [%]	Drsnost y [s]	typ CN křivky	Ø CN [-]
ZPRU1	0,147	0,383	0,52	7,10	8	2	72,03
PVC1_a	0,124	0,540	0,92	8,93	8	2	71,95
PVC1_b	0,183	0,804	4,91	5,83	8	2	79,71
PVC2	0,244	0,774	1,52	3,64	8	2	75,00
PCPRI3	0,082	0,459	4,40	7,46	8	2	72,91
PCPRI4	0,070	0,580	4,40	6,29	8	2	73,44
PCPRI5	0,156	0,565	5,84	13,53	8	2	69,34
PSPRU1L	0,065	0,523	3,63	7,38	8	2	70,33
PSPRU1P	0,055			5,53	8	2	72,02
DPTP4	0,042	0,446	4,26	8,70	8	2	72,87

Tab. 17. Výstupní veličiny pro sběrné plochy průlehů, příkopů a propustků

Označení povodí	Veličiny	N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln					Jednotky [roky]
		5	10	20	50	100	
PZPRU1	Q <sub>N</sub>	0,136	0,212	0,312	0,464	<b>0,601</b>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	2,73	3,35	3,83	4,26	<b>4,65</b>	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PVC1_a	Q <sub>N</sub>	0,163	0,256	<b>0,373</b>	0,53	0,667	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	2,3	2,81	<b>3,22</b>	3,58	3,91	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PVC1_b	Q <sub>N</sub>	0,312	0,497	<b>0,751</b>	1,14	1,47	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	4,41	5,43	<b>6,36</b>	7,35	8,19	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PVC2	Q <sub>N</sub>	0,238	0,374	<b>0,558</b>	0,851	1,11	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	5,01	6,15	<b>7,1</b>	8,07	8,89	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PCPRI3	Q <sub>N</sub>	0,117	0,183	0,267	0,382	<b>0,482</b>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	1,57	1,92	2,21	2,47	<b>2,71</b>	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PCPRI4	Q <sub>N</sub>	0,118	0,184	0,268	0,384	<b>0,490</b>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	1,36	1,67	1,93	2,2	<b>2,4</b>	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PCPRI5	Q <sub>N</sub>	0,172	0,269	0,389	0,544	<b>0,67</b>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	2,65	3,23	3,66	3,99	<b>4,3</b>	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
PSPRU1	Q <sub>N</sub>	0,184	0,284	<b>0,407</b>	0,567	0,71	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	2,16	2,65	<b>3,02</b>	3,34	3,63	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
DPTP4	Q <sub>N</sub>	0,085	0,134	0,189	0,273	<b>0,333</b>	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
	W <sub>PVT,1d</sub>	0,803	0,984	1,13	1,26	<b>1,38</b>	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]

Po zjištěných návrhových průtocích následovalo dimenzování biotechnických a technických liniových opatření (tab. 18). Dimenzování parametrů probíhalo tak, aby kapacitní průtoky  $Q_{kap}$  byly větší nebo rovny návrhovým průtokům  $Q_N$ , tj. aby byly bezpečně převedeny při dodržení určité střední profilové rychlosti a dovolené hodnoty tečného napětí pro navrhované opevnění dna a svahu. K dimenzování byly použity základní hydraulické rovnice: Chézyho vztah a rovnice kontinuity uvedené v kap. 3.9.

Při zpevnění koryta podle tangenciálního napětí se vypočítané tangenciální napětí porovnávalo s přípustným tangenciálním napětím pro daný materiál koryta. Při výpočtu se vychází ze střední tangenciálního napětí  $\tau$ , poté se určí tangenciální napětí v patě svahu  $\tau_p$  a maximální v ose koryta  $\tau_{max}$  [37]. Pro výpočet opevnění byly použity rovnice uvedené v kap. 3.9.

Tab. 18. Dimenzování průlehů a příkopů

Označení prvků	ZPRU1	VC1_a	VC1_b	VC2	CPRI3	CPRI4	CPRI5	SPRU1	
<b>Základní údaje</b>									
$Q_n$	[m <sup>3</sup> /s]	0,60	0,37	0,75	0,56	0,48	0,49	0,67	1,53
svah 1:m <sub>1</sub>	[-]	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	8,0
svah 1:m <sub>2</sub>	[-]	5,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,0
b	[m]	0,50	0,00	0,50	0,00	0,30	0,30	0,30	0,50
n	[-]	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,032	0,032	0,032
h	[m]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,40	0,40
i	[%]	0,52	0,92	5,00	1,52	2,45	4,40	5,80	3,63
<b>Výpočty</b>									
B	[m]	6,50	2,10	2,60	2,10	2,05	2,05	1,70	6,90
S	[m <sup>2</sup> ]	2,10	0,63	0,93	0,63	0,59	0,59	0,40	1,48
O	[m]	6,62	2,42	2,92	2,42	2,32	2,32	1,92	6,95
R	[m]	0,317	0,260	0,318	0,260	0,253	0,253	0,209	0,213
C	[m <sup>0,5</sup> /s]	25,03	24,21	25,04	24,21	24,10	24,86	24,07	24,15
v	[m/s]	1,02	1,18	3,16	1,52	1,90	2,62	2,65	2,12
<b>Q<sub>VYP</sub></b>	<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>2,14</b>	<b>0,75</b>	<b>2,94</b>	<b>0,96</b>	<b>1,12</b>	<b>1,54</b>	<b>1,06</b>	<b>3,14</b>
<b>Výpočet opevnění</b>									
t	[m]	3,1	1,3	1,3	1,3	1,1	1,12	0,9	3,2
$\tau$	[Pa]	16,3	23,5	156,0	38,7	60,9	109,3	118,8	75,8
$\tau_z$	[Pa]	23,2	31,9	194,1	52,6	77,3	138,8	148,8	108,5
$\tau_{max}$	[Pa]	27,9	38,2	232,9	63,1	92,8	166,6	178,6	130,2
S	[m]	-33,2	-7,1	1,1	-1,8	-0,1	0,7	0,6	1,5

### 6.3.2 Popis navržených protierozních průlehů a příkopů

#### Záchytný průleh ZPRU1

Záchytný průleh ZPRU1 je situovaný na EHP42 v mírném podélném sklonu a nebyl situován do terénu o příčném sklonu nad 15 %. Hlavní funkcí bude přerušit povrchový odtok z přilehlého povodí, přerušit příliš velkou délku svahu a snížit erozní smyv. Průleh ZPRU1 byl dimenzován na průtok  $Q_{100} = 0,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a bude zaústěn do stávajícího cestního průlehu (dle územního plánu se jedná už o počátek odvodňovacího zařízení VT8). Při návrhu se dbalo o vyrovnané kubatury, tj. aby se výkopy přibližně rovnali násypům. Jedná se o kombinaci vegetačně zpevněného lichoběžníkového koryta délky 403 m a sypané hrázky. Lichoběžníkový profil ZPRU1 je navržen se sklony svahů 1:5, s





doprovodnou liniíovou zelení, se může stát významným prvkem ÚSES. Průleh může být vyspádována v minimálním sklonu např. 0,3 % směrem k cestnímu příkopu CPRI5. Místo přelivu a napojení by bylo opevněno kamennou rovnatinou. Při návrhu se dbalo o vyrovnané kubatury, tj. aby se výkopy přibližně rovnali násypům. Jedná se o kombinaci vegetačně zpevněného lichoběžníkového koryta délky 173 m a sypané hrázky. Lichoběžníkový profil je navržen se sklony svahů 1:4 k původnímu terénu a 1:3 ke hrázce, s šířkou ve dně 1,0 m. Hloubka průlehu by vyhověla na  $O_{pH20}$  při 0,8 m (tab. 20). Navržena byla hloubka 1,0 m s bezpečnostním převýšením od hladiny 0,25 m. Sypaná hrázka je v koruně široká 0,5 m se sklonem k původnímu terénu 1:4 a bude nasypána hutněnou zeminou, vytěženou z výkopu. Průleh bude ohumusován sejmutou ornici a oset v tl. 0,1 m. Při zpracování dalšího stupně projektové dokumentace by bylo nutno zajistit pedologický průzkum, resp. inženýrsko geologický průzkum v daném místě, odebrat vzorek půdy z různých hloubkových úrovní a podrobit vzorky laboratornímu rozboru, pomocí kterého by se zjistila hydraulická vodivost půdy. Dále by se zjistila přítomnost, resp. úroveň hladiny podzemní vody. Hloubka orniční vrstvy se uvažuje cca 0,2 m. Vzorový příčný řez bude velmi podobný jako na obr. 26.

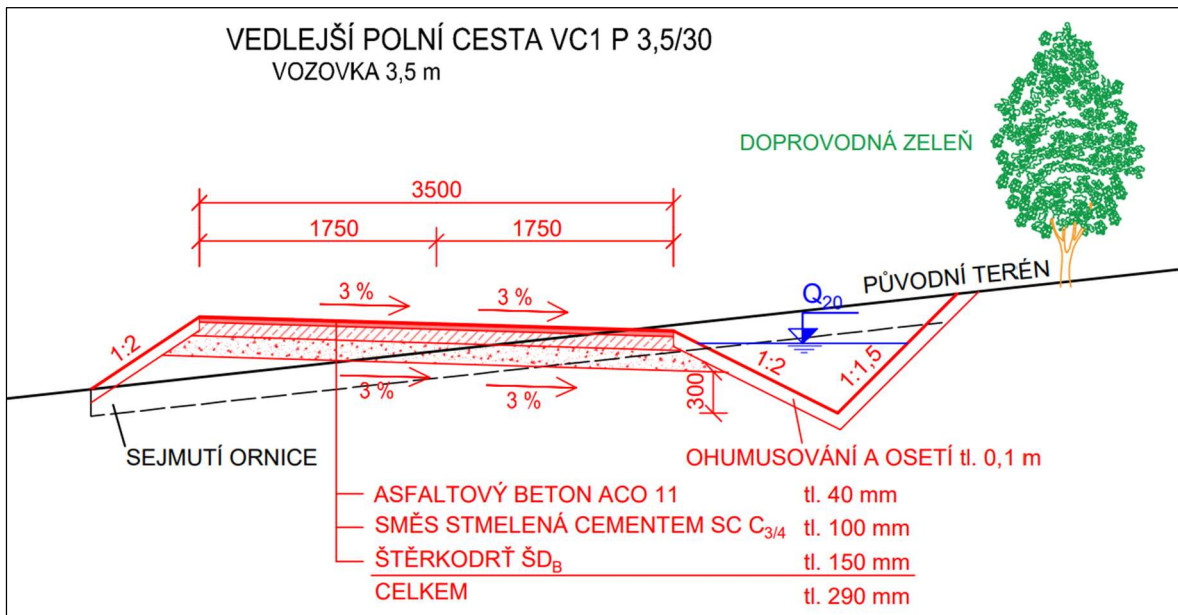
**Tab. 20. Návrh vsakovacího průlehu VPRU3**

Výpočet objemu přímého odtoku $O_{pH20}$								
P [km <sup>2</sup> ]	$\Phi_{CN}$ [-]	A [mm]	Hs [mm]	Ho [mm]	$O_{pH}$ [m <sup>3</sup> ]			
0,032	69,0	114,1	72,5	10,4	<b>475</b>			
Dimenze vsakovacího průlehu VPRU3								
$O_{pH}$ [m <sup>3</sup> ]	b [m]	1:m <sub>1</sub>	1:m <sub>2</sub>	h [m]	B [m]	S [m <sup>2</sup> ]	l [m]	V [m <sup>3</sup> ]
<b>475</b>	1,0	4	3	0,8	6,6	3,04	173	<b>526</b>
<b><math>V \geq O_{pH20} \rightarrow</math> VYHOVUJE</b>								

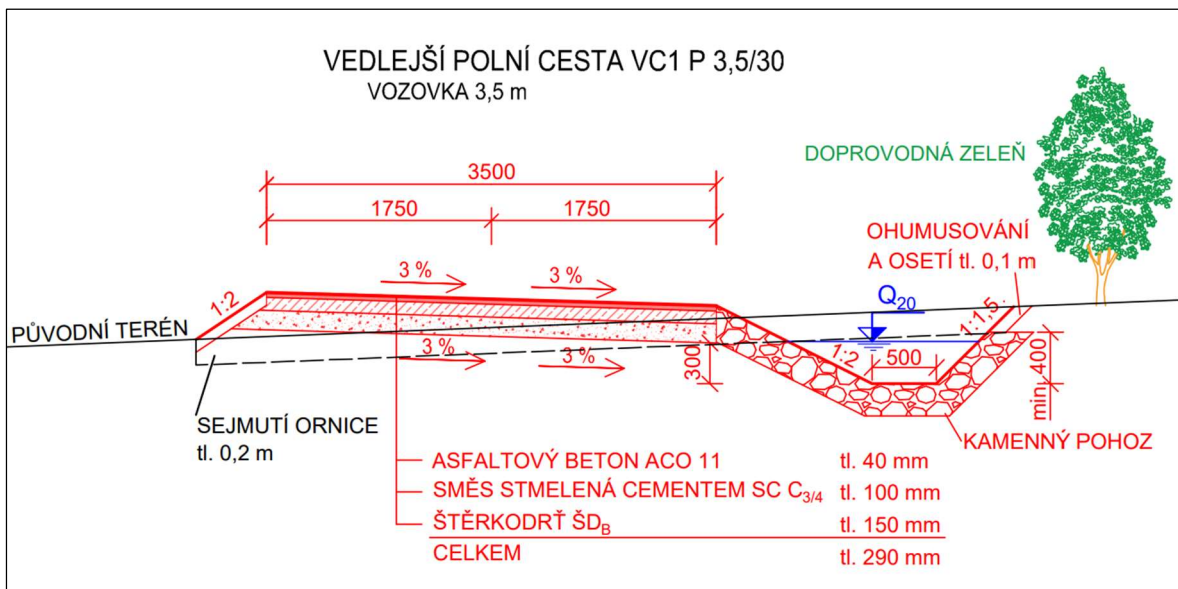
### Protierozní vedlejší polní cesta VC1

Na EHP9 byla navržena vedlejší polní cesta VC1. Je vedena v mírném podélném sklonu 0,92 % a bude propojena se stávajícími polními cestami pomocí. Napojena na stávající polní cesty bude pomocí sjezdů. Niveleta cesty bude přibližně kopírovat stávající terén. Hlavním účelem návrhu bylo zpřístupnit pozemky a přerušit příliš velkou délku svahu. Cesta bude mít tedy i protierozní funkci a bude navržena s příkopem. Příkop VC1\_a byl dimenzován na  $Q_{20} = 0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 17) vyvolaný z jeho přilehlé sběrné plochy PVC1\_a. Příkop VC1\_b byl dimenzován na  $Q_{20} = 0,75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (tab. 17) vyvolaný z jeho přilehlé sběrné plochy PVC1\_b. Příkopy zachytí povrchový odtok z přilehlého povodí a také odtok z cesty. Při návrhu se respektovala ČSN 76 6109 – Projektování polních cest, dále se vycházelo z katalogových listů vozovek. Cesta je navržena na třídu dopravního zatížení VI. Na danou třídu dopravního zatížení byla navržena konstrukce vozovky. Šířka vozovky je navržena šířky 3,0 m, šířka krajnic 2 x 0,5 m. VC1 je navržena jako

jednostranná, zpevněná. Pro rychlé odvedení srážkové vody je vozovka navržena v jednostranném příčném sklonu 3 % směrem k příkopu, krajnice jsou v příčném sklonu 8 %. Podélný sklon neklesne pod 0,5 %. Vozovka bude zpevněná stmelená z asfaltobetonového obrusného krytu ACO 11 tl. 40 mm. Pod touto vrstvou bude umístěná podkladní vrstva stmelěného cementu SC C<sub>3/4</sub> 100 mm. Poslední vrstvou bude ochranná vrstva, která je tvořená štěrkodrtí ŠD<sub>B</sub> tl. 150 mm a odvodní prosakující srážkovou vodu a zabrání jejímu kapilárnímu vztlínání. Vrstvy budou mezi sebou spojeny postřiky či nátěry dle ČSN 73 6129. Zemní pláň musí být odvodněná, a proto je vyspádovaná v jednotném sklonu 3 % směrem k příkopu. Vlastnosti podloží jsou závislé na druhu zeminy. Při návrhu zemních prací se proto musí přihlížet k charakteristikám podloží, stanoveným geotechnickým průzkumem podle TP 76. Optimálně by podloží vozovky dle ČSN 73 6109 mělo vykazovat únosnost (kontrolní modul přetvárnosti) změřenou na zemní pláni  $E_{def,2} = 45$  MPa. Orientační kubatury konstrukčních vrstev vozovky jsou uvedeny v tab. 21. Hodnoty kubatur výkopů a násypů budou závislé na navrhnuté niveletě cesty a zjistí se v dalším stupni projektové dokumentace. Jedná se o jednostrannou cestu a doporučují se provést výhybny po alespoň 400 m. Svah násypu zemního tělesa bude ve sklonu 1:2. Příkop VC1\_a délky 805 m byl navržen trojúhelníkového profilu s vegetačním zpevněním se svahem od vozovky ve sklonu 1:2, protilehlý je ve sklonu 1:1,5. Hloubka příkopu bude 0,6 m. Příkop VC1\_b délky 103 m byl navržen lichoběžníkového profilu s šířkou ve dně 0,5 m se svahem od vozovky ve sklonu 1:2, protilehlý je ve sklonu 1:1,5. Dno i svahy břehů budou zpevněny kamenným pohozem, přičemž opevnění bude vyvedeno do výšky min. 0,4 m. Stabilizace opevnění bude provedena příčnými stabilizačními prahy. Hloubka příkopu bude 0,6 m. Při navrhování hloubky příkopu se bralo v úvahu, aby min. vzdálenost dna příkopu od zemní pláně byla 0,2 m. Svahy příkopu VC1\_a a násypu budou ohumusovány a osety v tl. 0,1 m. Příkopy budou usměrněny a zaústěny do propustku TP6 DN 800. K místu napojení do TP6 budou příkopy zahloubeny do hloubkové úrovně dna propustku. Napojení bude lichoběžníkového profilu s šířkou ve dně 0,5 a bude opevněno kamennou dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m. Cesta bude doplněna liniovou zelení a může tak dotvářet krajinný ráz území [38, 39, 40]. Vzorový příčný řez cesty s příkopem VC1\_a je vykreslen na obr. 27. Vzorový příčný řez cesty s příkopem VC1\_b je vykreslen na obr. 28.



Obr. 27. Vzorový příčný řez protierozní polní cestou VC1 s příkopem VC1\_a



Obr. 28. Vzorový příčný řez protierozní polní cestou VC1 s příkopem VC1\_b

### Protierozní vedlejší polní cesta VC2

Vedlejší polní cesta VC2 je navržena na EHP 20, EHP22 a EHP27. VC2 délky je vedena v mírném podélném sklonu 1,52 % a bude propojena se stávajícími polními cestami. Napojena na stávající polní cesty bude pomocí sjezdů. Niveleta cesty bude přibližně kopírovat stávající terén. Hlavním účelem návrhu bylo zpřístupnit pozemky a přerušit příliš velkou délku svahu. Cesta bude mít tedy i protierozní funkci a bude navržena s příkopem, který byl dimenzován na  $Q_{20} = 0,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Příkop zachytí povrchový odtok z přilehlého povodí a také odtok z cesty. Při návrhu se respektovala ČSN 76 6109 – Projektování polních cest, dále se vycházelo z katalogových listů vozovek. Cesta je navržena na třídu dopravního zatížení VI. Na danou třídu dopravního zatížení byla

navržena konstrukce vozovky. Šířka vozovky je navržena šířky 3,5 m. VC2 je navržena jako jednopruhová, zpevněná. Pro rychlé odvedení srážkové vody je vozovka navržena v jednostranném příčném sklonu 3 % směrem k příkopu, krajnice jsou také zpevněné vedené ve stejném příčném sklonu jako vozovka. Podélný sklon neklesne pod 0,5 %. Vozovka bude zpevněná stmelená z asfaltobetonového obrusného krytu ACO 11 tl. 40 mm. Pod touto vrstvou bude umístěná podkladní vrstva stmeleného cementu SC C<sub>3/4</sub> 100 mm. Poslední vrstvou bude ochranná vrstva, která je tvořená štěrkodrtí ŠD<sub>B</sub> tl. 150 mm a odvodní prosakující srážkovou vodu a zabrání jejímu kapilárnímu vztlínání. Vrstvy budou mezi sebou spojeny postřiky či nátěry dle ČSN 73 6129. Zemní pláň musí být odvodněná, a proto je vyspádovaná v jednotném sklonu 3 % směrem k příkopu. Vlastnosti podloží jsou závislé na druhu zeminy. Při návrhu zemních prací se proto musí přihlížet k charakteristikám podloží, stanoveným geotechnickým průzkumem podle TP 76. Optimálně by podloží vozovky dle ČSN 73 6109 mělo vykazovat únosnost (kontrolní modul přetvárnosti) změřenou na zemní pláni  $E_{def,2} = 45$  MPa. Orientační kubatury konstrukčních vrstev vozovky jsou uvedeny v tab. 21. Hodnoty kubatur výkopů a násypů budou závislé na navrhnuté niveletě cesty. Jedná se o jednopruhovou cestu a doporučují se provést výhybny po alespoň 400 m. Svah násypu zemního tělesa bude ve sklonu 1:2. Příkop bude trojúhelníkového profilu. Levý svah příkopu byl navržen ve sklonu 1:2, protilehlý pravý ve sklonu 1:1,5. Hloubka příkopu bude po celé délce 0,6 m. Při navrhování hloubky příkopu se bralo v úvahu, aby min. vzdálenost dna příkopu od zemní pláně byla 0,2 m. Příkop bezpečně převede průtok  $Q_{20} = 0,56$  m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (tab. 17) a bude zaústěn do stávajícího kapacitního cestního příkopu, který je zachycen na fotografii (obr. 11 vpravo). Příkop VC2 bude vegetačně zpevněn po celé délce. Svahy příkopu a násypu budou ohumusovány a osety v tl. 0,1 m. Cesta bude doplněna linií zelení a může tak dotvářet krajinný ráz území [38, 39, 40]. Vzorový příčný řez je totožný jako na obr. 27.

**Tab. 21. Orientační hodnoty kubatur konstrukčních vrstev vozovky VC1 a VC2**

Vrstva	VC1			VC2		
ACO 11	A=	0,14	[m <sup>2</sup> ]	A=	0,14	[m <sup>2</sup> ]
	V=	127,1	[m <sup>3</sup> ]	V=	108,4	[m <sup>3</sup> ]
SC C <sub>3/4</sub>	A=	0,35	[m <sup>2</sup> ]	A=	0,35	[m <sup>2</sup> ]
	V=	319,6	[m <sup>3</sup> ]	V=	273,1	[m <sup>3</sup> ]
ŠD <sub>B</sub>	A=	0,58	[m <sup>2</sup> ]	A=	0,59	[m <sup>2</sup> ]
	V=	525,3	[m <sup>3</sup> ]	V=	453,9	[m <sup>3</sup> ]

#### Protierozní cestní příkopy CPRI3 a CPRI4

Protierozní příkopy jsou navrhnuty primárně za účelem ochrany stávající polní cesty před povrchovým odtokem a ke snížení LS faktoru na EHP42. Cestní příkopy odvádějí odtok směrem k intravilánu obce (KB2), a proto byly dimenzovány tak, aby bezpečně



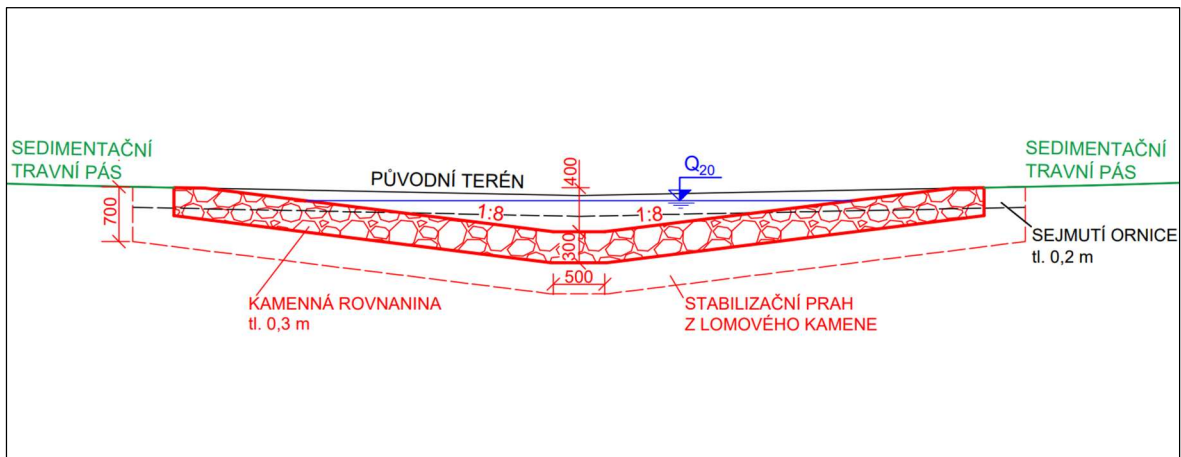
převodli průtok  $Q_{100}$ . CPRI3 přibližné délky 160 m bude odvádět zachycený povrchový odtok do propustku TP3 DN 600 a byl dimenzován na  $Q_{100} = 0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . CPRI4 přibližné délky 580 m bude odvádět zachycený povrchový odtok do stávajícího kapacitního odvodňovacího zařízení VT8 a byl dimenzován na  $Q_{100} = 0,47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Příkopy byly navrženy trojúhelníkového profilu hloubky 0,5 m, se sklony svahů 1:2 od koruny cesty a protilehlým sklonem svahu 1:1,5. Dno a svahy budou zpevněny kamennou rovnaninou, přičemž opevnění bude vyvedeno do výšky min. 0,3 m od dna příkopu. Po určitých vzdálenostech bude navržena stabilizace příčnými stabilizačními prahy. U stávajícího VT8 se bude muset posoudit výpočet na opevnění především v úsecích s větším podélným sklonem. Cesta bude z obou stran osázena liniovou zelení a bude dotvářet krajinný ráz území.

### **Protierozní cestní příkop CPRI5**

Příkop CPRI5 bude zachycovat povrchový odtok ze své přilehlé sběrné plochy PCPRI5 a bude ho odvádět do stávajícího kapacitního odvodňovacího zařízení VT8. CPRI byl dimenzován na  $Q_{100} = 0,72 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . CPRI5 byl navrhnout u stávající polní cesty jako lichoběžníkový profil se sklony svahů 1:2 od koruny cesty a protilehlým sklonem svahu 1:1,5. CPRI5 délky 565 m bude zpevněný kamenným záhozem a stabilizován příčnými stabilizačními prahy. Bude zpevněno dno i svahy příkopu. Příkop ochrání cestu před povrchovým odtokem, sníží hodnotu LS faktoru, a tedy také erozním smyv na EHP42. Tam, kde nepůjde realizovat příkop z důvodu stísněných podmínek, bude příkop nahrazen rigolem opevněným z betonových žlabovek.

### **Svodný průleh SPRU1**

Svodný průleh SPRU1 bude sloužit k bezpečnému odvedení soustředěného povrchového odtoku do propustku TP5 DN 800. Jedná se tedy o stabilizaci DSO. SPRU1 je situovaný na EHP9 a byl dimenzován na celkový průtok  $Q_{20} = 1,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jedná se o součet průtoků ze sběrných ploch PVC1\_a, PVC1\_b a PSPRU1 ( $0,373 + 0,751 + 0,407 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  v tab. 16). SPRU1 délky cca 520 m byl navržen jako lichoběžníkový profil s mírnými sklony svahů 1:8, s šířkou ve dně 0,5 m a o hloubce 0,4 m. SPRU1 bude v celé délce zpevněn kamennou rovnaninou tl. 0,3 m prosypanou kamenivem. Stabilizace opevnění bude provedena po určitých vzdálenostech příčnými stabilizačními prahy z lomového kamene zapuštěnými do dna a zavázanými do svahů břehů. Průleh bude přejezdný. Pro stabilizaci DSO je vymezená šířka 20 m. Šířka SPRU1 bude v břehových hranách přibližně 7 m. Zůstatková šířka 13 m bude využita pro pásy zatravnění široké 6 až 7 m po obou stranách průlehu, které budou zachycovat uvolněné půdní částice vodní erozí a liniový prvek tak lépe zapadne do krajiny. Pro travní pásy budou voleny výběžkaté druhy travin odolně vůči povrchovému odtoku a budou pravidelně udržovány. Vzorový řez SPRU1 je vykreslen obr. 29.



Obr. 29. Vzorový příčný řez svodným průlehem SPRU1

Tab. 22. Přibližné rozměry biotechnických a technických liniových opatření

Označení	ZPRU1	VPRU2	VPRU3	VC1_a	VC1_b	VC2	CPRI3	CPRI4	CPRI5
Délka [m]	403	236	173	805	103	774	160	580	489
Zábor [m <sup>2</sup> ]	6 600	2850	2050	8 050	1 030	7 740	800	2 900	5 379
Celk.zábor[m <sup>2</sup> ]	<b>37 399</b>								
Označení	SPRU1	ZAPAS1	ZAPAS2	ZAPAS3	ZAPAS4	ZAPAS5	ZAPAS6	ZAPAS7	
Délka [m]	520	403	805	103	774	160	580	489	
Zábor [m <sup>2</sup> ]	10 400	9 280	9 965	13 758	13 728	9 081	2 900	5 379	
Celk.zábor[m <sup>2</sup> ]	<b>74 490</b>								
EHP [m <sup>2</sup> ]	<b>4 930 076</b>								

### 6.3.3 Návrh a dimenzování trubních propustků

Pro převedení vody pod cestami byly navrženy železobetonové trubní propustky, které byly dimenzovány na základě stanovených návrhových průtoků z modelu DesQ. Návrhové průtoky musí propustky bezpečně převést, tj. ideálně při beztlakovém režimu.

Návrhové průtoky byly stanoveny stejným postupem jako u kritických profilů pomocí modelu DesQ–MaxQ. Po zjištěných návrhových průtocích následovalo dimenzování podle rovnic k trubním propustkům uvedených v kap. 3.9. Při návrhu se uvažovali podmínky, aby maximální přípustná rychlost vody v potrubí nepřesáhla  $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a v celé délce potrubí, včetně vtoku a vyústění bylo proudění s volnou hladinou. Proudění s volnou hladinou je spolehlivě zaručeno u kruhového profilu při výšce plnění  $h \leq 0,75 \cdot \text{DN}$  [23, 37]. Dimenzované byly pouze navrhované nové propustky. Stávající propustky nemohly být posuzovány z důvodu neznámého sklonu dna. Pro zjištění kapacitního průtoku propustku by musely být zaměřeny dna vtoků a výtoků. Výpočty k jednotlivým navrženým propustkům jsou uvedeny v následující tabulce (tab. 23).

Tab. 23. Dimenzování navržených propustků

Návrh TP1			Návrh TP3		
Q <sub>100</sub> =	0,60	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q <sub>100</sub> =	0,48	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
J =	2,00	[%]	J =	1,00	[%]
DN =	600	[mm]	DN =	600	[mm]
Plné plnění profilu			Plné plnění profilu		
Q <sub>d</sub> =	0,87	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q <sub>d</sub> =	0,61	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
v <sub>d</sub> =	3,07	[m.s <sup>-1</sup> ]	v <sub>d</sub> =	2,17	[m.s <sup>-1</sup> ]
Plnění profilu h = 0,75*DN			Plnění profilu h = 0,75*DN		
Q =	0,80	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q =	0,56	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
v =	3,49	[m.s <sup>-1</sup> ]	v =	2,47	[m.s <sup>-1</sup> ]
Návrh TP5			Návrh TP6		
Q <sub>20</sub> =	1,53	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q <sub>20</sub> =	1,12	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
J =	2,00	[%]	J =	3,00	[%]
DN =	800	[mm]	DN =	800	[mm]
Plné plnění profilu			Plné plnění profilu		
Q <sub>d</sub> =	1,87	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q <sub>d</sub> =	2,29	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
v <sub>d</sub> =	3,72	[m.s <sup>-1</sup> ]	v <sub>d</sub> =	4,55	[m.s <sup>-1</sup> ]
Plnění profilu h = 0,75*DN			Plnění profilu h = 0,75*DN		
Q =	1,71	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Q =	2,10	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
v =	4,23	[m.s <sup>-1</sup> ]	v =	5,18	[m.s <sup>-1</sup> ]

### Trubní propustek TP1

Jedná se o místo, kde je stávající propustek, ale je zcela zničený. Je proto navržena jeho rekonstrukce. Do nově navrženého propustku TP1 DN 600 zaústí záchytný průleh ZPRU1. Návrhový průtok Q<sub>100</sub> se rovná průtoku z průlehu ZPRU1, tedy 0,60 m<sup>3</sup>/s. Propustek je zaústěn do kapacitního koryta prorostlého vegetací. Propustek délky 6 m bude z železobetonových trub DN 600 s obetonováním betonem pevnostní třídy C30/37. Obetonování nad troubou bude tl. 0,1 m, pod troubou tl. 0,2 m. Vyztužení bude z kari sítí, a to z horní části a po obou stranách propustku. Podkladní beton je tl. 0,1 m z betonu C12/15. Propustek bude mít z obou stran šikmá čela ve sklonu 1:1,5 a budou opevněna dlažbou z lomového kamene tl 0,2 m uloženou do betonového lože C12/15, tl. 0,1 m. Pod čely bude betonová patka výšky 0,6 m. Před vtokem i za výtokem z propustku bude profil koryta opevněn dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože tl. 0,1 m. Konstruktivní skladba nad propustkem bude stejná jako skladba stávající polní cesty.

### Trubní propustek TP3

Trubní propustek TP3 bude sloužit k převedení průtoku z cestního příkopu CPRI3 pod stávající polní cestou do stávající kapacitní vodoteče VT8. Propustek byl dimenzován na stejný průtok jako CPRI3 Q<sub>100</sub> = 0,48 m<sup>3</sup>/s. Propustek délky 6 m bude uložen ve sklonu

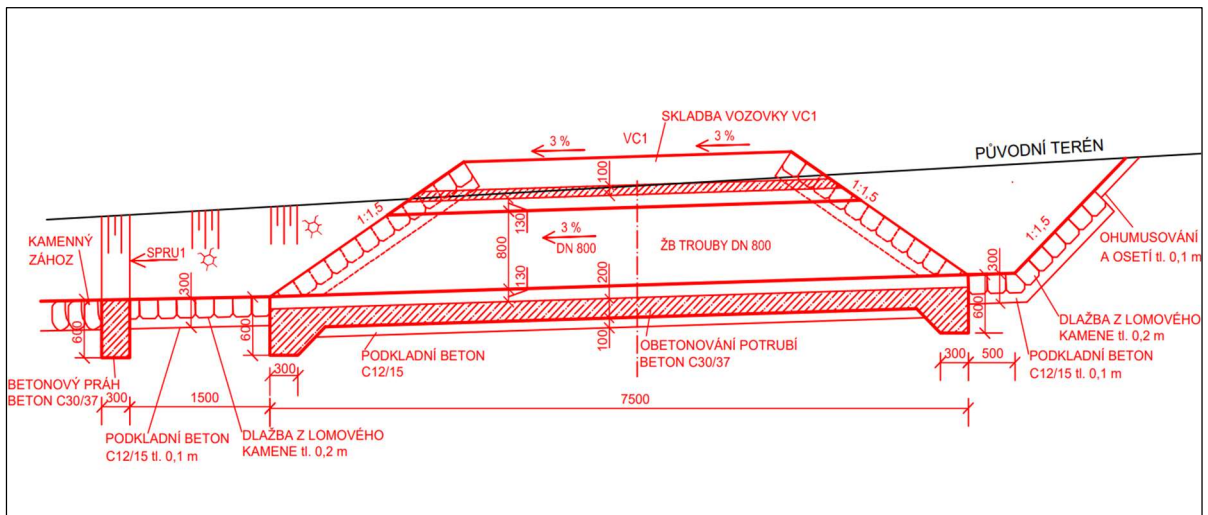
1 % z železobetonových trub DN 600 s obetonováním betonem pevnostní třídy C30/37. Obetonování nad troubou bude tl. 0,1 m, pod troubou tl. 0,2 m. Vyztužení bude z kari sítí, a to z horní části a po obou stranách propustku. Podkladní beton je tl. 0,1 m z betonu C12/15. Propustek bude mít z obou stran šikmá čela ve sklonu 1:1,5 a budou opevněna dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože C12/15 tl. 0,1 m. Pod čely bude betonová patka výšky 0,6 m. Před vtokem i za výtokem z propustku bude profil koryta opevněn dlažbou z lomového kamene. Konstrukční skladba nad propustkem bude stejná jako skladba stávající polní cesty.

#### **Trubní propustek TP5**

Trubní propustek TP5 bude sloužit k převedení průtoku pod stávající polní cestou do Pozořického potoka. Do TP5 ústí svodný průleh SPRU1 a návrhový průtok se tak rovná průtoku ze SPRU1  $Q_{20} = 1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ . Propustek délky 8 m bude z železobetonových trub DN 800 uložených ve sklonu 2 % s obetonováním betonem pevnostní třídy C30/37. Obetonování nad troubou bude tl. 0,1 m, pod troubou tl. 0,2 m. Vyztužení bude z kari sítí, a to z horní části a po obou stranách propustku. Podkladní beton je tl. 0,1 m z betonu C12/15. Propustek bude mít z obou stran šikmá čela ve sklonu 1:1,5 a budou opevněna dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože C12/15 tl. 0,1 m. Pod čely bude betonová patka výšky 0,6 m. Před vtokem do propustku bude profil svodného průlehu opevněn dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože tl. 0,1 m. Voda z propustku bude vytékat do Pozořického potoka. Toto místo bude opevněno kamenným pohozelem. Konstrukční skladba nad propustkem bude stejná jako skladba stávající polní cesty.

#### **Trubní propustek TP6**

Trubní propustek TP6 bude sloužit k převedení celkového průtoku  $Q_{20} = 1,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  pod nově navrženou polní cestou VC1. Do TP6 zaústíjí příkopy nově navržené polní cesty VC1. Jedná se tedy o součet průtoků od příkopů VC1\_a ( $Q_{20} = 0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a VC1\_b ( $Q_{20} = 0,75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). TP6 bude zaústěn do svodného průlehu SPRU1. Propustek délky 7,5 m bude z železobetonových trub DN 800 uložených ve stejném sklonu jako příčný sklon územní pláň, tedy 3 % s obetonováním betonem pevnostní třídy C30/37. Obetonování nad troubou bude tl. 0,1 m, pod troubou tl. 0,2 m. Vyztužení bude z kari sítí a to z horní části a po obou stranách propustku. Podkladní beton je tl. 0,1 m z betonu C12/15. Propustek bude mít z obou stran šikmá čela ve sklonu 1:1,5 a budou opevněna dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože C12/15 tl. 0,1 m. Pod čely bude betonová patka výšky 0,6 m. Před vtokem i za výtokem z propustku bude profil koryta opevněn dlažbou z lomového kamene tl. 0,2 m uloženou do betonového lože tl. 0,1 m. Konstrukční skladba nad propustkem bude stejná jako návrhová skladba cesty VC1. Detail vzorového výkresu propustku je na obr. 30.



Obr. 30. Vzorový příčný řez propustku TP6 DN 800

### 6.3.4 Ostatní biotechnická a technická opatření

#### Zasakovací pásy

Celkově bylo v řešeném území navrženo sedm zasakovacích pásů ZAPAS1 až ZAPAS7 (obr. 23). Zasakovací pásy budou tvořeny z různých druhů výběžkatých travin a aby řádně splňovali svoji funkci, budou muset být pravidelně udržovány. Na zasakovacích pásích může být doplněna doprovodná zeleň (výsadba stromů a keřů) a můžou se stát krajinnými prvky v krajině. Zasakovací pásy nebyly dimenzovány a nebyly brány jako bariéry přerušující odtok. Na EHP42 a na EHP9 byly navrženy vrstevnicově vedené zasakovací pásy o jednotné šířce 30 m za účelem snížit erozní smyv, zpomalit povrchový odtok a zachytit uvolněné půdní částice vodní erozí z výše ležících ploch. Na EHP42 jsou označeny ZAPAS1, ZAPAS2 a na EHP9 ZAPAS3 až ZAPAS5. Na EHP9 a EHP42 se tak bude uvažovat s vrstevnicovým obděláváním a přistoupilo se ke snížení  $P$  faktoru na hodnotu 0,8. Dále je zasakovací pás ZAPAS6 šířky 20 m situován na EHP54 na okraji zástavby s hlavní funkcí zachytit produkty vodní eroze před zástavbou. ZAPAS7 šířky 25 m je situován na EHP29. Hlavním účelem bude ochránit před produkty eroze stávající biocentrum kde se nachází VN3, tůně a mokřady. U zasakovacích pásů došlo ke snížení  $C$  faktoru na hodnotu 0,005.

#### Stabilizace STAB1

Byla navržena stabilizace cesty. Cesta se nachází přímo v údolnici sběrného povodí P1 (obr. 21 a obr. 31 vlevo) a je tak vystavena nežádoucímu soustředěnému povrchovému odtoku ze sběrného povodí P1  $Q_{100} = 0,97 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  před návrhem, resp.  $Q_{100} = 0,71 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  po návrhu organizačního opatření. Soustředěný odtok vymílá materiál cesty a transportuje ho až k místu KP1, kde následně sedimentuje. Povrchový odtok vniká následně do zastavěné části obce. Proto byla navržena stabilizace cesty pomocí přehrážek. Přehrážky stabilizují cestu, zpomalí, transformují odtok, a především zachytí

vyerodovaný materiál cesty, který už nebude vnikat a sedimentovat v intravilánu obce. Přehrážky mohou být gabionové, zděné, srubové nebo kombinované z více materiálů (obr. 29 vpravo). Počet přehrážek a jejich dimenzování bude zpracováno v navazujících stupních projektové dokumentace. Pro založení a zavázání přehrážek do terénu bude nutno zajistit inženýrsko geologický průzkum. Polní cestu je vhodné vést mimo údolnici a návrh její trasy bude vypracován v rámci řešení KoPÚ.



*Obr. 31. Problémová cesta v údolnici (vlevo), ilustrační obrázek stabilizace strže kombinovanou přehrážkou (vpravo)*

### **Rekonstrukce (stabilizace) polní cesty REKPC**

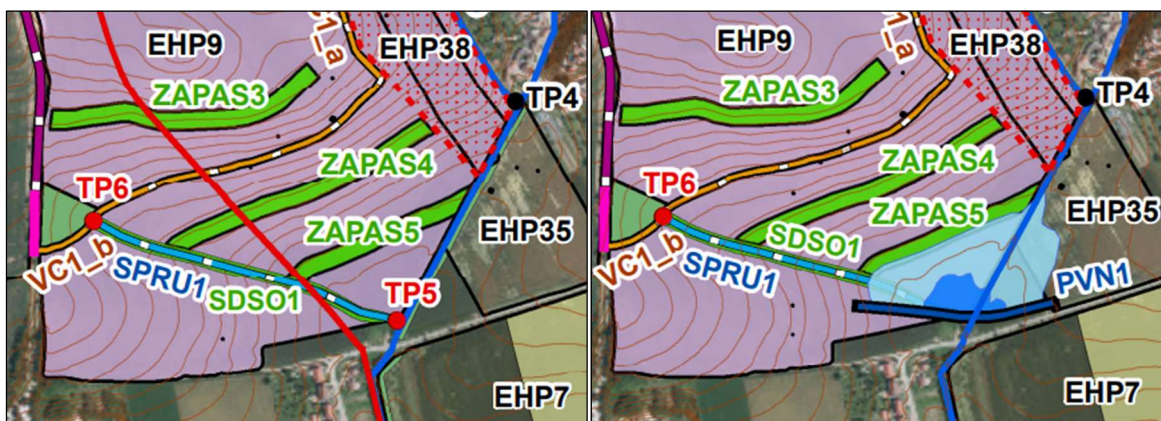
Doporučuje se rekonstruovat a stabilizovat kryt stávající polní cesty. Nyní dochází k častému zanášení svodných žlábků (svodnic) uvolněným materiálem z polní cesty (obr. 32). Vhodné je nyní alespoň udržovat svodné žlábků v dobrém stavu a odstranit sedimenty, aby mohly splňovat svoji funkci, tedy přerušit povrchový odtok na povrchu cesty a zachycenou vodu svést na okolní terén (na navrhnutou plochu TTP na EHP9). Celý úsek stávající polní cesty se nachází v k.ú. Tvarožná.



*Obr. 32. Zanesené svodnice polní cesty*

## Polosuchá retenční vodní nádrž PVN1

S návrhem nádrže se uvažovalo až v závěru práce. Jedná se o tedy o návrh, resp. možnost dvou variant. Varianta č. 1 by spočívala ve svodném průlehu SPRU1, který by odváděl vodu do propustku TP5 a ten by převedl bezpečně vodu pod cestou do Pozořického potoka (obr. 33 vlevo). Při variantě č. 2 se uvažuje s realizací nádrže PVN1. Svodný průleh by sváděl vodu do prostoru nádrže PVN1 a propustek TP5 by se při této variantě nerealizoval (obr. 33 vpravo)



Obr. 33. Možnost varianty č. 2 s TP5 (vlevo), možnost varianty č. 1 s nádrží PVN1 bez TP5 (vpravo)

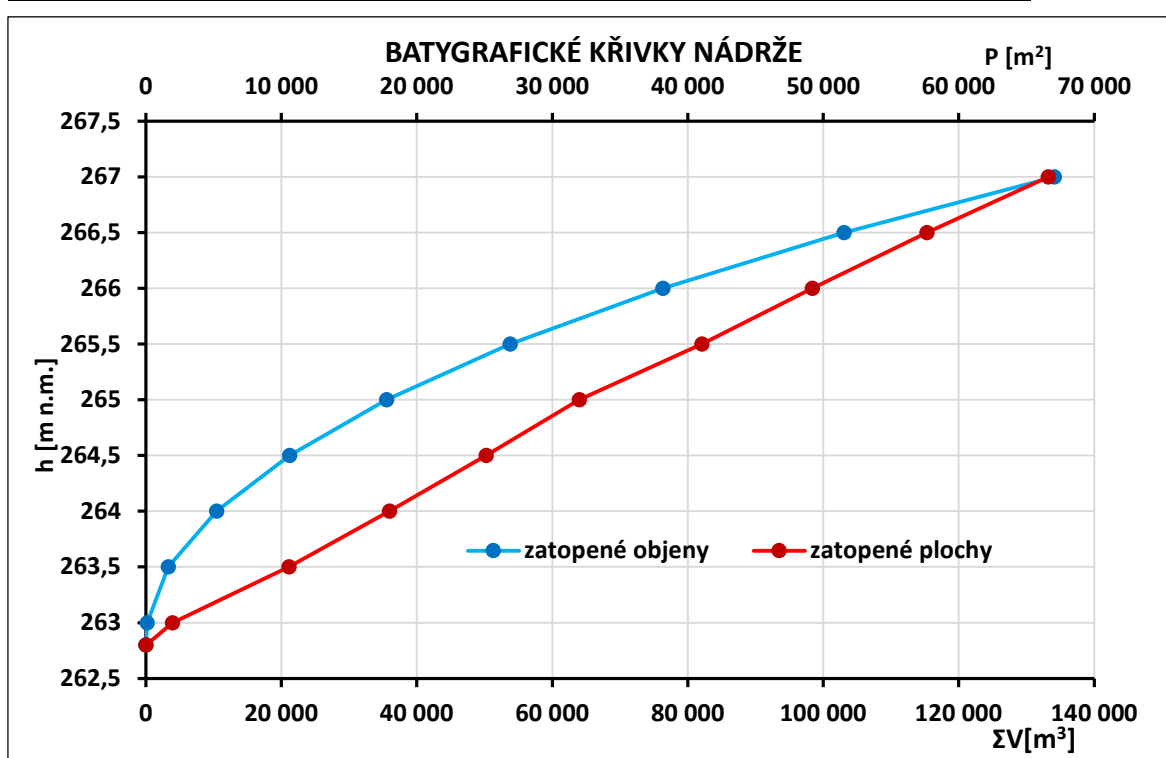
Návrh profilu hráze polosuché nádrže PVN1 se situoval na Pozořickém potoce v k.ú. Sivice. Nádrž bude sloužit k více účelům. Bude mít funkci protipovodňovou, krajinnotvornou a rekreační. Před povodněmi bude chránit k.ú. Tvarožná. Krajinnotvornou funkci bude plnit stále nadržení, které bude zanedbatelné v poměru k celkovému objemu. V občasně zátopě můžou být také vyhloubené tůně. Hráz nádrže se kříží se stávající splaškovou kanalizací, která je vedena v souběhu s Pozořickým potokem. Jestli je realizace nádrže a přeložky splaškové kanalizace mimo těleso hráze reálná by se zjistilo v navazujících stupních projektové dokumentace, kde by byl následně vypracován i kompletní návrh. Při návrhu nádrže je vhodné respektovat ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, technickou normu TNV 75 2415 Suché nádrže a metodiku „Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu“.

Pro návrh nádrže jsou stěžejními údaji hydrologické podklady od ČHMÚ jako návrhové průtoky a hydrogramy povodňových vln atd. Při známém návrhovém a neškodném průtoku by se zjistil potřebný retenční prostor (objem) nádrže a podle toho by se navrhla výška hráze. Důležité je lokalitu podrobně výškopisně a polohopisně zaměřit, mít vyhotovený hydrogeologický a inženýrsko geologický průzkum (IGP) v místě budoucího tělesa hráze z důvodu založení i v budoucí zátopě kvůli zeminu pro hráz.

Na základě DMR 5G se zpracovaly batygrafické křivky nádrže, tj. čáry zatopených ploch a objemů (tab. 24), graficky zobrazené v grafu č.1.

Tab. 24. Výpočet zatopených ploch a objemů při různých výškách hladiny

H [m n.m.]	h [m]	Δh [m]	P <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> ]	P <sub>H</sub> [m <sup>2</sup> ]	øP [m <sup>2</sup> ]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	ΣV [m <sup>3</sup> ]
262,8	0	0	0	1 967	984	0	0
263	0,2	0,2	1 967	10 570	6 269	197	197
263,5	0,7	0,5	10 570	17 996	14 283	3 134	3 331
264	1,2	0,5	17 996	25 110	21 553	7 142	10 472
264,5	1,7	0,5	25 110	31 990	28 550	10 777	21 249
265	2,2	0,5	31 990	41 032	36 511	14 275	35 524
265,5	2,7	0,5	41 032	49 198	45 115	18 256	53 780
266	3,2	0,5	49 198	57 650	53 424	22 557	76 337
266,5	3,7	0,5	57 650	66 594	62 122	26 712	103 049
267	4,2	0,5	66 594			31 061	134 110



Graf č. 1. Batygrafické křivky nádrže PVN1

Dle ČSN 75 2410 je vhodnost profilu hráze dána hodnotou poměrového ukazatele  $\eta$ , který je definován poměrem zadrženého objemu  $V_{\max}$  (objem při maximální hladině v m<sup>3</sup>) a objemu hráze  $V_H$  (nad stávajícím terénem v m<sup>3</sup>). Tato hodnota nemá klesnout pod 4.

$$\eta = V_{\max} / V_H = 103\,049 / 12\,996 = 7,93$$

V přílohách č. 7.1 až 7.5 je zpracovaná výkresová dokumentace PVN1, která může sloužit jako podklad pro další stupeň projektové dokumentace. Hráz byla osazena do výškopisného podkladu DMR 5G, protože se jedná pouze o studii. Zakreslený výpustný objekt nebyl dimenzován, je pouze pro představu vykreslen schématicky. Pro potřebu vykreslení řezu byla zvolena výška koruny hráze 267 m n.m., která se mi jevila jako



nejideálnější. Délka samotné hráze bude přibližně 358 m. Maximální výška hráze bude 4,2 m, takže hráz bude homogenní. V tab. 25 je uvedená vhodnost zemin pro různé zóny sypané hráze. Pro homogenní je výbornou zeminou štěrk hlinitopísčítý, štěrk jílovotopísčítý. Velmi vhodnou zeminou je písek jílovitý. Vhodnou zeminou je písek prachovitý nebo jíl anorganický malé až střední plasticity. Při návrhu se předpokládá zemina SC (písek jílovitý) nebo CS (jíl písčítý). Maximální hladina bude na úrovni 266,5 m n.m. Při této hladině bude maximální nadržovaný objem přibližně 103 000 m<sup>3</sup>. Celkový objem hráze vychází přibližně 16 500 m<sup>3</sup>. Nad stávajícím terénem je objem hráze 12 996 m<sup>3</sup>. Hráz polosuché nádrže PVN1 bude z několika stavebních objektů. Bude se skládat z vlastní zemní homogenní sypané hráze, bezpečnostního přelivu, výpustného objektu, balvanitého skluzu pro tlumení kinetické energie vody a příjezdové komunikace. Dle umístění hráze a morfologie se mi jeví jako nejideálnější zvolit sdružený objekt se škrťícím otvorem na vtoku do spadiště. Při maximální hladině v nádrží bude škrťícím otvorem proudit maximálně neškodný průtok. Funkcí sdruženého objektu je bezpečnostní přeliv a spodní výpust, což je u tohoto typu velkou výhodou. Pro představu hráze byl vykreslen možný vzorový příčný řez hrází (Příloha č. 5). Sklony svahů, založení hráze a vhodnost zeminy pro hráz bude zpracováno a odsouhlaseno ve zprávě IGP.

**Tab. 25. Vhodnost zemin pro různé zóny sypané hráze dle ČSN 75 2310 [42]**

Znak skupiny	Název zeminy	Homogenní	Těsnicí část	Stabilizační část
GW	štěrk dobře zrněný	nevhodná	nevhodná	výborná
GP	štěrk špatně zrněný	nevhodná	nevhodná	výborná
GM	štěrk hlinitopísčítý	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC	štěrk jílovotopísčítý	výborná	výborná**)	málo vhodná
SW	písek dobře zrněný	nevhodná	nevhodná	vhodná*)
SP	písek špatně zrněný	nevhodná	nevhodná	vhodná*)
SM	písek prachovitý	vhodná	vhodná	nevhodná
SC	písek jílovitý	velmi vhodná	výborná	nevhodná
ML	hlína písčítá anorganická, velmi jemný písek	málo vhodná	málo vhodná***)	nevhodná
CL	jíl anorganický malé až střední plasticity	vhodná	velmi vhodná	nevhodná
OL	hlína písčítá organická	málo vhodná	Málo vhodná***)	nevhodná
MH	hlína anorganická	málo vhodná	málo vhodná***)	nevhodná
CH	jíl anorganický vysoké plasticity, mastný jíl	málo vhodná	málo vhodná***)	nevhodná
OH	jíl organický střední až vysoké plasticity	nevhodná	nevhodná	nevhodná

\*) je-li zemina štěrkovitá  
 \*\*) pozor na navětralé části  
 \*\*\*) pro návodní těsnění nevhodná  
 Pro užití jsou vhodné i typy přechodné - na homogenní hráze a těsnicí části zeminy typu GW-GC, SW-SC apod.



*Obr. 34. Ilustrační obrázek suché retenční nádrže s trvalou vodní plochou v zátopě [43]*

#### **6.4 Vyhodnocení erozních poměrů po návrhu opatření**

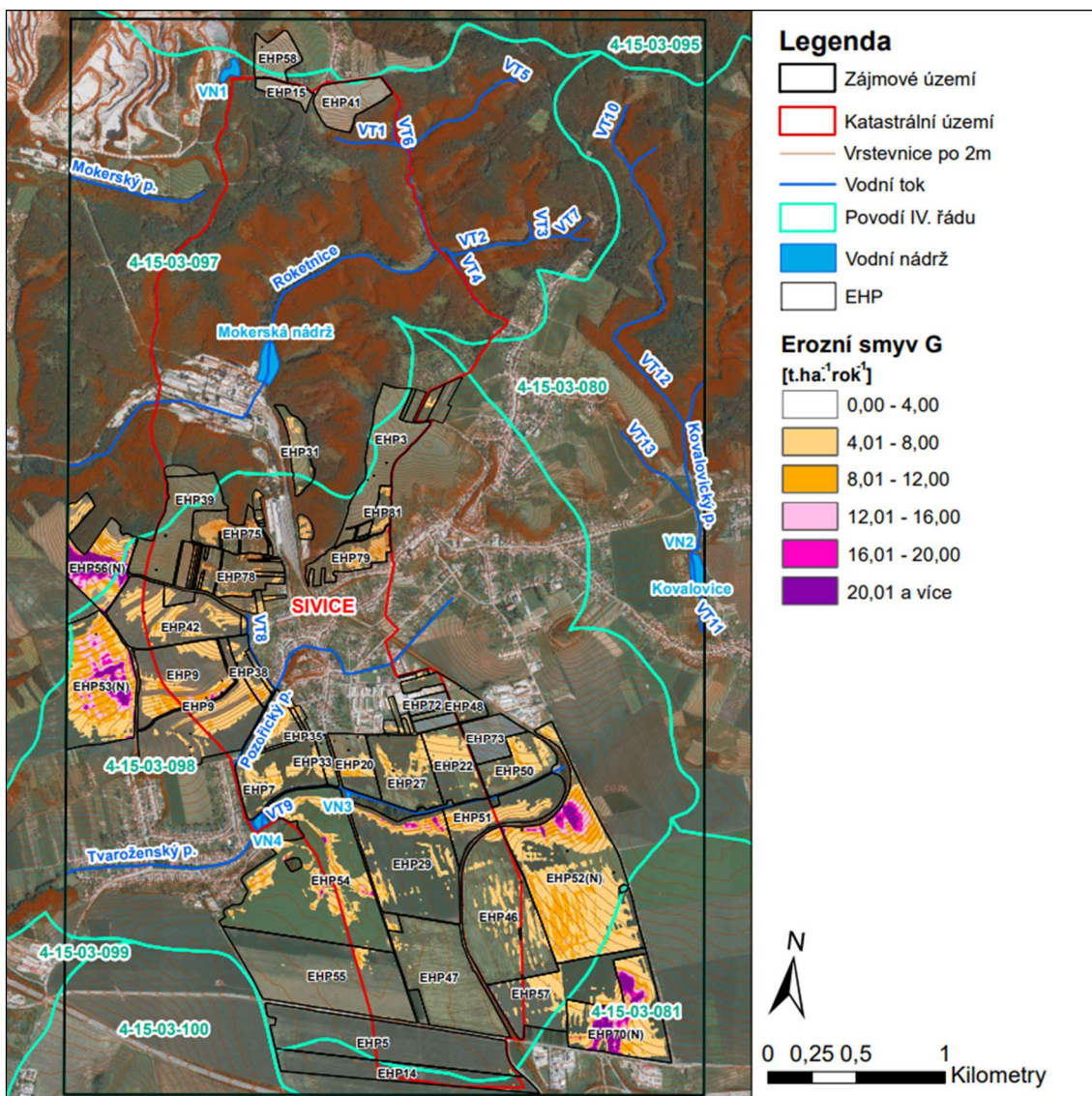
Výpočet erozního smyvu po návrhu opatření byl proveden stejným postupem jako při výpočtu současného erozního smyvu v kap. 3.4. Změna nastala pouze u P faktoru, protože u EHP9 a EHP42 se uvažuje s hodnotou 0,8 z důvodu splněného vrstevnicového obdělávání, u ostatních EHP se počítá s hodnotou 1. P faktor tedy do výpočtu nevstupoval už jako konstanta, ale jako rastrová vrstva. Pro výpočet erozního smyvu po návrhu opatření byl vytvořen nový rastr C faktoru z důvodu návrhu organizačního opatření snižující hodnotu C faktoru. Dále musel být vytvořen nový rastr LS faktoru z důvodu navrhnutých prvků přerušující povrchový odtok (protierozní průlehy a příkopy). Rastrové vrstvy R faktoru, K faktoru zůstanou totožné jako při výpočtu erozního smyvu před návrhem opatření.

Po návrhu ochranného opatření dojde k výraznému snížení erozního smyvu. V tab. 26 je souhrnné porovnání erozního smyvu před návrhem a po návrhu opatření. Před návrhem opatření byl průměrný erozní smyv  $> 4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  překročen na dvaceti EHP. Po návrhu opatření je nadlimitní erozní smyv slabě překročen pouze na EHP38. Na EHP38 byla navržena protierozní osevní struktura. Biotechnické opatření se zde nenavrhovalo, protože se pozemek nachází v budoucí zastavitelné ploše. Dále je velmi pozitivní, že se výrazně snížilo procentuální zastoupení nadlimitních kategorií erozního smyvu na ohrožených EHP vodní erozí. Na EHP převládá procentuální zastoupení intervalu erozního smyvu  $0\text{--}4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  nebo  $4\text{--}8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Nejvíce bych zdůraznil výrazné snížení erozního smyvu na nejohroženějších EHP vodní erozí (EHP9 a EHP42). Došlo zde ke snížení erozního smyvu z hodnot přibližně  $22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  na  $3,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$

a převládající většina výměry EHP9 a EHP42 spadá do intervalu kategorie erozního smyvu 0–8 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. Na obr. 35 je vykreslena mapa erozního smyvu po návrhu opatření nebo je vykreslena v samostatné příloze č.3.

**Tab. 26. Porovnání erozního smyvu před návrhem a po návrhu opatření na EHP > 2 ha**

EHP	Plocha [ha]	Intervaly erozního smyvu [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]						G před návrhem PSZ [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	G po návrhu PSZ [t.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
		0–4	4–8	8–12	12–16	16–20	> 20		
		Dílčí plochy v rozmezí intervalu hodnot erozního smyvu [%]							
EHP3	15,81	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0,10
EHP5	30,00	99,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,06	1,06
EHP7	13,39	67,0	31,2	1,7	0,0	0,0	0,0	5,62	3,32
EHP9	41,28	67,7	24,5	6,7	1,1	0,1	0,0	21,99	3,31
EHP14	15,00	99,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,29	1,29
EHP15	2,75	99,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10	0,10
EHP20	7,12	69,9	22,2	6,1	0,4	0,2	1,1	9,72	3,59
EHP22	10,29	62,7	37,3	0,0	0,0	0,0	0,0	8,47	3,32
EHP27	13,65	80,0	17,8	2,0	0,1	0,0	0,0	8,34	2,81
EHP29	29,60	79,1	14,4	3,8	1,6	0,8	0,2	7,36	3,28
EHP31	4,85	82,0	13,6	0,9	0,9	0,6	0,3	10,63	3,35
EHP33	1,92	78,1	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,41	2,81
EHP35	5,17	62,9	28,4	8,1	0,7	0,0	0,0	4,14	3,94
EHP38	3,61	53,1	36,2	7,3	3,3	0,1	0,0	15,52	4,58
EHP39	15,14	99,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,24	0,19
EHP41	8,32	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22	0,22
EHP42	19,34	65,6	32,4	1,7	0,2	0,0	0,0	22,94	3,31
EHP46	31,07	77,5	20,4	0,9	0,3	0,1	0,7	7,93	3,58
EHP47	25,09	98,5	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	1,54	1,54
EHP48	5,75	96,5	3,2	0,4	0,0	0,0	0,0	2,05	2,05
EHP50	9,55	60,8	33,6	5,5	0,1	0,0	0,0	5,52	3,93
EHP51	13,32	63,3	32,7	3,5	0,6	0,0	0,0	11,18	3,39
EHP54	50,49	75,5	19,0	4,1	1,0	0,3	0,2	7,74	2,95
EHP55	34,59	97,3	2,2	0,4	0,1	0,0	0,0	1,69	1,69
EHP57	20,31	74,8	22,4	1,6	0,2	0,2	0,7	6,03	4,00
EHP58	5,37	100,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,15	0,15
EHP72	2,16	100,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,04
EHP73	6,32	99,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13	0,13
EHP75	7,67	70,8	23,5	4,3	1,2	0,1	0,0	28,08	3,32
EHP78	9,68	85,4	12,7	1,7	0,4	0,0	0,2	22,34	2,54
EHP79	7,16	56,9	35,9	5,6	0,9	0,3	0,3	37,56	3,99
EHP81	2,20	65,6	28,3	4,2	0,7	0,5	0,1	13,12	3,72

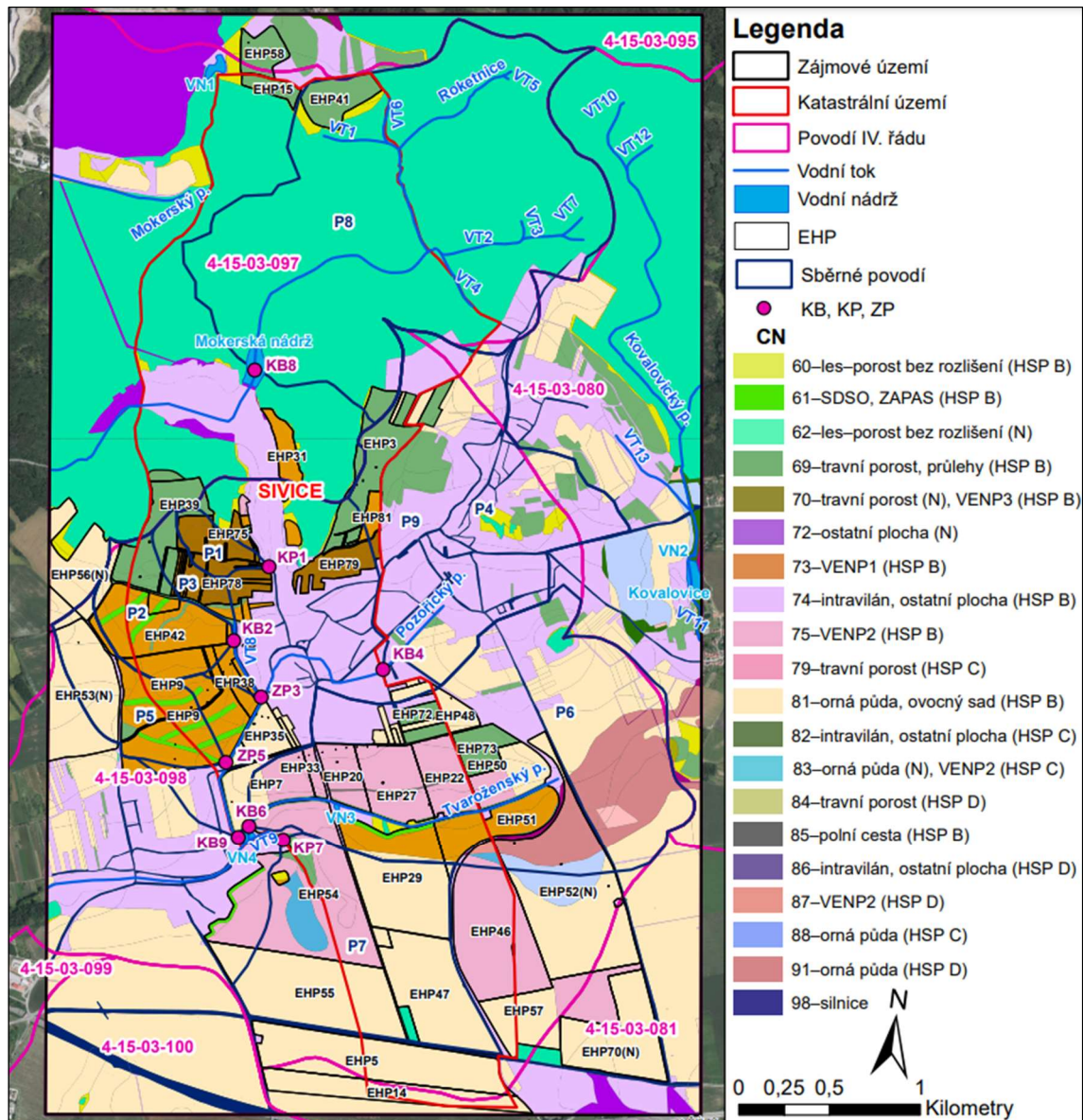


Obr. 35. Mapa erozního smyv po návrhu opatření na EHP > 2ha

## 6.5 Vyhodnocení odtokových poměrů poměrů po návrhu opatření

Po návrhu organizačních, biotechnických a technických opatření došlo ke snížení hodnot čísel CN křivek. Nižší hodnoty CN křivek zvýší infiltrační schopnost krajiny a sníží kulminační průtoky a objemy povodňových vln ve sběrných povodí. Vypracování nové mapy čísel CN křivek byl totožný s postupem při vypracování mapy CN křivek před návrhem opatření uvedeným v kap. 5.3. Každému polygonu byl opět přiřazen kód a každému kódu byla přiřazena patřičná hodnota čísla CN v závislosti na HSP podle převodní tabulky průměrných čísel odtokových křivek–CN pro IPS II z metodiky Janeček

a kol. (2012). Na obr. 36 je grafické zobrazení čísel CN křivek pro celé zájmové území po návrhu opatření.



Obr. 36. Mapa čísel CN křivek pro zájmovém území po návrhu opatření

Po vyhotovení mapy se opět provedla zonální statistika pro zjištění průměrného čísla CN pro jednotlivá sběrná povodí. Pro vyhodnocení účinnosti navržených opatření z hlediska odtokových poměrů byl opět použit model DesQ–MaxQ. V tab. 27 jsou výstupní odtokové veličiny (kulminační průtoky a objemy povodňových vln pro sběrná povodí P1–P9 po návrhu opatření a v tab. 28 je porovnání charakteristik (plocha povodí, průměrná hodnota čísla CN, objem přímého odtoku a kulminační průtok) před návrhem a po návrhu opatření. Grafickými Výstupy z modelu DesQ–MaxQ jsou hydrogramy povodňových vln. V příloze č.4 jsou vykresleny hydrogramy povodňových pro jednotlivá sběrná povodí před návrhem a po návrhu opatření. V grafech je viditelný transformační účinek vlivem návrhu adaptačního opatření.

Ve sběrném povodí P1 se sníží kulminační průtok  $Q_{100}$  o 26 % na  $0,713 \text{ m}^3/\text{s}$ . V povodí P2 se zmenší kulminační průtok  $Q_{100}$  o 31 % na  $2,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . U povodí P2 se jedná o součet průtoků  $Q_{100}$  ze sběrných ploch PZPRU1 ( $0,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), PCPRI5 ( $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PCPRI4 ( $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PCPRI3 ( $0,482 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a části doplňkové plochy DPTP4 ( $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ). V povodí P3 se sníží kulminační průtok  $Q_{100}$  o 40 % na  $2,58 \text{ m}^3/\text{s}$ . U povodí P3 se jedná o součet průtoků  $Q_{100}$  ze sběrných ploch PZPRU1 ( $0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PCPRI5 ( $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PCPRI4 ( $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PCPRI3 ( $0,482 \text{ m}^3/\text{s}$ ), a doplňkové plochy DPTP4 ( $0,333 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Kulminační průtok v povodí P4  $Q_{100} = 8,44 \text{ m}^3/\text{s}$  je téměř shodný s průtokem  $Q_{100}$  před návrhem opatření V tomto povodí se nenavrchovalo žádné opatření, protože se celé povodí nachází v k. ú. Pozořice. Pro větší snížení by bylo nutno navrhnout vhodné opatření v k. ú. Pozořice. V povodí P5 se zmenší kulminační průtok  $Q_{20}$  o 27 % na  $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$ . U povodí P5 se jedná o součet průtoků  $Q_{20}$  ze sběrných ploch PVC1\_a ( $0,373 \text{ m}^3/\text{s}$ ), PVC1\_b ( $0,751 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a PSPRU1 ( $0,407 \text{ m}^3/\text{s}$ ). V povodí P6 se sníží kulminační průtok  $Q_{100}$  na přítoku do nádrže VN4 o 15 % na  $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ . V povodí P7 se sníží kulminační průtok  $Q_{100}$  na přítoku do suché nádrže o 14 % na  $4,31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . V lesním povodí P8 nebyl navrženo žádné opatření a kulminační průtok zůstane stejný. V povodí P9 se sníží kulminační průtok  $Q_{100}$  o 17 % na  $15,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Při výstavbě hráze v tomto povodí by samozřejmě došlo k dalšímu transformačnímu účinku.

Tab. 27. Výstupní odtokové veličiny pro sběrná povodí po návrhu opatření

Označení povodí	Veličiny	N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln					Jednotky
		5	10	20	50	100	
P1	$Q_N$	0,199	0,305	0,429	0,583	<b>0,713</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	1,72	2,1	2,38	2,61	<b>2,82</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P2	$Q_N$	0,56	0,88	1,28	1,84	<b>2,32</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	8,5	10,4	11,9	13,2	<b>14,4</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P3	$Q_N$	0,628	0,98	1,43	2,05	<b>2,58</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	9,1	11,2	12,8	14,1	<b>15,4</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P4	$Q_N$	1,79	2,85	4,36	6,57	<b>8,44</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	33,0	40,5	46,9	53,0	<b>58,4</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P5	$Q_N$	0,659	1,04	<b>1,53</b>	2,24	2,85	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	8,9	10,9	<b>12,6</b>	14,3	15,7	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P6	$Q_N$	2,47	3,99	5,98	8,95	<b>11,6</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	56,2	69,1	80,7	93,0	<b>103,0</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P7	$Q_N$	0,879	1,37	2,08	3,23	<b>4,31</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	26,5	32,6	38,1	44,0	<b>49,0</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
P9	$Q_N$	3,56	5,72	8,43	12,4	<b>15,9</b>	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
	$W_{PVT,1d}$	78,2	96	111	125	<b>137</b>	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$

Tab. 28. Porovnání charakteristik sběrných povodí P1–P9 před a po návrhu opatření

Číslo povodí	N-letost	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]		Průměrná hodnota čísla CN		Objem přímého odtoku [10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]		Kulminační průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	
	[roky]	před	po	před	po	před	po	před	po
P1	100	0,099	0,099	74,32	69,99	3,50	2,82	0,965	0,713
P2	100	0,369	0,465	78,54	71,51	15,8	14,4	3,35	2,32
P3	100	0,516	0,497	78,02	71,60	21,2	15,4	4,33	2,58
P4	100	1,615	2,624	74,93	74,82	58,7	58,4	8,50	8,44
P5	20	0,398	0,427	80,76	75,04	14,4	12,6	2,09	1,53
P6	100	2,390	2,390	80,97	78,82	113,0	103,0	13,6	11,6
P7	100	1,119	1,119	80,98	79,20	52,8	49,0	5,03	4,31
P8	100	3,075	3,075	62,67	62,67	57,5	57,5	5,82	5,82
P9	100	3,957	3,934	76,03	74,02	149	137	19,1	15,9

## 7 ZÁVĚR

V první části práce byl proveden rozbor současného stavu. Byla zpracována charakteristika a analýza zájmového území. Byly vyhodnoceny současné erozní poměry v zájmovém území s využitím aplikace ArcMap a softwaru USLE2D. Průměrný erozní smyv  $> 4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  byl překročen na dvaceti EHP. Dále byly vyhodnoceny současné odtokové poměry. Bylo identifikováno pět kritických bodů, dva kritické profily ohrožující intravilán obce a dva závěrové profily. Metodou CN křivek a prostřednictvím modelu DesQ–MaxQ se v těchto profilech stanovily kulminační průtoky a teoretické objemy povodňových vln vyvolané jednodenními maximálními srážkovými úhrny. Pro správné určení erozních a odtokových poměrů byl v řešeném území proveden podrobný terénní průzkum.

Po rozboru současného stavu byl proveden relevantní návrh protierozních a protipovodňových opatření organizačního, biotechnického a technického charakteru. Biotechnické liniové prvky byly řádně dimenzovány. Vsakovací průlehy byly dimenzovány na objem přímého odtoku. Cestní příkopy, záchytný průleh a svodný průleh byly dimenzovány podle stanovených návrhových průtoků. Pro záchytný průleh ZPRU1 a vsakovací průleh VPRU2 byla zpracovaná výkresová dokumentace a tabulka kubatur, která ukazuje představu o zemních pracích. Dále byly řádně dimenzovány navržené propustky, aby bezpečné převedly návrhový průtok pod polními cestami. Pro ochranu obce Tvarožná před povodněmi a pro zvýšení zastoupení vodní plochy v krajině v k. ú. Sivice byla navržena polosuchá retenční vodní nádrž.

Závěr práce se zabýval účinností navržených adaptačních opatření, kde byly vyhodnoceny erozní a odtokové poměry po jejich návrhu. Z výsledků je patrné, že navržená adaptační opatření mají smysl. Na všech EHP ohrožených vodní erozí došlo ke snížení erozního smyvu. To se pozitivně projeví ve snížení odnosu půdních částic z orné půdy a uvolněné půdní částice nebudou ohrožovat intravilán obce. Vlivem opatření dále došlo k transformačnímu účinku, tj. snížení kulminačních průtoků a objemů povodňových vln ve sběrných povodích P1, P2, P3, P5, P6, P7 a P9. Adaptační opatření podpoří schopnost zadržet vodu v krajině, zpomalí její odtok a podpoří infiltraci. Například organizační opatření sníží hodnotu C faktoru a číslo CN křivky. Navržené polní cesty s cestními příkopy zpřístupní pozemky a přeruší povrchový odtok. Vrstevnicově vedené zasakovací pásy s doprovodnou zelení celkově oživí krajinu a stanou se interakčními prvky v rámci ÚSES. To také platí pro záchytné a vsakovací průlehy, které ještě k tomu zadrží vodu v krajině a přeruší povrchový odtok. Veškerá navržená adaptační opatření jsou vhodná na účinky klimatické změny.

Všechny úkoly a cíle, které se před vypracováním této diplomové práce určily, byly splněny. Zpracovaná diplomová práce může být vhodným podkladem jak pro studii erozních a odtokových poměrů pro obec Sivice i obec Tvarožnou, tak pro plán společných zařízení v rámci procesu komplexních pozemkových úprav.



## 8 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] *Obec Sívce: Program rozvoje obce* [online]. Sívce, 2016 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.sivice.cz/obec-70/strategicke-dokumenty/program-rozvoje-obce/>
- [3] *Regionální informační servis: Sívce (okres Brno-venkov)* [online]. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2021 [cit. 2022-12-01]. Dostupné z: <https://www.risy.cz/cs/vyhledavace/obce/583863-sivice>
- [4] Geoportál ČÚZK. ČÚZK [online]. Praha, 2010 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [5] HRUBAN, Robert. Klimatické oblasti dle Evžena Quitta (1971). *Moravské-Karpaty.cz* [online]. Halenkovice [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/>
- [6] Přírodní poměry. *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR* [online]. 2023 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://aopkcr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ee190990a1be4ac685d5f7c69c637ae4>
- [7] Geovědní mapy 1 : 50 000. *Česká geologická služba* [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>
- [8] Významné geologické lokality. *Česká geologická služba* [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://mapy.geology.cz/geologicke\\_lokality/](https://mapy.geology.cz/geologicke_lokality/)
- [9] *Obec Sívce: Zpravodaj od 2009 - 2021* [online]. Sívce, 2023 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://www.sivice.cz/volny-cas/zpravodaj-od-2009-2021/>
- [10] DEMEK, Jaromír a Peter MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. ISBN 80-86064-99-9.
- [11] Geoportál ČÚZK: ZABAGED® - výškopis. ČÚZK [online]. Praha, 2010 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(vvlin2difwkbbyqvb1mzbgtr4\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=30](https://geoportal.cuzk.cz/(S(vvlin2difwkbbyqvb1mzbgtr4))/Default.aspx?mode=TextMeta&text=vyskopisZBG&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30)
- [12] Půdní mapa 1 : 50 000. *Česká geologická služba* [online]. Praha [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>
- [13] EKATALOG BPEJ. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i.* [online]. Praha: VÚMOP, 2022 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/>
- [14] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., příl. 2: Charakteristika hlavních půdních jednotek. *EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.html>
- [15] *Obec Sívce: Územní plán* [online]. 2023 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.sivice.cz/obec-70/uzemni-plan/>

- [16] *Metodický návod k provádění vybraných činností v procesu pozemkových úprav* [online]. Research Institute for Soil and Water Conservation, 2015 [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/325987913\\_Metodicky\\_navod\\_k\\_provedeni\\_vybranych\\_cinnosti\\_v\\_procesu\\_pozemkovych\\_uprav](https://www.researchgate.net/publication/325987913_Metodicky_navod_k_provedeni_vybranych_cinnosti_v_procesu_pozemkovych_uprav)
- [17] Geomorfologické jednotky ČR. *Geoportál ČÚZK* [online]. Praha: ČÚZK [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?basemapUrl=http%3A%2F%2Fags.cuzk.cz%2Farcgis%2Frest%2Fservices%2FGeomorfologickeJednotky%2FMapServer&source=sd>
- [18] Oddělení geografických informačních systémů a kartografie: *Struktura DIBAVOD. VÚV TGM* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka, 2020 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>
- [19] *Voda: Aplikace. EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, ©2009-2023 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/>
- [20] Informační systém melioračních staveb. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.* [online]. Praha: VÚMOP, 2016 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=app>
- [21] K.ú.: 747840 - Sivice - podrobné informace. *ČÚZK* [online]. Praha: ČÚZK, 2022 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META;SESTAVA:MDR002\\_XSLT:WEBCUZK\\_ID:747840](https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META;SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:747840)
- [22] KALINA, J., HORÁKOVÁ, D., KUCHARŤ, J. *Správným směrem: Cementárna a vápenka Mokrý* [online]. Jiří Kalina, 2014 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://spravnym.smerem.cz/Tema/Cement%3%A1rna%20a%20v%C3%A1penka%20Mokr%C3%A1>
- [23] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Pozemkové úpravy. Modul BS52, FAST VUT Brno*, 2010. 152 s
- [24] *ARCDATA PRAHA* [online]. Praha [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/>
- [25] Právní předpisy a metodiky. *Státní pozemkový úřad* [online]. Praha: Státní pozemkový úřad, 2023 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/pozemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky>
- [26] HANEL, Martin, Filip STRNAD, Petr SKLENIČKA, et al. *Studie klimatických charakteristik pro účely dimenzování prvků PSZ a posouzení projektových dokumentací pro realizaci vodohospodářských staveb. Česká zemědělská univerzita v Praze Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Šindlar Group, s.r.o.*, 2021.
- [27] PODHRÁZSKÁ, Jana. *Erozní procesy a změna klimatu. Česká technologická platforma pro zemědělství* [online]. ČTPZ, 01.11.2019 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/erozni-procesy-a-zmena-klimatu-986>
- [28] DRBAL, K. a DUMBROVSKÝ, M. A KOL. *Metodický návod pro identifikaci KB* [online]. Brno: MŽP, 2009 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [http://www.povis.cz/mzp/KB\\_metodicky\\_navod\\_identifikace.pdf](http://www.povis.cz/mzp/KB_metodicky_navod_identifikace.pdf)

- [29] KADLEC, M. a F. TOMAN. Závislost faktorů protierozní účinnosti vegetačního pokryvu C na klimatickém regionu. Bioklima - Prostředí - Hospodářství, 2002. ISBN 80-85813-99-8
- [30] HRÁDEK, František a KUŘÍK, Petr. Maximální odtok z povodí: teorie svahového odtoku a hydrologický model DesQ-MAX Q. Vyd. 1. Praha: Credit, 2001. 37 s. ISBN 80-213-0782-X
- [31] HOMOLÁČOVÁ, Jitka a Kristýna GROUŠLOVÁ. Metodický návod pro provádění pozemkových úprav: SPU 165215/2022. *Státní pozemkový úřad* [online]. Praha: Státní pozemkový úřad, 2022 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/metodicky-navod-k-provadeni-pozemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni?fbclid=IwAR3EUykwptpVKJvfe4Lc8enxwd-HdEqAhJf6r3Q4BNwbk-vtIvA\\_YRNp5TA](https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/metodicky-navod-k-provadeni-pozemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni?fbclid=IwAR3EUykwptpVKJvfe4Lc8enxwd-HdEqAhJf6r3Q4BNwbk-vtIvA_YRNp5TA)
- [32] KOSEJK, Václav a Josef HAVELKA. Technický standard dokumentace plánu společných zařízení v pozemkových úpravách: SPU 166292/2022. *Státní pozemkový úřad* [online]. Praha: Státní pozemkový úřad, 2022 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/metodicky-navod-k-provadeni-pozemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni?fbclid=IwAR3EUykwptpVKJvfe4Lc8enxwd-HdEqAhJf6r3Q4BNwbk-vtIvA\\_YRNp5TA](https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/metodicky-navod-k-provadeni-pozemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni?fbclid=IwAR3EUykwptpVKJvfe4Lc8enxwd-HdEqAhJf6r3Q4BNwbk-vtIvA_YRNp5TA)
- [33] KATALOG PŘÍRODĚ BLÍZKÝCH OPATŘENÍ PRO ZADRŽENÍ VODY V KRAJINĚ. VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T. G. MASARYKA [online]. Praha, 2018 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1\\_katalog\\_opatreni\\_0.pdf](https://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1_katalog_opatreni_0.pdf)
- [34] DUMBROVSKÝ, Miroslav a Rudolf MILERSKI. Vodní hospodářství krajiny II. Modul M01-BS05, FAST VUT Brno, 2005. 233 s
- [35] KADLEC, Václav. *Navrhování technických protierozních opatření: metodika*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2014. ISBN 978-80-87361-29-0
- [36] Návrh protierozních travních pásů v zemědělské krajině: Uživatelská příručka. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2022 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: [https://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1\\_katalog\\_opatreni\\_0.pdf](https://www.suchovkrajine.cz/sites/default/files/vystup/p1_katalog_opatreni_0.pdf)
- [37] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Pozemkové úpravy*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2668-3
- [38] ČSN 73 6109: Projektování polních cest. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [39] LUDVÍK, Věbr a Gallo PAVEL. 43385/2011 TP katalog vozovek a polních cest část 1: Technické podmínky [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/katalog-vozovek-polnich-cest-technicke-podminky-zmena-c-2?fbclid=IwAR3PWoxSxGiKW4imrC5YAE09T3NIWk1AomL8RMxU5mchJlffHaDKQlh1U\\_4](https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/katalog-vozovek-polnich-cest-technicke-podminky-zmena-c-2?fbclid=IwAR3PWoxSxGiKW4imrC5YAE09T3NIWk1AomL8RMxU5mchJlffHaDKQlh1U_4)
- [40] LUDVÍK, Věbr a Gallo PAVEL. 43385/2011 TP katalog vozovek a polních cest část 2 : Technické podmínky [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2011 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: [https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/katalog-vozovek-polnich-cest-technicke-podminky-zmena-c-2?fbclid=IwAR3PWoxSxGiKW4imrC5YAE09T3NIWk1AomL8RMxU5mchJlffHaDKQlh1U\\_4](https://www.spucr.cz/poszemkove-upravy/pravni-predpisy-a-metodiky/katalog-vozovek-polnich-cest-technicke-podminky-zmena-c-2?fbclid=IwAR3PWoxSxGiKW4imrC5YAE09T3NIWk1AomL8RMxU5mchJlffHaDKQlh1U_4)

[41] VESELÝ, Radek a Fremrová LENKA. TNV 75 2415: Suché nádrže. *Organizace eAGRI* [online]. Praha: Sweco Hydroprojekt, 2013 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze>

[42] ŘÍHA, Jaromír. *Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7212-600-2

[43] *Agroprojekce Litomyšl, s.r.o.* [online]. 2023 [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <http://www.stavby-vodohospodarstvi.cz/cs/fotogalerie>

## 8.1 Veřejně dostupné a poskytnuté mapové podklady

- Ortofotomapa ČR – připojení přes ArcGIS Online
- Přehledová mapa ČR ZM50 – připojení přes ArcGIS Online
- LPIS – <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/>
- DIBAVOD – VÚV, TGM, v.v.i. <http://www.dibavod.cz/27/struktura-dibavod.html>
- CEVT – <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/>
- BPEJ – SPÚ – <http://www.spucr.cz/bpej/celostatni-databaze-bpej>
- Hranice a parcely k. ú. –  
[https://services.cuzk.cz/dxf/ku/?fbclid=IwAR1viuFSNj2Iqib\\_OPKhOVTxN10QosmycYZzwZjoi\\_rbrd\\_c4nwguyi2Qno](https://services.cuzk.cz/dxf/ku/?fbclid=IwAR1viuFSNj2Iqib_OPKhOVTxN10QosmycYZzwZjoi_rbrd_c4nwguyi2Qno)
- DMR 4G, DMR5G.  
[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(rl5wiqptbmglxggi42cgukrg\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&text=WMS.AGS&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=314](https://geoportal.cuzk.cz/(S(rl5wiqptbmglxggi42cgukrg))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&text=WMS.AGS&head_tab=sekce-03-gp&menu=314)

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	Curve number
CPRI	cestní příkop
CEVT	centrální evidence vodních toků
DMT	digitální model terénu
DMR 4G	digitální model reliéfu 4. generace
DMR 5G	digitální model reliéfu 5. generace
DSO	dráha soustředěného odtoku
DN	jmenovitá světlost potrubí
EHP	erozně hodnocená plocha
GIS	Geografický informační systém
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
IPS	index předchozích srážek
KB	kritický bod
KP	kritický profil
k. ú.	katastrální území
KoPÚ	komplexní pozemkové úpravy
LPIS	Registr využití zemědělské půdy
O <sub>Ph</sub>	objem přímého odtoku
OPAS	ochranný pás
P	sběrné povodí
PEO	protierozní opatření
PVN	polosuchá vodní nádrž
RCP	Representative concentration pathways
REKPC	rekonstrukce polní cesty
STAB	stabilizace strže
SPRU	svodný průleh
TTP	trvalý travní porost
TP	trubní propustek
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
ÚSES	Územní systém ekologické stability
VC	vedlejší polní cesta
VT	vodní tok
VN	vodní nádrž
VENP	vyloučení erozně nebezpečných plodin
VPRU	vsakovací průleh
ZAPAS	zasakovací pás
ZP	závěrový profil
ZPRU	záchytný průleh

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozvodněný Pozořický potok po přívalové srážce [9]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Zájmové území v rámci ČR [4]</i> .....	13
<i>Obr. 3. Mapa přehledné situace zájmového území</i> .....	14
<i>Obr. 4. Mapa klimatických regionů s vyznačením zájmového oblasti [6]</i> .....	15
<i>Obr. 5. Geologická mapa zájmového území [7]</i> .....	17
<i>Obr. 6. Geomorfologická mapa [17]</i> .....	19
<i>Obr. 7. Mapa sklonitostních poměrů zájmového území</i> .....	20
<i>Obr. 8. Mapa půdních subtypů v zájmovém území [12]</i> .....	21
<i>Obr. 9. Mapa HPJ v zájmovém území</i> .....	22
<i>Obr. 10. Mapa HSP v zájmovém území</i> .....	25
<i>Obr. 11. Koryto Tvaroženského potoka (vlevo), cestní příkop odvádějící vodu z odlehčení do vodní nádrže VN3 (vpravo)</i> .....	26
<i>Obr. 12. Schéma odlehčení na Pozořickém potoce</i> .....	27
<i>Obr. 13. Koryto Pozořického potoka v intravilánu (vlevo), odlehčovací objekt na Pozořickém potoce (vpravo)</i> .....	28
<i>Obr. 14. Vodní nádrž VN4 na Tvaroženském potoce (vlevo), Mokerská nádrž na Raketnici s areálem cementárny (vpravo) [22]</i> .....	28
<i>Obr. 15. Mapa hydrografické sítě a mikrosítě v zájmovém území</i> .....	30
<i>Obr. 16. Mapa využití území v zájmovém území</i> .....	32
<i>Obr. 17. Mapa současného erozního smyvu na EHP &gt; 2ha</i> .....	50
<i>Obr. 18. Pohled na sběrné povodí P2 směrem ke KB2 (vlevo), kritický bod KB4 (vpravo)</i> ...	51
<i>Obr. 19. Pohled na KP7 hráz suché retenční nádrže (vlevo), pohled na sběrné povodí P7 (vpravo)</i> .....	52
<i>Obr. 20. Pohled na ZP3 na vtoku do propustku DN 800 (vlevo), sběrné povodí P5 k ZP5 (vpravo)</i> .....	53
<i>Obr. 21. Mapa KB, KP, ZP s vymezením jejich sběrných povodí</i> .....	54
<i>Obr. 22. Mapa současných čísel CN křivek pro zájmovém území</i> .....	56
<i>Obr. 23. Mapa návrhu ochranných opatření</i> .....	63

<i>Obr. 24. Sběrné plochy k průlehům, příkopům a propustkům.....</i>	<i>64</i>
<i>Obr. 25. Vzorový příčný řez záchytným průlehem ZPRU1 .....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 26. Vzorový příčný řez vsakovacím průlehem VPRU2 .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 27. Vzorový příčný řez protierozní polní cestou VC1 s příkopem VC1_a.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 28. Vzorový příčný řez protierozní polní cesty VC1 s příkopem VC1_b.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 29. Vzorový příčný řez svodným průlehem SPRU1 .....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 30. Vzorový příčný řez propustku TP6 DN 800 .....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 31. Problémová cesta v údolnici (vlevo), ilustrační obrázek stabilizace strže kombinovanou přehrážkou (vpravo) .....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 32. Zanesené svodnice polní cesty .....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 33. Možnost varianty č. 2 s TP5 (vlevo), možnost varianty č. 1 s nádrží PVN1 bez TP5 (vpravo).....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 34. Ilustrační obrázek suché retenční nádrže s trvalou vodní plochou v zátopě [43] .</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 35. Mapa erozního smyvu po návrhu opatření na EHP &gt; 2ha .....</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 36. Mapa čísel CN křivek pro zájmovém území po návrhu opatření .....</i>	<i>85</i>

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Charakteristika klimatických poměrů dle Quitta, 1971 [5].....	15
Tab. 2. Charakteristiky klimatických regionů dle BPEJ [13]. .....	16
Tab. 3. Charakteristika hydrologické skupiny půd (HSP) [1] .....	24
Tab. 4. Vodní toky a nádrže v zájmovém území v povodí IV. řádu .....	29
Tab. 5: Plošné zastoupení kultur v k. ú. Sivice [21] .....	31
Tab. 6. Koeficienty pro změnu R faktoru .....	36
Tab. 7. Souhrnná tabulka výsledků současného průměrného erozního smyvu na EHP>2 ha.....	48
Tab. 8. Souhrnná tabulka výsledků posouzení MEO na EHP > 2 ha .....	49
Tab. 9. Porovnání vstupních 1–denních srážkových úhrnů .....	57
Tab. 10. Návrhové vstupní veličiny pro sběrná povodí P1–P9.....	57
Tab. 11. Porovnání průtoků pro povodí P4 a P9 .....	59
Tab. 12. Výstupní odtokové veličiny pro sběrná povodí P1–P9.....	59
Tab. 13. Porovnání kulminačních průtoků bez uvažování a s uvažováním klimatické změny .....	60
Tab. 14. Návrh protierozních osevních struktur .....	61
Tab. 15. Přibližné výměry organizačních opatření.....	62
Tab. 16. Vstupní veličiny pro sběrné plochy průlehů, příkopů a propustků .....	65
Tab. 17. Výstupní veličiny pro sběrné plochy průlehů, příkopů a propustků.....	65
Tab. 18. Dimenzování průlehů a příkopů .....	66
Tab. 19. Návrh vsakovacího průlehu VPRU2.....	68
Tab. 20. Návrh vsakovacího průlehu VPRU3.....	69
Tab. 21. Orientační hodnoty kubatur konstrukčních vrstev vozovky VC1 a VC2.....	72
Tab. 22. Přibližné výměry biotechnických a technických liniových opatření.....	74
Tab. 23. Dimenzování navržených propustků.....	75
Tab. 24. Výpočet zatopených ploch a objemů při různých výškách hladiny.....	80
Tab. 25. Vhodnost zemin pro různé zóny sypané hráze dle ČSN 75 2310 [42].....	81



Tab. 26. Porovnání erozního smyvu před návrhem a po návrhu opatření na EHP > 2 ha.. 83

Tab. 27. Výstupní odtokové veličiny pro sběrná povodí po návrhu opatření..... 86

Tab. 28. Porovnání charakteristik sběrných povodí P1–P9 před a po návrhu opatření..... 87

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

### Mapy a hydrogramy

Příloha č. 1 Mapa současného erozního smyvu

Příloha č. 2 Mapa návrhu ochranných opatření

Příloha č. 3 Mapa erozního smyvu po návrhu opatření

Příloha č. 4 Grafy hydrogramů povodňových vln

### Záchytný průleh ZPRU1

Příloha č. 5.1 Situace ZPRU1

Příloha č. 5.2 Podélný profil ZPRU1

Příloha č. 5.3 Příčné řezy ZPRU1

Příloha č. 5.4 Vzorový příčný řez ZPRU1

Příloha č. 5.5 Tabulka kubatur ZPRU1

### Vsakovací průleh VPRU2

Příloha č. 6.1 Situace VPRU2

Příloha č. 6.2 Podélný profil VPRU2

Příloha č. 6.3 Příčné řezy VPRU2

Příloha č. 6.4 Vzorový příčný řez VPRU2

Příloha č. 6.5 Tabulka kubatur VPRU2

### Polosuchá retenční vodní nádrž PVN1

Příloha č. 7.1 Situace PVN1

Příloha č. 7.2 Podélný profil v ose hráze

Příloha č. 7.3 Podélný profil zátopy

Příloha č. 7.4 Příčné řezy hrází

Příloha č. 7.5 Vzorový příčný řez hrází PVN1